

# Alimentos y alimentación

## Nutrición animal aplicada

Eduardo Andrés Fay

María Elena Vago

María Julieta Olocco Diz



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Y CIENCIAS AGRARIAS



**EDUARDO ANDRÉS FAY  
MARÍA ELENA VAGO  
MARÍA JULIETA OLOCCO DIZ**

# **ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN**

**NUTRICIÓN ANIMAL APLICADA**



Fay, Eduardo Andrés

Alimentos y alimentación: nutrición animal aplicada /  
Eduardo Andrés Fay; María Elena Vago; María Julieta  
Olocco Diz. –1ª ed.– Ciudad Autónoma de Buenos Aires:  
Universidad Católica Argentina, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-44-0112-4

1. Alimentación Animal. 2. Alimentos. 3. Nutrición. I.  
Vago, María Elena II. Olocco Diz, María Julieta III. Título  
CDD 630



Fundación Universidad Católica Argentina  
A. M. de Justo 1400 • P.B., Contrafrente • (C1107AAZ)  
Tel. 0810-2200-822 Int.1177 • educa@uca.edu.ar  
Buenos Aires, agosto de 2023

ISBN: 978-987-620-xx-x

---

Queda hecho el depósito que previene la Ley 11.723  
Printed in Argentine - Impreso en la Argentina

# ÍNDICE

<b>Prefacio</b> .....	<b>11</b>
<i>Agradecimientos</i> .....	12
<b>Alimentos y alimentación animal</b> .....	<b>13</b>
<i>Dietas y raciones</i> .....	15
<b>LAS CUATRO BASES DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA</b> .....	24
<i>Importancia de la alimentación</i> .....	26
Resumen de lo presentado .....	28
<i>Bibliografía</i> .....	30
<i>Referencias en páginas web</i> .....	30
<i>Índice de tablas</i> .....	30
<i>Índice de figuras</i> .....	31
<i>Glosario, terminología y vocabulario técnico utilizado en alimentación</i> .....	31
<i>Términos usados en la preparación de alimentos balanceados comerciales</i> ...	36
<i>Bibliografía</i> .....	38
<i>Referencias en páginas web</i> .....	38
<b>Tablas de composición de los alimentos</b> .....	<b>39</b>
<i>Denominación y clasificación de alimentos</i> .....	40
Ejemplo de tabla de análisis de un alimento .....	44
<b>CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS</b> .....	46
<b>ALIMENTOS DE VOLUMEN Y ALIMENTOS CONCENTRADOS</b> .....	58
<i>Forrajes de volumen o simplemente forrajes</i> .....	58
Clasificación de los forrajes.....	59
Forrajes secos: IFN ( <i>international feed number</i> ), precedidos por el número 1 .....	59
Pasturas y verdes: IFN precedidos por el número 2.....	59
Silajes: IFN precedidos por el número 3 .....	59
<i>Alimentos concentrados</i> .....	60
Concentrados energéticos .....	60

Concentrados proteicos .....	60
Resumiendo y algunos conceptos para no olvidar .....	61
<i>Valores comparativos de hojas y tallos desecados y su influencia</i> .....	64
<i>Variabilidad de los alimentos en su composición química</i> .....	64
<i>Bibliografía</i> .....	69
<i>Índice de tablas</i> .....	70
<i>Índice de figuras</i> .....	71
<b>Forrajes</b> .....	<b>73</b>
Forrajes: comparación de leguminosas con gramíneas (en porcentaje de materia seca) .....	74
Comparación de forrajes tropicales y forrajes de zona templada (porcentaje base materia seca) .....	76
Fibra: digestibilidad .....	76
Resumen de conocimientos de capítulos anteriores .....	77
<b>FORRAJES “SECOS”</b> .....	78
<i>Henos (“hays” en inglés) (IFN 1 xx xxx)</i> .....	78
Henos de leguminosas ó fabáceas: .....	78
Ventajas del heno de las leguminosas.....	79
Recomendaciones para obtener un heno/henificado de calidad.....	79
Henos: efectos del momento del corte del cultivo .....	82
Porcentaje de hojas y tallos según contenido de humedad en henos de alfalfa.....	83
Efecto de la lluvia sobre la calidad del heno: (valores en % base materia seca).....	83
<b>Heno de alfalfa, <i>Medicago sativa</i> (alfalfa hay or lucern hay en inglés) (IFN 1-00-054)</b> .....	84
El efecto del estado de madurez sobre la proteína de la alfalfa es característico para todas las leguminosas .....	84
Efecto del estado de madurez de heno de alfalfa sobre el rendimiento en leche .....	86
Variación en la composición química de los henos de alfalfa y su valor nutritivo de acuerdo con el corte y su conservación (informado en % base materia) .....	89
Henos de tréboles .....	90
<i>Pérdidas de materia seca esperadas del proceso de henificado</i> .....	90
Pérdidas de materia seca esperadas en la cosecha y almacenamiento de henos de alfalfa ( % base tal cual).....	91
Pérdidas normales, desde cultivo a comedero, de leguminosas bien procesadas .....	91
<b>Heno de lespedeza (<i>Kummerowia striata</i>, sin. <i>Lespedeza striata</i>)...</b>	92
Henos de poáceas o gramíneas .....	92
<b>Heno de avena, <i>Avena sativa</i> (oat hay, en inglés) (IFN 1-09-099)</b> .	94

<b>Heno de moha, <i>Setaria itálica</i> y Heno de mijo, <i>Panicum miliaseum</i>..</b>	94
<b>Heno de Gatton panic, <i>Panicum maximum</i> .....</b>	95
<i>Pajas y rastrojos .....</i>	95
<b>Rastrojo de maíz (<i>stubble, stover or corn straw</i>) .....</b>	99
<b>Rastrojo de sorgo (<i>stubble, stover or sorghum straw</i>) .....</b>	99
<b>OTROS FORRAJES SECOS .....</b>	100
<b>Marlos de maíz, <i>Zea mays (corn cobs)</i> (IFN 1-28-234).....</b>	100
<b>Cáscara de avena (<i>oat hulls</i>) (IFN 1-03-281) .....</b>	100
<b>Cáscaras de soja (<i>soybean hulls</i>) (IFN 1-04-560) .....</b>	101
<b>Aserrín de madera (<i>saw dust</i>) (IFN 1-07-714) .....</b>	102
<b>FORRAJES VERDES, TAMBIÉN LLAMADOS “FORRAJES EN PIE” ...</b>	102
<i>Silajes de planta entera (IFN 3-00-000...) .....</i>	102
Fases en el proceso biológico-químico de la transformación de un forraje al ensilarlo .....	104
Síntesis .....	105
Sellado del silo para reducir la exposición al aire.....	106
<b>Silaje de planta entera de maíz, <i>Zea mays (corn silage, en inglés)</i> (IFN 3 -28-248) .....</b>	108
Silaje de maíz: momento óptimo de corte/picado .....	109
Resumiendo, ¿qué ventajas presenta el silaje de maíz? .....	115
<b>Silaje de sorgo granífero, <i>Sorghum sp. (sorghum silage)</i> (IFN 3-04-323).....</b>	116
<b>Silajes de forraje henificable (<i>hay crop silage</i>).....</b>	117
Silajes de cultivos de cereales.....	118
Inoculantes y aditivos para silajes y sus efectos .....	119
<i>Pasturas (grazed pasturage, o también pastures) (I.F.N.: 2-xx-xxx ).....</i>	120
<b>FORRAJES OCASIONALES VARIOS .....</b>	125
<i>Clasificación de los forrajes sobre la base de la energía disponible .....</i>	125
Energía disponible de distintas fuentes forrajeras.....	126
Valor nutritivo de los forrajes .....	128
<b>Harina de alfalfa (<i>dehydrated alfalfa meal</i>) (IFN 1-00-022 a 024).</b>	128
<i>Henolaje .....</i>	130
<i>Bibliografía .....</i>	135
<i>Índice de tablas .....</i>	137
<i>Índice de figuras.....</i>	139
<b>Concentrados energéticos: (ce) .....</b>	<b>141</b>
<i>(IFN 4-Xx-xxx) .....</i>	141
<i>Concentrados energéticos (CE) (IFN 4-xx-xxx) .....</i>	142
<b>CALIDAD DE LOS CONCENTRADOS ENERGÉTICOS .....</b>	159
<i>Granos desnudos o de alta energía.....</i>	159

Grano de maíz <i>Zea mays</i> (“ <i>corn</i> ”, para EE. UU. y “ <i>maize</i> ”, para el Reino Unido y otros países de habla inglesa) (IFN 4-02-948 para maíz <i>flint</i> ) (IFN 4-02-935 para maíz dentado) .....	159
Maíz dulce ( <i>sweet corn</i> ) (IFN 4-07-955) .....	166
Espiga molida (o mazorca molida) (“ <i>corn and cob meal</i> ” o “ <i>ground ear corn</i> ” o “ <i>ear corn chop</i> ”) (IFN 4-02-849).....	175
Marlos molidos o corontas (en el norte argentino o tusas) (o <i>sabugo</i> , en portugués) ( <i>cobs</i> , <i>ground cobs</i> , en inglés) (IFN 1-02-782).....	177
Subproductos del grano de maíz industrializado, que entran en el grupo de concentrados energéticos.....	180
Afrecho de maíz, ( <i>corn bran</i> ) (IFN 4-02-846) .....	180
Rebacillo de maíz (o afrecho de maíz, en algunas partes del país – nombre, éste, inexacto–); ( <i>hominy feed</i> , en EE. UU.) (IFN 4-02-887).....	180
Sorgos graníferos, <i>Sorghum bicolor</i> (L). Se incluyen: <i>kafir</i> , <i>milo</i> , <i>feterita</i> , <i>heggary</i> . También llamado maíz egipcio, en África (IFN 4-04-444).....	182
Trigo, <i>Triticum aestivum</i> ( <i>wheat</i> en inglés) (IFN 4-05-268).....	189
Subproductos de la industrialización del grano de trigo.....	194
Afrecho o salvado de trigo ( <i>wheat bran</i> ) (IFN 4-05-190) .....	194
Afrechillo de trigo ( <i>wheat middlings</i> , “ <i>mids</i> ”, “ <i>shorts</i> ” en EE. UU. o “ <i>pollards</i> ”, en Gran Bretaña) (IFN 4-05-205) .....	196
Germen de trigo ( <i>wheat germ</i> , entero y <i>wheat germ meal</i> , sin el aceite) (IFN 5-05-218).....	198
Centeno, <i>Secale cereale</i> ( <i>rye</i> ) (IFN 4-04-047).....	199
<b>GRANOS VESTIDOS O GRANOS GRUESOS.....</b>	<b>201</b>
Cebada, <i>Hordeum vulgare</i> (de seis hileras) y <i>Hordeum distichum</i> (de dos hileras) ( <i>barley</i> en inglés) (IFN 4-00-549) .....	201
Avena, <i>Avena sativa</i> ( <i>oats</i> en inglés) (IFN 4-03-309) .....	206
Rebacillo de avena o remolido de avena ( <i>oat mill by product</i> , en inglés) (IFN 4-03-303).....	209
A) Comparación de la composición química del rebacillo de avena y el grano de avena entero.....	209
B) Otros valores de análisis de rebacillo de avena.....	209
Mijo, <i>Pennisetum glaucum</i> ( <i>pearl millet</i> ) (IFN 4-03-118).....	210
Triticale, <i>Triticum secale</i> , (mismo nombre en idioma inglés) (IFN 4-20-362).....	213
Afrecho de arroz ( <i>rice bran</i> , en inglés) (IFN 4-03-928).....	216
Afrecho de arroz desgrasado ( <i>defatted rice bran</i> , en inglés) (IFN 4-03-930) .....	220
Cáscara de arroz ( <i>rice hulls</i> , en inglés) (IFN 1-08-075) .....	220
Pulido de arroz ( <i>rice polishings</i> , en inglés) (IFN 4-03-943) .....	222
Arroz quebrado ( <i>brewers milled rice</i> , o <i>chipped rice</i> , o <i>groats</i> , <i>polished broken</i> , en inglés) (IFN 4-03-932) .....	223

Subproductos de panificación ( <i>dry bakery products</i> ) (IFN 4-00-461).	223
Melaza ( <i>molasses</i> o <i>blackstrap molasses</i> , en inglés) (IFN 4-04-696) ...	226
Melaza de remolacha azucarera ( <i>beet molasses</i> , en inglés) (IFN 4-00-668).....	230
Pulpa de remolacha, <i>Beta vulgaris saccharifera</i> ( <i>beet pulp</i> , en inglés) (IFN 4-00-669).....	231
Melaza de maíz ( <i>hydrol</i> , o <i>corn molasses</i> , en inglés) (IFN 4-02-888)..	232
Melaza seca (melaza incorporada a un vehículo o “ <i>ulper</i> ” seco) ( <i>dried molasses</i> , en inglés) .....	233
Pulpa (u orujo) de citrus ( <i>citrus pulp</i> , en inglés) (IFN 4-01-237) y silaje de pulpa de citrus (IFN 4-01-234) .....	233
Pulpa (u orujo) de manzana ( <i>Malus sp.</i> ) ( <i>apple pomace</i> , en inglés) (IFN 4-00-423).....	236
<b>RAÍCES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS, (ROOTS, TUBERS AND DRY FRUITS)</b> .....	238
<i>Raíces</i> .....	239
Mandioca o yuca, <i>Manihot utilissima</i> y <i>Manihot esculenta</i> , ( <i>manioc</i> , <i>cassava</i> , or <i>tapioca meal</i> , también conocida como <i>ketella</i> , <i>kaspe</i> y <i>upí</i> ) (IFN 4-01-150) .....	240
<i>Tubérculos</i> .....	242
Papa; <i>Solanum tuberosum</i> ( <i>potato</i> , en inglés) (IFN 4-03-787) y silaje de papas (IFN 4-03-768) .....	242
Batata ( <i>Ipomea batata</i> ), moñato (como se la llama en la Mesopotamia), o boniato ( <i>sweet potatoe</i> , en inglés) (IFN 4-04-788) .....	245
Tabla de sustitución de alimentos para vacunos.....	246
<b>GRASAS (FATS, EN INGLÉS)</b> .....	247
Grasa vacuna (IFN 4-00-376); grasa de aves (IFN 4-00-409); aceites vegetales ( <i>vegetable oils</i> , en inglés) (IFN 4-05-077) .....	247
Antioxidantes.....	251
Uso de distintas fuentes de lípidos.....	252
<i>Bibliografía</i> .....	257
<i>Índice de tablas y figuras</i> .....	259
<i>Índice de figuras</i> .....	263
<b>Concentrados proteicos</b> .....	<b>265</b>
<b>CONCENTRADOS PROTEICOS (IFN 5-XX.XXX...)</b> .....	265
De origen vegetal.....	265
Efectos del procesamiento .....	269
<i>Concentrados de 20 a 30 % de proteínas</i> .....	272
Brotos de malta o raicillas ( <i>malt sprouts</i> ) (IFN 5-00-545).....	272
Hez de malta ( <i>brewers dried grains</i> ) (IFN 5-00-516 deshidratada) (5-00-517 con su humedad de producción) .....	274

<b>Gluten feed o gluten de maíz (<i>corn gluten feed</i>, en inglés) (IFN 5-02-903)</b> .....	277
<b>Harina de germen de maíz (<i>corn germ meal</i>) (IFN 5-02-896)</b> .....	280
<b>Concentrados proteicos de origen vegetal de más de 30 % de proteínas</b> .....	281
<b>Gluten meal (mismo nombre en inglés y su sinónimo “<i>corn gluten, wet milled dehy</i>”) (IFN 5-09-318)</b> .....	281
<b>Gluten de sorgo (<i>milo gluten</i>, en inglés) (IFN 5-08-087)</b> .....	283
<b>Burlanda o granos secos de destilería (<i>distiller’s dried grains</i>) (IFN 5-04-374, burlanda de sorgo)</b> .....	284
<b>Concentrados proteicos de origen vegetal: subproductos de semillas oleaginosas</b> .....	286
<b>Proceso industrial de la extracción de aceite por medio de solventes orgánicos</b> .....	288
<b>Harina de soja, soja hispida, <i>Glycine max</i> (<i>soybean meal</i> en inglés) (IFN 5-04-607) y harina de soja extraída por solvente, tostada y molida (IFN 5-04-606)</b> .....	289
<b>Poroto de soja, <i>Glycine max</i> (<i>soy bean seeds</i>) (IFN 5-04-610)</b> .....	300
<b>Aceite de soja (<i>soybean oil</i>, en inglés) (IFN 4-07-983)</b> .....	304
<b>Porotos de descarte (<i>Phaseolus vulgaris</i>): por ejemplo: porotos colorados, chicos</b> .....	304
<b>Sojilla (o <i>soybean mill feed</i>)</b> .....	305
<b>Cáscara de soja (<i>soybean hulls</i> en inglés) (IFN 1-04-560)</b> .....	306
<b>Harina de algodón, <i>Gossypium hirsutum</i> (<i>cotton seed meal</i>, en inglés) (IFN 5-07-872)</b> .....	306
<b>Semilla de algodón (<i>cotton seed</i>, en inglés) (IFN 5-01-614 con “<i>lint</i>”, o “<i>linter</i>”) .....</b>	316
<b>Cáscara de algodón (<i>Cottonseed hulls</i>) (IFN 1-01-599)</b> .....	320
<b>Harina de maní, <i>Arachis hypogea L.</i> (<i>hipogea</i>: fruto bajo tierra) (<i>peanut meal</i> o <i>groundnut meal</i>, en EE. UU. y Reino Unido, respectivamente) (otros nombres: <i>earthnut</i>, <i>monkeynut</i>, <i>arachis nut</i>) (IFN 5-03-650)</b> .....	321
<b>Testas o pieles de maní o de cacahuete; (<i>peanut skins</i>) (IFN 4-03-631)</b> .....	324
<b>Cáscara de maní (<i>peanut hulls</i>) (IFN 1-08-028)</b> .....	326
<b>Semilla entera de maní (o cacahuete) (<i>peanut kernels</i>, en inglés)</b> .....	327
<b>Harina de girasol, <i>Heliantus annuus</i>, es la especie girasol; (<i>sunflower seed meal</i>, o <i>sunflower meal</i>, en inglés) (IFN 5-09-340 harina con su fibra de las cáscaras)</b> .....	328
<b>Semilla de girasol, (<i>sunflower seed</i>) (IFN 5-08-530)</b> .....	330
<b>Cáscaras de girasol (<i>sunflower hulls</i>) (IFN 1-04-720)</b> .....	331
<b>Harina de nabo o colza, <i>Brassica napus oleífera</i> (origen de la colza europea occidental) <i>Brassica campestris</i>, (colza de origen polaco (Europa oriental) usada en Canadá) (<i>rape seed meal</i>, en inglés) (IFN 5-03-871)</b> .....	332
<b>Semilla de canola (<i>canola seed</i>) (IFN 5-05-109)</b> .....	338

Harina de cártamo, <i>Carthamus tinctorius</i> ( <i>safflower meal</i> en inglés) (IFN 5-04-110).....	340
Semilla de sésamo, <i>Sesamum indicum</i> ( <i>sesame seed</i> , en inglés) (IFN 5-08-509).....	343
Harina de lino, <i>Linum usitatissimum</i> , ( <i>linseed meal</i> , o <i>flaxseed meal</i> , en inglés) (IFN 5-02-048) y expeller de lino ( <i>linseed expeller</i> , en inglés) (IFN 5-02-045).....	343
Semilla de lino ( <i>linseed or flaxseed</i> , en inglés) (IFN 5-02-042) .....	346
Proteínas unicelulares de levaduras ( <i>yeast</i> , en inglés) (IFN Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> : 7-05-529) (IFN <i>Torula Torulopsis utilis</i> : 7-05-534).....	347
Un ejemplo de uso de subproductos de origen agrícola, como alimentos para animales .....	350
Concentrados proteicos de origen animal (IFN 5-xx - xxx...).....	352
Calidad de la proteína animal .....	353
Leche descremada en polvo (o deshidratada) ( <i>dried skimmed milk</i> , en inglés) (IFN 5-01-167) o si es leche descremada y líquida ( <i>skim milk</i> , en inglés) (IFN 5-01-169) .....	356
Suero de leche ( <i>milk whey o whey</i> , en inglés); (IFN 4-08-134) para el suero fresco y (IFN 4-01-182) para el deshidratado .....	358
Aminas biogénicas .....	360
Harina de sangre ( <i>blood meal</i> , en inglés); (IFN 5-00-380 secada por cocción - secado lento ( <i>cooked dry</i> , en inglés) (IFN 5-00-381 secada por pulverización en ambiente con calor seco - secado muy rápido ( <i>flash or spray dried</i> , en inglés).....	362
Plasma porcino seco ( <i>dried porcine plasma</i> , en inglés).....	366
Otros subproductos proteicos derivados de la industria frigorífica.....	367
Harina de carne ( <i>meat meal rendered or meat with bone meal rendered</i> , en inglés): harina de carne con 60 % PB (IFN 5-00-386); harina de carne con 50 % PB (IFN 5-00-385) y harina de carne y hueso: 45 % PB (IFN 5-00-388) .....	368
Harina de pescado ( <i>fish meal</i> , en inglés) .....	375
Subproductos de aves ( <i>poultry by products</i> , en inglés) (IFN 5-03-799).....	383
Harina de plumas hidrolizadas ( <i>hydrolyzed feather meal</i> , en inglés) (IFN 5-03-795).....	384
Pelos de cerdo y de vacuno ( <i>hog hair y cattle hair</i> , en inglés) (IFN 5-08-997) ( <i>animal hair, hydrolyzed</i> , en inglés) .....	386
Aminoácidos sintéticos o de origen industrial.....	387
Nitrógeno no proteico: ¡Sólo para rumiantes con rumen funcional! .....	389
La urea (carbamida) .....	389
Reglas generales de uso de la urea.....	392
Silajes de maíz o sorgo, con grano, tratados con urea para vacas lecheras.....	394
Urea en suplementos líquidos .....	394

Biuret o carbamil urea: $\text{NH}_2\text{-CONH-CONH}_2$ .....	395
Residuos avícolas .....	395
<i>Bibliografía de los concentrados proteicos</i> .....	397
<i>Listado de tablas y figuras</i> .....	399
<i>Listado de figuras</i> .....	402
<b>Suplementos minerales</b> .....	<b>403</b>
<b>Sal, cloruro de sodio (<i>salt, sodium chloride</i>, en inglés) (IFN 6-04-152)</b> .....	403
<b>Harina de hueso (<i>bone meal</i>) (IFN 6-00-3999)</b> .....	403
<b>Cenizas de hueso (<i>bone ash o charcoal</i>) (IFN 6-00-401)</b> .....	403
Respecto a suplementos minerales que aportan específicamente fósforo ....	405
<b>Fosfatos (<i>phosphates</i>, en inglés)</b> .....	405
<b>Fosfato dicálcico (<i>dicalcium phosphate</i>, en inglés) (IFN 6-01-080)</b> ....	405
<b>Fosfato dicálcico defluorinado (<i>defluorinated dicalcium phosphate</i>, en inglés) (IFN 6-01-780)</b> .....	405
Suplementos cálcicos ( <i>calcium supplements</i> , en inglés) .....	407
<b>Conchilla molida (<i>oyster shell</i>, en inglés) (IFN 6-03-481)</b> .....	407
<b>Carbonato de calcio o calcita (<i>calcium carbonate</i>, en inglés) (IFN 6-01-069)</b> .....	407
<b>Magnesio (<i>magnesium</i>, en inglés) (IFN 6-xx-xxx)</b> .....	409
<b>Azufre (<i>sulfur</i>, en inglés)</b> .....	411
<b>Sulfato de calcio (<i>calcium sulfate</i>) (IFN 6-01-087)</b> .....	411
<b>Sulfato de sodio (<i>sodium sulfate</i>) (IFN 6-04-292)</b> .....	411
Formulación de “sales minerales”, para ganado .....	411
Almacenamiento de alimentos .....	412
Aglomerantes .....	414
Bentonita ( <i>bentonite</i> , en inglés) .....	414
Cálculo del valor económico de los ingredientes de una ración .....	415
<i>Bibliografía de Suplementos Minerales</i> .....	420
<i>Listado de tablas</i> .....	421

# PREFACIO

Este libro empezó siendo una serie de apuntes de clase de Eduardo A. Fay que luego fue transformando en una guía de estudio para los alumnos que cursaban la materia Alimentos y la alimentación en cuarto año de la carrera de Ingeniería en producción agropecuaria. Allá lejos y hace tiempo, cuando cursé esa materia, esa “guía de alimentos”, como la llamábamos coloquialmente, fue mi base de estudio para adentrarme en el mundo de la nutrición y alimentación animal. Posteriormente, tuve la oportunidad de participar en el dictado de las materias de nutrición y de alimentación animal con Eduardo y muchas veces hablamos sobre la posibilidad de hacer en base a aquellas guías un libro.

Hoy, tienen delante de ustedes este libro con la impronta personal y todos los conocimientos de Eduardo A. Fay que era un referente a nivel nacional en nutrición y alimentación animal con muchísima experiencia tanto a nivel nacional como internacional, con muchos años sobre sus hombros trabajando en una empresa multinacional como Cargill. Siempre con un comentario amable, un consejo profesional certero y una paciencia infinita en sus explicaciones influyó como ningún otro en mi dedicación a la nutrición animal y en la formación de muchos otros estudiantes de ayer y hoy, profesionales que lo tuvimos como profesor.

En estas páginas van a encontrar todo el trabajo de Eduardo con actualizaciones y aportes que fuimos agregando con Julieta para presentar una obra completa que abarca variados temas que hacen a la correcta nutrición y alimentación animal, teniendo en mente el desafío gigante que tenemos para el futuro de alimentar una población humana creciente en base a producciones que sean sustentables que respeten el bienestar animal, resilientes, inclusivas y saludables.

Hoy Eduardo ya no está pero con el apoyo de su familia y de Julieta pudimos publicar este libro. Espero que disfruten tanto como nosotros al encontrar los dichos, frases y ocurrencias que se esconden dentro de un libro técnico completo y acabado.

María Elena Vago

## **Agradecimientos**

Muchas “manos” ayudaron para llevar adelante este proyecto y para que este libro llegue hoy hasta Ustedes.

Empezando por la familia de Eduardo que acompañó la idea desde el primer momento. Nuestras familias y Lorena estuvieron siempre presentes con la palabra justa o cuando se necesitaba decir algo de otra manera para que se entendiera mejor y con el aporte de ideas para el diseño de las imágenes y la tapa.

También a Francisco que desde la editorial nos ayudó a adentrarnos en un mundo que desconocíamos; a alumnos y ex-alumnos y todas esas manos que se sumaron desde la Facultad de Ingeniería y Agrarias.

Fueron muchos aportes sin los cuales esta obra no hubiera llegado a buen puerto.

¡Muchas gracias por ayudarnos en el viaje!

# ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN ANIMAL

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN O NUTRICIÓN APLICADA

El objetivo del libro de Alimentos y Alimentación y/o Nutrición Animal Aplicada está relacionado con la puesta en práctica de los conocimientos de la ciencia de la nutrición al diario quehacer de la alimentación de las especies domésticas producidas económicamente para transformar sustancias: algunas comestibles y otras no comestibles o poco aprovechables para el hombre, en el estado en que se encuentran, en alimento para el hombre (leche, huevos, carnes) o en elementos para su vivir: lana, pelo, trabajo animal o para animales de compañía.

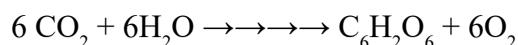
Principal objetivo final: obtención de alimentos para la especie humana.

Un alimento es cualquier sustancia o compuesto que forma parte de la dieta y que tiene valor nutricional. Puede ser de origen natural o producido industrialmente. Esta definición cubre a todos los materiales empleados en la dieta que tengan propiedades nutritivas.

La alimentación es el proceso activo mediante el cual el animal toma y aprovecha la energía y los nutrientes de los alimentos. Los nutrientes son sustancias de los alimentos que satisfacen necesidades nutritivas del cuerpo animal. Hay seis nutrientes básicos: el agua, las proteínas, los hidratos de carbono, los lípidos, los minerales y las vitaminas.

La fuente principal de alimentos en el mundo es el proceso conocido como fotosíntesis. Como su nombre lo indica (del griego antiguo φωτο- [*phōto-*], «luz», y σύνθεσις [*sýnthesis*], «síntesis») se basa en la síntesis de hidratos de carbono a partir de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua utilizando la energía lumínica del sol y liberando oxígeno (O<sub>2</sub>) en presencia de clorofila y ciertos minerales. Mediante este proceso la energía lumínica se transforma en energía química que puede ser almacenada o aprovechada por otros organismos vivos. Las plantas, algunos microorganismos autótrofos y las algas son capaces de fotosintetizar (Taiz, & Zieger 1998).

Luz-clorofila



Las plantas utilizan los hidratos de carbono fundamentalmente como reserva de energía (almidón) y para dar estructura a sus paredes celulares (pectinas, hemicelulosas y celulosas), también usan el almidón almacenado en sus semillas para obtener la energía necesaria para el proceso de la germinación, hasta que la nueva planta pueda producir su propia fotosíntesis. Los animales en cambio extraen esa energía fijada por las plantas al alimentarse de ellas (tallos, hojas y raíces) y de sus semillas utilizándolas para su alimentación.

Apenas una pequeña fracción de las especies animales que quedan (no extinguidas) son usadas en gran escala para esta transformación en alimentos para el hombre o en

elementos para su vivir. Cabe destacar que la mayor parte de los alimentos para la especie humana producidos en nuestro planeta provienen de alrededor de veinte especies de vegetales; de ocho especies de animales mayores y de cinco tipos de aves. Variedades de arroz, trigo y maíz abastecen casi el 60 % de las necesidades alimenticias del mundo. Sobre esta reducida oferta descansa el mayor peso de la alimentación de la especie humana.

El presente texto que iniciamos se ha diseñado, expresamente para poner en uso los conocimientos básicos adquiridos en el curso de nutrición animal del cual es entonces su consecuencia. Es un intento de extender los conceptos sobre nutrición a la nutrición animal aplicada (o alimentación animal). La enseñanza de la nutrición animal aplicada junta la teoría de la nutrición animal básica con la práctica o manejo de la alimentación.

Si nos referimos a los rumiantes, la función básica de la alimentación de los rumiantes es transformar en alimento humano, los forrajes y subproductos de cosechas que no tengan otra alternativa económica de mejor uso junto con, según las circunstancias, granos o sus subproductos, que sí podrían ser de uso humano pero que cuando se emplean es porque se justifica económicamente su uso.

En la alimentación de animales se utilizan y reciclan cada vez más biomásas otrora desperdiciadas. Los animales son convertidores biológicos eficientes de diversas fuentes sin otro uso económico y baratas, en productos de alto valor (carne, leche, huevos, principalmente, pero no exclusivamente). El afrechillo de trigo subproducto de la producción de harina de trigo para la industria panadera y la de las pastas fue uno de los primeros alimentos entre los “reciclados” para la alimentación animal.

A partir del objetivo primario: obtención de alimentos para la especie humana. podemos formular dos nuevos objetivos que buscan:

1. Familiarizarse con:

- a) el conocimiento de los ingredientes a usar y con
- b) las necesidades nutricionales (o requerimientos nutricionales) de los animales en distintas condiciones de producción, luego de haber hecho lo propio para las distintas etapas de sus crecimientos y desarrollos.

2. Información de medios prácticos de alimentar mediante el entrenamiento en la formulación de dietas y raciones. Esto implica el uso de tablas y programas de racionamiento que resumen los puntos “a” y “b” y el complemento de esto, que es el valor comercial de los productos a obtener con el costo de los ingredientes a usar.

Resumiendo, dos objetivos básicos:

1. Familiarizarse con:

- a) el conocimiento de los ingredientes y
- b) con el conocimiento de las necesidades nutricionales de crecimiento, desarrollo y producción de las especies en estudio

2. Información sobre medios prácticos de alimentar.

Con estos objetivos, se busca conocer la aplicación de los fundamentos de la nutrición básica, a la alimentación de los animales para obtener resultados económicos. El objetivo final será la producción de alimentos y bienes para el buen vivir de uso humano siendo la alimentación el factor más crítico de la economía de la producción animal: es el costo diario más alto en la producción de animales sanos.

Esto significa: bifes, leche y derivados lácteos, huevos, pechugas de pollo y otras aves, costeletas de cerdos, chacinados, proteínas marinas y de agua dulce, además de lana, cueros, animales de trabajo, de ayuda terapéutica, de deporte, de vigilancia, de compañía, etc. La alimentación saca a relucir todos los esfuerzos del productor para hacer su trabajo cada vez mejor.

La producción animal tiene un lugar predominante en la satisfacción de las necesidades de alimentación de la población humana. Esta tarea es monumental cuando consideramos la alimentación de toda la población del planeta y no sólo a la de esta parte del mundo. Por otra parte, la relación entre los precios de los alimentos para uso humano y su costo de obtención, pone a prueba la capacidad de los productores y los obliga a hacer uso de las prácticas que les permitan obtenerlos con la mayor eficiencia posible para poder mantenerse en el negocio de la producción animal haciéndolo de un modo sustentable. Es el gran desafío de los productores rurales y sus asesores. Constituye una noble tarea, la de contribuir a la alimentación de la humanidad.

(Eficiencia: ingreso (\$) de producción obtenida / costo (\$) del alimento consumido).

Resumiendo su actividad de casi 40 años como nutricionista el Dr. R.L. Preston de la Universidad Texas Tech y miembro de la comisión asesora que edita los manuales del National Research Council (NRC), declaraba en 1992: “La investigación sobre nutrición animal, con más de 100 años de trabajo, ha definido los nutrientes requeridos por los animales y, con esta información, se pueden formular dietas a partir de alimentos y otros ingredientes para cubrir esos requerimientos, con la expectativa de no sólo mantenerlos en buena salud sino de ser productivos y eficientes”.

## **Dietas y raciones**

Dieta: es todo lo que come y bebe por día un animal; ración es el suplemento a base de concentrados que se ofrece para completar la oferta de forrajes integrando así la dieta. En países en que los animales (vacunos) están estabulados se llama ración a la oferta de alimentos que se ofrecen en una mezcla única, así distribuida, de forrajes y concentrados. (Utilizaremos la primera clasificación de dieta y ración).

En el caso de cerdos, aves y otros monogástricos estaremos hablando de ración casi siempre, pues se les ofrecen mezclas de alimentos concentrados para cubrir todos los nutrientes exigidos (excepto el agua).

En cuanto al análisis de cada alimento, agregaba el Dr. Preston: “El objetivo final de los análisis de los alimentos es el de poder predecir la respuesta productiva de los animales cuando son alimentados con dietas de una composición dada. Esta es la verdadera razón de la información sobre la composición de los alimentos”. También agregaba: “Los alimentos no tienen una composición constante, varían en su composición por varias razones. El análisis químico hecho a la muestra del mismo alimento que se va a usar en una dieta a formular es más exacto que el de las tablas de análisis. Por esto es por lo que se debe, cuando sea posible, obtener los análisis actuales de los alimentos a usar. De no ser esto posible, las tablas de análisis de alimentos son la segunda mejor opción, la segunda mejor fuente de información”. Esto tiene más importancia en los animales más chicos en tamaño, de mayor uniformidad en su genética y edad, y tiene, en los rumiantes especialmente, más importancia para los forrajes que para los alimentos concentrados. Se hace

entonces menos notable en animales de mayor tamaño y de mayor variabilidad genética donde otros factores harán variar los resultados de una producción. También tiene más importancia cuando se trata de experimentos relacionados con la nutrición y la alimentación de animales que cuando se trata de completar las dietas de animales a campo: por ejemplo, donde la variabilidad genética de los animales y las condiciones también variables de ambiente, pueden estar jugando roles de mayor incidencia en los resultados que la variabilidad en los análisis de los alimentos empleados.

Si a la variabilidad de los análisis de los alimentos se suma la variabilidad relacionada con la provocada por las diferencias en digestibilidad (o por diferencias en la habilidad de los animales para absorber los nutrientes) se complica más la respuesta de un alimento para satisfacer los requerimientos de un animal. Todo esto resulta en la necesidad del juicio profesional para interpretar esta información y aplicarla con idoneidad, pero todas estas observaciones no disminuyen el valor de las tablas de análisis cuando no hay otra fuente de información sobre los alimentos a emplear.

¿Qué hace el profesional que debe formular dietas con las tablas de análisis a la vista y sin el auxilio de análisis químicos actuales de los alimentos que tiene a mano? Aplica márgenes de seguridad a los valores de tabla. Estos factores de seguridad se los dicta la experiencia y pueden ir de 5 a 10 % de refuerzo en los requerimientos a cubrir de energía y nutrientes respecto de los requerimientos que indican las tablas (las del NRC, por ejemplo) (NRC Dairy Cattle 2021). Veremos este aspecto al evaluar cada caso particular al cubrir los requerimientos.

Una importante contribución de la alimentación animal es el reciclado de residuos industriales y de cosechas, convertidos en alimentos y excluidos así de la contaminación del ambiente que en muchos casos era la preocupación del hombre hasta que se descubriera su contribución a la alimentación: restos de frigoríficos y de la industrias de las carnes en general, de la industria molinera, de la de los aceites vegetales, de la panadera, de las plantas de elaboración de alcohol, para nombrar algunas cuyos “desperdicios”, originalmente sin destino útil, traerían serios problemas para disponer de ellos y evitar que contaminaran el medio ambiente (incluidos ríos, lagunas y aguas subterráneas). Cuesta imaginar que alguna vez estos “residuos”, ahora llamados “subproductos” de molinería: afrecho, afrechillo y los demás subproductos de ésta y otras industrias como “harinas de carne, de pescado”, “harina de soja”, “brotes de malta”, etc., etc., fueran considerados contaminantes y su deposición final un problema para la industria que tenía que deshacerse de ellos.

Todo lo que aporte energía útil y nutrientes digestibles, sin contaminaciones dañinas, teniendo en cuenta la salud y el bienestar animal, la sustentabilidad y con un costo compatible con el resultado económico para el productor y la subsiguiente cadena de comercialización hasta el consumidor, es motivo de nuestro interés para llevar adelante nuestra tarea.

**CONCEPTO DE EFICIENCIA:** la alimentación encierra no sólo la idea de satisfacer las necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción de las distintas especies animales, sino también cumplir estas funciones en forma eficiente. Así pretende resumirlo el párrafo anterior.

La eficiencia es una palabra clave en el quehacer agropecuario porque está asociada con la necesidad de producir más alimentos al menor costo, con el uso más económico de los recursos para producirlos. No nos satisface solamente la producción de un alimento, digamos leche o huevos. Queremos también saber la cantidad de materia prima aportada para producir esa leche o esos huevos. Ambas cosas: producción y consumo relacionados entre sí, crean el concepto de eficiencia que básicamente es el consumo dividido por la producción. Esto nos dará la cantidad de alimento necesaria para producir una unidad de producto.

Como alimentamos animales para obtener la máxima producción económicamente posible, veremos cómo el concepto de eficiencia se irá complementando no sólo con producir el máximo sino el hacerlo al costo compatible con el precio al que se puede comercializar el producto final.

Un animal tiene un costo fijo de alimentación que es el de mantenimiento. Por eso las primeras unidades de producción son obtenidas con una eficiencia económica pobre. Sin embargo, al aumentar la producción el costo fijo de mantenimiento se va diluyendo con las sucesivas unidades de producción (mayor cantidad producida) y todo el proceso se hace más eficiente.

Siendo uno de los principales efectos de la eficiencia el reducir el costo de producción, la eficiencia aumenta el margen entre costo y precio: es decir el beneficio de la empresa. El margen y no el precio de venta de un producto, es aquello que le permite al productor permanecer en el negocio, en esa actividad.

Un alimento económicamente más eficiente se produce con menor costo de alimento que otro; por lo tanto deja más margen. El costo por kilo, litro, docena, según se trate, de producto comercializable, es lo que tiene mayor influencia en el beneficio de la empresa y no el costo por kilo (etc.) de alimento solamente.

Se sabe más sobre la nutrición de las aves que sobre cualquier otra especie animal, incluso sobre la nutrición del hombre. Es en la producción de carne de pollo y de huevos donde se ha mostrado más la eficiencia de producción al punto de convertirse (el pollo) de un plato de los “domingos” de hace pocas décadas atrás, en la carne más económica de posible consumo diario, hoy día. La alimentación tuvo una participación fundamental en este desarrollo.

La aplicación de estos conocimientos de nutrición animal a la tecnología y economía de la producción animal ha sido, un factor de gran importancia en el logro de un estándar nutricional destacado en varios países desarrollados, siendo de fundamental importancia en el progreso para cubrir las necesidades primarias (alimentos para su población) y evitar que otras necesidades económicas, sociales y técnicas tuvieran tropiezos. En la actualidad promovidas a través de organizaciones internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), se encuentran en funcionamiento variadas líneas de trabajo en países en desarrollo que buscan potenciar características productivas propias de cada eco región para satisfacer la demanda de alimentos a nivel regional y también en vistas de satisfacer la demanda global de alimentos con producciones sustentables en el tiempo, resilientes, inclusivas y saludables.

Utilizando el conocimiento de más de cuarenta nutrientes, actualmente se produce carne, leche y huevos de calidad y se hace de un modo más eficiente y económico que antiguamente. A modo de ejemplo se puede observar a continuación como fue variando la producción de kilogramos de leche por vaca por año (rodeo lechero) y la produc-

ción de kilogramos de carne de pollos parrilleros en los Estados Unidos de Norteamérica (EE. UU.) que cuentan con cifras bien documentadas y buenas estadísticas. Los datos abarcan ochenta y ocho años, van desde el año 1930 hasta el año 2018 y muestran la eficientización de esas producciones (Tabla 1).

Producción de kilogramos de leche por vaca por año para vacas lecheras:	Producción de kilogramos de pollo parrillero y su relación con los kilogramos de alimento consumido y el tiempo transcurrido para lograr esa producción:
en 1930: 2050 kg de leche por vaca, por año	en 1930: se obtenían 20 kg de pollo con 100 kg de alimento en 90 días
en 1968: 4090 kg de leche por vaca, por año	en 1968: se obtenían 43 kg de pollo con 100 kg de alimento en 54 días
en 1999: 8057 kg de leche por vaca, por año	en 1999: se obtenían 51 kg de pollo con 100 kg de alimento en 47 días
en 2010: 9589 kg de leche por vaca, por año	en 2010: se obtenían 52 kg de pollo con 100 kg de alimento en 47 días
en 2018 10537 kg de leche por vaca por año	en 2017: se obtenían 55 kg de pollo con 100 kg de alimento en 47 días

**Tabla 1:** Evolución de la producción de kilogramos de leche por vaca por año para vacas lecheras desde el año 1930 al año 2018; y la producción de kilogramos de pollo parrillero y su relación con los kilogramos de alimento consumido y el tiempo transcurrido para lograr esa producción entre los años 1930 y 2018 (Statista-USDA; NCC 2008).

Respecto a la producción en kilogramo de leche por vaca por año, cabe destacar que entre 1968 y 1930 se había duplicado la producción, pero en 1999 volvió a duplicarse, aumentando luego en los próximos 10 años hasta valores un 19 % superiores en 2010 y un 9.89 % más en 2018 y esta tendencia continúa.

Respecto a la producción de pollos parrilleros se redujo a menos de la mitad la necesidad de alimento para obtener un kilogramo de pollo y se redujo el tiempo para hacerlo en casi un 50 % también. De no haber conseguido esta mejora no se habría tenido suficiente alimento para producir además de los pollos que producen, la leche, carne y huevos que necesitan. Y los progresos continúan conforme la ciencia avanza y las metodologías de análisis brindan más información y mejor exactitud.

*El objetivo principal de mostrar tantas tablas con datos a lo largo estas páginas es que el lector compruebe, en la comparación de esos datos, lo que el texto le va adelantando. Quien está leyendo este libro es un posible futuro asesor técnico en esta área y estará creando las bases para ejercer esta especialidad y todas las tablas de datos expuestas a lo largo de la descripción de los distintos temas, tienen el aval de la experiencia de sus autores, que servirán para arrancar desde aquí con la solidez necesaria para hacer las cosas bien e ir desarrollando después la propia experiencia profesional.*

*La labor científica local y extranjera de tantas Estaciones Experimentales, de Universidades y las reuniones de comunicación e intercambio de los resultados y/o las lecturas de esos trabajos, lo mantendrán, de aquí en más, actualizado respecto de las novedades que no cesan de aparecer en publicaciones científicas y en otras de difusión técnica.*

Los progresos en alimentación siguen produciéndose, pero a un ritmo menos acelerado como sucede con todos los progresos en biología (rendimientos decrecientes). Aun así los progresos continúan, a modo de ejemplo retomaremos la producción de pollos parrilleros en EE. UU.: en la década del '80: los pollos parrilleros necesitaban 53 días para pesar 1770 kg convirtiendo alimento a una tasa de 2,05:1 de peso vivo; al final de los '90 se producen pollos de 2179 kg con una conversión de alimento a carne de 1,95:1 (en 49 días), en la primera década del 2000 se produjeron pollos de 2,38 kg en 48 días con una conversión 1,93:1 y continua haciéndose más eficiente, para el 2017 se produjeron pollos de 2,84 kg en 47 días con una conversión 1,83:1. Entre 1930 y 1968, se llegó a una producción de 2500 millones de pollos parrilleros terminados, pesando 1,800 kg cada uno, lo que significaban 4.500.000 toneladas de pollo. La conversión de alimento a carne era en 1968 de 2 kg de alimento para producir 1 kg de pollo, lo que significó una necesidad de 9.000.000 toneladas de alimento de las cuales un 70 % era maíz, lo que significaban 6.300.000 toneladas de maíz destinadas a esta producción.

Si en los años 30 la conversión de alimento a pollo era del doble de alimento, se hubiera necesitado el doble de maíz para producir la misma cantidad de pollos, o sea 12.600.000 toneladas de maíz. Esto significaba alrededor del equivalente de la mitad de una mediana cosecha de maíz de un país en desarrollo, ahorrada en la producción de la misma cantidad de alimento para la población humana.

Siguiendo con el análisis, en EE. UU., en 2017 se llegó a producir 18.695.908 toneladas de pollo, siendo la conversión alimento a carne de 1,83:1 obteniendo pollos parrilleros de 2,84 kg de peso. Esto significó una necesidad de 34.213.511,6 toneladas de alimento, de las cuales aproximadamente un 60 % era maíz, lo que significan 20.528.107 toneladas de maíz. El ahorro de tiempo y capital invertido permitió liberar mano de obra y recursos.

Respecto a otras producciones como puede ser la de gallinas ponedoras, se logró luego de más de cincuenta años de mejoramiento, 100 % más de producción con 50 % menos de alimento. Este progreso se logró por la combinación de mejoras en la genética de las aves, la alimentación, el manejo y la sanidad, en estaciones experimentales de universidades, en las granjas de las empresas proveedoras de las aves, y de los productores y por mejora en la sanidad a cargo de productos sanitarios para cuidar de la salud de los planteles. Se suman a éstos, los productores de maquinarias y otros equipos para facilitar el manejo de la producción industrial de huevos de consumo. La importancia de la producción de huevos se debe a que son “paquetes” de un valor nutritivo casi perfecto. Esto parecería hacer referencia a un spot o “slogan” publicitario, pero es real. Sus valores de calidad proteica se utilizan como comparativo para evaluar la calidad de las otras fuentes de proteína.

En la producción de cerdos también hubo progresos entre los años 1930 y 1968: de 23 kg de carne de cerdo producidos a partir de 100 kg de alimento se pasó a 32 kg de carne (32-23 = 9 kg). En cambio, en el lapso de los siguientes cuarenta años, entre 1968 y 2008, los progresos no fueron de la misma magnitud por producirse, como ya se mencionó, el efecto de rendimientos decrecientes, aunque igualmente hubo progresos importantes.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

No rumiantes	Proteína Bruta (%)	Energía (%)	Rumiantes	Proteína Bruta (%)	Energía (%)
Pollos parrilleros	23	11	Vacunos lecheros	25	17
Pavos	22	9	Vacunos de carne	4	3
Gallinas ponedoras	26	18	Ovinos (c/ 1 cordero/año)	4	2,4
Cerdos	14	14	-	-	-

**Tabla 2:** Eficiencia global estimada (en porcentaje) de la conversión de los alimentos en productos animales comestibles (Wedin *et al.* 1975; Bondi 1988), correspondería al retorno en partes comestibles para consumo humano y animal. Son eficiencias para altos niveles de producción. Varían notablemente con el producto (carne frente a leche y huevos) y con la especie considerada.

Dentro de cada especie y producto, la eficiencia de transformación depende principalmente del nivel de producción y del nivel de alimentación (ambos muy relacionados). Con un nivel de producción más alto el consumo aumenta, pero la proporción usada para el mantenimiento del animal se reduce, como resultado de lo cual el animal de más producción es más eficiente.

La gran capacidad de las lecheras de “alta producción” para consumir hasta cuatro veces las necesidades de mantenimiento, para producir leche, hace que esa producción compita con la producción de huevos por la “máxima eficiencia global” (global, porque incluye la recuperación de la carne y otros tejidos de la res de los animales descartados, al final de sus vidas, como proveedoras de leche, en el caso de las lecheras o de las gallinas al final del ciclo de postura).

La fermentación ruminal supone una limitación a la eficiencia al transformar la energía bruta de los forrajes pero el costo de los forrajes y el hecho que los monogástricos no los puedan aprovechar (a los forrajes), hace que los rumiantes puedan competir económicamente con los monogástricos.

La producción de carne vacuna mejoró de 100 kg de alimento para producir 8 kg de carne en 1930, a la misma cantidad de alimento para producir 16 kg de carne en 1968. La carne es cara en EE. UU., al compararla con otras carnes, pero de no haber habido esa mejora en eficiencia, costaría ahora el doble en alimento y habría menos oferta (y demanda) por su costo alto. Los progresos en las mejoras en crecimiento y en conversión se han mantenido después de esas fechas pero a un ritmo no tan espectacular como lo ocurrido entre 1930 y 1968.

Cuando se habla de conversiones de alimento a carne y se comparan las conversiones de distintas especies animales, suelen hacerse comparaciones injustas. Cuando se compara la conversión de los pollos parrilleros de 2:1 o mejor (por ejemplo) con la del cerdo (3-3,5:1) y con la del novillo (8-9:1); siempre hablando en base materia seca, se puede concluir que el novillo es poco eficiente para aprovechar los recursos alimenticios. Algo que debiera tomarse en cuenta es que los kilogramos de carne de novillo no son obtenidos de los mismos alimentos que se utilizan en la producción de pollos parrilleros y de cerdos ni en las mismas áreas de explotación. Los 8 a 9 kilogramos de materia seca que se transforman en carne vacuna, no son los mismos que darían casi 3 kilogramos de cerdo y 4 o más kilogramos de pollo. La materia seca usada por el novillo alimentado mayormente en base a forrajes es de muy distinta calidad nutricional que los concentrados (granos y subproductos industriales) utilizados en la alimentación de aves y cerdos. Si se alimentara a un cerdo con la dieta que se usa para un novillo, la conversión del cerdo sería mucho

más alta que la actual consumiendo sólo concentrados. Aún, tratándose de la terminación de vacunos a corral (engorde a corral de novillos o en “feedlots”) con un porcentaje importante de alimentos concentrados (granos para aportar energía principalmente y sub-productos que aportan mayormente proteínas, pero no exclusivamente) la dieta total no es la que comería un cerdo y menos aún un ave. No se toma en cuenta en esta comparación de eficiencias la situación, por ejemplo, de explotaciones agrícolas que ocasionalmente, se alimentan principalmente de la recuperación de los restos de granos, de los rastrojos y los pastos de estación que aparecen en los mismos rastrojos como consecuencia del buen tiempo (humedad y temperatura de primavera o de otoño) y buena tierra. Esta es una producción de “recupero”, cuya conversión se mide más bien en lo que se recuperó del rastrojo (en general con menor eficiencia nutricional pero a un costo muy bajo) que en kilogramos. de alimento bien balanceado, para hacer un kilogramo. de aumento de peso.

Tipo de animal y nivel de producción	Consumos de alimento en múltiplos del mantenimiento
Vacas lecheras: de 550 kg	
produciendo 13 kg/día	2 mantenimientos
produciendo 30 kg/día	4 mantenimientos
Novillo de 300 kg	
aumentando 0,400 kg/día	1,4 mantenimientos
aumentando 0,700 kg/día	1,7 mantenimientos
aumentando 1,000 kg/día	2,0 mantenimientos
Cerdos y aves	
cerdos de 50 kg aumentando 0,750 kg/día	2,3 mantenimientos
pollos parrilleros de 1 kg aumentando 27 g/ día	1,5 mantenimientos
gallinas ponedoras de 1,4 kg poniendo al 40 %	1,33 mantenimientos
gallinas ponedoras de 1,4 kg poniendo al 80 %	1,67 mantenimientos

**Tabla 3:** Consumos de alimento por animales en producción, expresados en múltiplos de las necesidades de mantenimiento (Bondi 1988).

El novillo, salvo que se lo alimente muy intensamente en las últimas semanas de su terminación para la faena, o en “engorde a corral”, aun cuando los costos de los alimentos concentrados lo permitan, estará consumiendo importantes cantidades de forrajes (y cuando los precios no lo permitan, será cerca del 100 % o del total de la dieta en base a forrajes), mientras las aves y los cerdos estarán rindiendo esas conversiones tan estrechas, consumiendo granos y otros concentrados en forma exclusiva, permanentemente.

Son éstas las dietas (a base de concentrados) que preocupan a futurólogos que presagian restricciones para los animales, en el uso de cereales y subproductos de las industrias oleaginosas y otras industrias, cuando la población humana aumente a cifras que harán necesario aprovechar más esos recursos para el hombre, alimentos que ahora consumen los monogástricos, principalmente.

A lo largo de los capítulos de este libro hay una recurrencia frecuente a la mención de trabajos experimentales con aves y aún con animales más pequeños (ratas de laboratorio, conejos y otros animales de experimentación), y menos de animales mayores. Las razones son de orden económico en cuanto a instalaciones y personal para su manejo, en el valor de los animales y en la cantidad de alimento por animal a usar en cada experimento

y del número de animales para hacer estadísticamente valorables los resultados. Son más manejables los animales, cuanto más chicos son. El trabajo estadístico es más confiable, porque al poder usar más animales son más exactos los resultados y muchos resultados son transferibles a las especies de mayor tamaño.

Para realizar experimentos con vacunos, hay que tener por lo menos mellizos gemelos o siete animales diferentes por tratamiento, para que las diferencias que surjan sean significativas para la prueba en estudio.

No existen recetas útiles para todo momento, de raciones o de fórmulas para cada animal o para cada edad de un mismo animal sino listados de requerimientos a cubrir con la disponibilidad de alimentos. Se verá a lo largo del libro que hay pruebas de lo dinámico de la nutrición animal, de la constante actualización de nuevas técnicas, nuevos ingredientes, nuevos tratamientos de esos ingredientes, o la constante modificación de los requerimientos para adecuarnos cada vez a las nuevas exigencias.

Existe, por ejemplo, la posibilidad, ya en uso, de cambiar, por vía de la genética, la contribución de aminoácidos del maíz y otros granos. En el maíz, existen por ejemplo, los genes: “floury 2”, que incorporan más aminoácidos azufrados a la proteína del maíz; el gen “opaco 2”, que incorpora más lisina y triptofano y mayor cantidad de niacina y también la posibilidad, también ya lograda, de aumentar su aporte de energía mediante el aumento del tamaño del germen del grano para alojar así más aceite y de paso mejorar la calidad y cantidad de su proteína (la contenida en el germen).

Tipos de maíz	lisina	metionina	triptofano
maíz común	0,30	0,17	0,10
“opaco-2”	0,51 (70 %+)	0,17	0,16 (60 %+)
“floury 2”	0,40 (33 %+)	0,25 (47 %+)	0,13 (30 %+)

**Tabla 4:** Contenido de lisina, metionina y triptofano como % de la proteína del maíz común y los maíces con genes opaco 2 y floury 2.

Si se logra una incorporación de estos y otros genes en el germoplasma del maíz en forma que tenga aplicación práctica en la producción agrícola, se tiene un impacto tremendo en la nutrición de los animales y también en la del hombre, sobre todo en los países donde el maíz es parte importante de su dieta (los países andinos y México, entre otros).

En algunos países donde la alimentación humana es a base de maíz con recursos nutricionales limitados, la población infantil sufre de una enfermedad por carencia de proteínas de calidad llamada “Kwashiorkor.” También ocurre con otros recursos a base, casi exclusiva, de hidratos de carbono. Con la incorporación de estos genes se puede llegar a tener un maíz comercial con hasta 15 % de proteínas totales (proteína bruta) que en la actualidad es de 8 a 10 %. En fórmulas donde el maíz entra en proporciones altas (como por ejemplo en las raciones para las aves, y los cerdos) la incorporación de estos maíces modificados cubriría automáticamente una proporción más grande de la proteína necesaria en las respectivas fórmulas. Esto significa reducir una parte importante de los concentrados proteicos en dichas fórmulas, con el consiguiente ahorro en sus costos de producción y consecuentemente en los costos de producir carne, leche y huevos, principalmente. Con 70 % más de lisina en un maíz con el gen opaco 2, se consigue desplazar un 33 % de la harina de soja de una típica fórmula para cerdos. Si se consiguiera, además, aumentar el

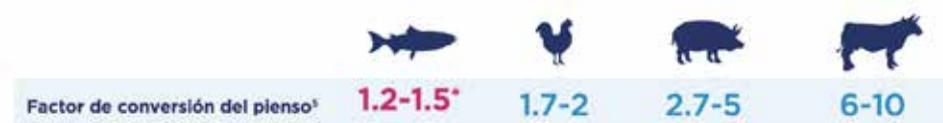
porcentaje de isoleucina y metionina en el maíz, es posible que se pudiera reemplazar más harina de soja aún (la harina de soja es una de las clásicas fuentes de proteína usadas para balancear las carencias de aminoácidos del maíz, por su lisina principalmente).

Siguiendo las mismas técnicas, pero en otros granos, se esperan lograr resultados parecidos en mejorar sus rendimientos con mejores aminoácidos. Hay trabajos en avenas y en cebadas, de glumas dehiscentes, de mejores contenidos de proteínas y balances de aminoácidos y menor porcentaje de fibra.

Esta carrera por mejorar la calidad de las proteínas en las dietas a través de los cereales se encuentra con la cooperación de la industria química que ofrece aminoácidos puros y sintéticos (en algunos casos obtenidos por vía biológica, por fermentación, como sucede con la lisina). La metionina pura y el análogo de la metionina, se usan corrientemente en el país desde hace décadas, sobre todo desde que se ha extendido el uso de la harina de soja (que es deficiente en metionina) con una participación importante en las dietas de aves principalmente. También se usa la lisina, el triptofano y la treonina sintéticos, en varios países del mundo.

La industria química produce, en forma sintética, productos iguales a los naturales (vitaminas, aminoácidos, por ejemplo) que contribuyen a hacer más económicas las dietas para animales además de las dietas para el hombre. Cubrir los niveles requeridos de vitaminas o de algunos aminoácidos críticos por medio de alimentos naturales haría a muchas dietas mucho más costosas de lo que son, sobre todo para animales de altos rindes en huevos y carne principalmente, o leche, ya en vacas de muy alta producción.

Hacia donde se dirigirá el progreso en esta línea de trabajo para obtener mejoras en la alimentación de las especies domésticas que nos brindan alimento para el hombre, es materia de debate, seguramente, la respuesta será la contribución de las varias líneas de trabajo en conjunto.



**Figura 1:** Índices de conversión de kilogramos de alimento consumido(pienso) por kilogramo logrado según distintas producciones (GSI 2019).

El siguiente párrafo de la FAO aporta un resumen interesante a considerar:

*“Animal production, in its many forms, plays an integral role in the food system, making use of marginal lands, turning co-products into edible goods, contributing to crop productivity and turning edible crops into highly nutritious, protein-rich food. Quantifying the land and biomass resources engaged in livestock production and the food output they generate, but also improving our modelling capacity by including trends in consumer preferences, shifts in animal species, climate change impacts, and industrial processes to improve the human edibility of certain feed materials is arguably basic information needed as part of further research into the challenge of sustainably feeding 9.6 billion people by 2050”<sup>1</sup>.*

1 [http://www.fao.org/ag/againfo/home/en/news\\_archive/2017\\_More\\_Fuel\\_for\\_the\\_Food\\_Feed.html](http://www.fao.org/ag/againfo/home/en/news_archive/2017_More_Fuel_for_the_Food_Feed.html)

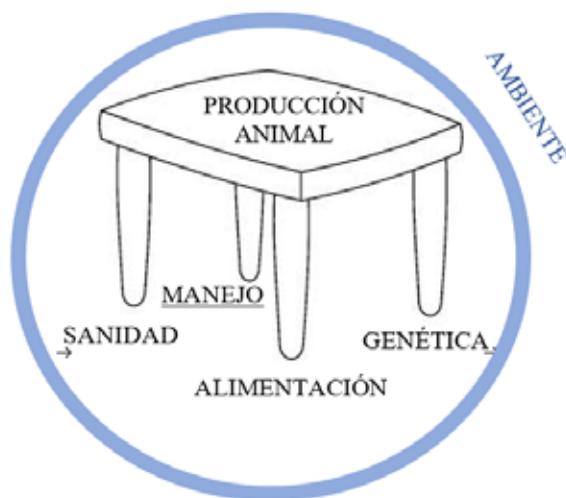
## LAS CUATRO BASES DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA

Alimentar es al proceso de suplir el cuerpo con adecuada energía y nutrientes cada vez que se les da de comer. Si se hace eficientemente ninguno de esos nutrientes debiera estar en exceso. Los nutrientes son los seis grupos básicos de sustancias presentes en los alimentos que suplen las necesidades del cuerpo animal. Los seis grupos son los ya mencionados: agua, proteínas, hidratos de carbono, grasas o lípidos, minerales y vitaminas.

La alimentación abarca los procesos de: ingestión, masticación, digestión, anabolismo, catabolismo y excreción. Todo lo que sucede desde que un alimento entra por la boca, hasta que los restos no digeridos del mismo son eliminados, excretados.

La alimentación está encuadrada como uno de los cuatro factores o bases de la producción animal porque estos cuatro factores determinan el éxito del programa de la producción pecuaria. Estas bases son: genética u origen del animal, manejo, sanidad y alimentación.

Hay otras formas de expresarlo como se observa a continuación en la figura 2, en donde se presentan las cuatro bases como las patas que conforman y sostienen una mesa (producción animal), circunscriptas en un cierto medio ambiente (environment, en inglés) como la suma de todas las influencias externas que afectan la vida y desarrollo del animal en producción.



**Figura 2:** Las cuatro bases de la producción animal (genética, manejo, sanidad y alimentación) encuadradas en un medio ambiente determinado.

Traducción:

“La producción animal, en sus múltiples formas, cumple un papel integral en el sistema alimentario, haciendo uso de tierras marginales, utilizando subproductos como alimentos, contribuyendo a la productividad de los cultivos y convirtiendo diferentes cultivos en alimentos ricos en proteínas y altamente nutritivos. Cuantificar los recursos de tierra y biomasa involucrados en la ganadería y en la producción de alimentos que genera, pero también mejorando nuestra capacidad de modelado al incluir tendencias en las preferencias de los consumidores, cambios en las especies animales, impactos del cambio climático y procesos industriales para mejorar el consumo humano de ciertos alimentos se transforman en fuentes de información básica y necesaria como parte de la búsqueda de herramientas para enfrentar el desafío de alimentar en forma sustentable a 9600 millones de personas del mundo para 2050.”

[http://www.fao.org/ag/againfo/home/en/news\\_archive/2017\\_More\\_Fuel\\_for\\_the\\_Food\\_Feed.html](http://www.fao.org/ag/againfo/home/en/news_archive/2017_More_Fuel_for_the_Food_Feed.html)

Tomada la producción pecuaria como medio de vida para el productor, es necesario incorporar una base más a las cuatro nombradas y ésta es la comercialización del producto obtenido. Las posibilidades de producir deben complementarse con las de poder dejar un margen de rentabilidad al productor al comercializar el producto obtenido.

Para algunos, la genética es la base más importante de todas. Para otros, lo es la alimentación. En realidad ninguna es más importante que las otras. La buena genética, sí, es menester que exista primero para aprovechar los otros factores de la producción, y ofrece la oportunidad de tener un buen nivel de producción y la alimentación, la oportunidad de concretarla con la colaboración de un buen manejo y con animales sanos (sanidad). Una no puede prescindir de las otras para concretar la producción animal-pecuaria eficiente.

Dicho de otra forma, la genética da el potencial del animal, la capacidad de lo que podrá hacer. Aplicando la genética para un determinado propósito se han conseguido las razas de propósitos determinados. De razas de aves productoras de huevos no debemos esperar pollos parrilleros; ni de vacunos de carne, grandes producciones de leche, porque genéticamente se orientaron en otro sentido. La genética determina el potencial de “la máquina” a través de la cual se procesará el alimento dentro de un programa de manejo adecuado y protegida por un programa sanitario que hará así su parte para concretar el objetivo de los otros tres factores de la producción. Cuanto más eficiente sea el animal (por efecto de una buena selección genética), mejor será la producción. Los progresos en genética han conseguido las mejoras en las razas y tipos de ganados vacunos, porcinos y en las demás especies, como los progresos en la ciencia de la nutrición han resultado en mejores dietas para esas razas mejoradas, dándoles la oportunidad de expresar esos progresos. Y todo esto se concretará plenamente con el resto de los factores del medio ambiente acompañando los esfuerzos en los otros factores ya mencionados. Repitiendo, todos los factores de producción deben actuar al unísono y ninguno supera a los demás en importancia. Sólo puede decirse que, cronológicamente, la genética debe estar preparada para la actuación y lucimiento de los otros factores junto con el de ella misma.

Respecto de la comercialización como factor complementario de la producción, la discusión de este importante tópico es material de cursos extensos y específicos que escapan a la posibilidad de tratarla dentro de este libro.

El objetivo final de la dedicación a la producción pecuaria, por encima de la satisfacción de hacerlo bien y a gusto como productor o como colaborador del productor (asesores científicos y técnicos), en esta empresa, (lo hemos anticipado en párrafos anteriores) es la de alimentar y hacer más cómoda (de mejor calidad) la vida del hombre sobre la tierra, sin descuidar y teniendo en cuenta el bienestar animal, la sustentabilidad de los establecimientos afectados a esa producción y el impacto ambiental de la misma. El destinatario es el género humano y hacerlo es una ciencia, en desarrollo, en crecimiento, y también es un arte.

La alimentación es el factor más crítico en la economía de la producción. Es una ciencia aplicada más que una ciencia básica y es multidisciplinaria. El Instituto americano de la nutrición define a la alimentación, como: “la ciencia de los alimentos, los nutrientes, la química y fisiología de su utilización y todas sus complejas relaciones (entre alimentos y nutrientes), con la salud del cuerpo y el bienestar y felicidad de la humanidad” (esto resume en parte conceptos de los párrafos anteriores). La alimentación, tiene por delante una tarea inmensa que es nada menos, que la de cubrir las necesidades de una parte muy grande de la población del planeta, aún subalimentada.

**Resumen de las bases de la producción pecuaria:**

Genética: es la base de la producción en potencia

Alimentación: posibilita concretar la producción

Sanidad: procura la salud necesaria

Manejo: hace lo necesario en el momento adecuado: CIENCIA y ARTE

Todo encuadrado en un cierto ambiente preservando el bienestar animal, la sustentabilidad de la producción en el tiempo, resiliente e inclusiva.

**Importancia de la alimentación**

Hay distintas razones que explican la importancia de la alimentación. En la producción de animales que han tenido un proceso de selección genética exhaustivo, la alimentación debe acompañar ese refinamiento en igual medida para lograr la correcta expresión del potencial buscado.

Con el correr de los años la selección en los planteles animales ha permitido por ejemplos aumentos en el tenor de grasa butirosa de la leche (> 10 %), mejoras en la cantidad total de litros de leche producidos por animal. Herramientas como la inseminación artificial y el trasplante embrionario fueron importantes en la obtención de estas mejoras. Respecto a otras producciones como la de los pollos parrilleros, se han logrado mejoras notables como algunas ya comentadas en páginas anteriores.

En la última década se obtuvieron mejoras en las conversiones de alimento a kilogramos de carne logrados, con menos de 2 kg de alimento, se logran producciones de 1 kg de pollo (promedio de los 2 sexos)!! Ya en el año 2000, con 39 días se conseguían los 2 kg de pollo con menos de 2 kg de alimento por kg de carne obtenida!! En la tabla 5 se citan los progresos desde el año 1940 al año 2017:

Año	semanas de crianza	kilogramos de alimento	peso del pollo (kilogramos)	índice de conversión
1940	12	4,500	1,360	3,30:1
1951	10	3,700	1,360	2,75:1
1960	8,5-9	2,720	1,360	2,00:1
1980	7	3,63	1,770	2,05:1
1999	6,7	3,92	2,179	1,95:1
2017	6,7	5,19	2,84	1,83:1

**Tabla 5:** Progresos en la crianza de los pollos parrilleros, relación entre las semanas de crianza, los kilogramos de alimento utilizados, el peso del pollo en kilogramos y el índice de conversión logrado.

El esfuerzo común de las cuatro bases de la producción ha conseguido, en avicultura, que un pollito bebé que nace con 40 gramos de peso, logre pesar 2.83 kilogramos, en 47 días o sea 70 veces su peso de nacimiento. Para equiparar esa performance, un bebé humano que naciera con 3 kg, debería pesar 210 kg a los 47 días de nacido!!!

Las aves en la actualidad son genéticamente diferentes, las dietas son diferentes y el manejo y las medidas sanitarias también son diferentes. La ciencia y el conocimiento científico han avanzado, se conocen mejor los requerimientos, sabemos más de las necesidades de los animales y también se cuenta con más información respecto a la composi-

ción química de los alimentos disponibles y de los compuestos antinutritivos presentes en distintos alimentos que pueden afectarlos. Por ejemplo, usamos, en las raciones, menos ingredientes fibrosos porque las aves necesitan cada vez más energía en sus raciones y se utilizan muchos subproductos de la industrialización de la soja debidamente desactivados para evitar el efecto negativo de los factores antinutritivos presentes en esta oleaginosa.

En la producción porcina también se lograron progresos notables: los cerdos en la actualidad son más magros, con menos grasa: en las últimas décadas se ha agregado a su res, carne magra, equivalente a un "jamón adicional". Al tener menos grasa son más eficientes en la conversión de alimento a carne, porque la carne magra se produce con mejor eficiencia que los tejidos grasos.

La selección ha obrado grandes progresos en razas de cerdos como Landrace, Hampshire, entre varias otras incluyendo las cruza híbridas, y las pruebas de progenie lo ponen en evidencia. Los cerdos, además, se tienden a destetar cada vez más temprano por lo que pasan más rápido a consumir alimentos sólidos o dietas líquidas, dependiendo del manejo y así son terminados antes.

En vacunos de leche y carne también ha habido progresos pero no de la misma magnitud ni en el mismo tiempo debido a la diferencia en la duración del ciclo reproductivo y la menor uniformidad genética de los vacunos.

Los alimentos son diferentes también. Los alimentos obtenidos de tierras vírgenes y/o en descanso, son distintos de los producidos en campos erosionados y tierras cansadas. El agotamiento del suelo es importante desde el punto de vista de la crianza de animales, no obstante, en vacunos la cantidad de alimento se está haciendo más importante que la calidad (en hacienda de cría, sobre todo), porque las deficiencias en calidad se pueden suplir con suplementos de alimentación. En Corrientes, aún con pastos buenos en cantidad, hay serias deficiencias de fósforo, pero supliendo esta deficiencia se compensa el faltante (se incorpora calidad). En otras partes del mundo, con el agregado de pequeñas cantidades de cobalto por hectárea se produce la diferencia entre campos inútiles para su aprovechamiento y pasturas útiles para vacunos (Australia) y para lanares (estado de Wisconsin en EE. UU.). La fertilidad del suelo afecta también la producción: la hacienda pastorea primero donde se ha fertilizado y luego donde no se fertilizó, cuando se le es permitido elegir.

Como se mencionó anteriormente, los avances en genética vegetal han introducido mejoras en muchos cultivares que afectan tanto la calidad de sus granos utilizados en alimentación humana y animal por una parte como también mejoras que afectan la calidad de la oferta forrajera de pasturas, verdeos, rastrojos y subproductos industriales usados en la producción pecuaria. Ya se han comentado los ejemplos de la incorporación de determinados genes que optimizan el contenido proteico o por ejemplo con la incorporación al maíz de los genes "sugary 2" y "waxy 2": ambos que transmiten la cualidad de dar granos con alto contenido de amilopectina (un hidrato de carbono altamente digestible). Esto hace más eficiente su aprovechamiento para los rumiantes, mejorando sus índices de conversión (advertencia: prestar atención a la acidosis).

Como una breve introducción, podemos decir que el procesamiento de los alimentos usados como ingredientes influye, variando sus aportes de energía y nutrientes. El maíz, cuando es procesado industrialmente, produce subproductos cuyos análisis varían en relación con el valor del grano originario. Como ejemplo, al procesar el maíz se obtienen el gluten feed y el gluten meal), burlanda y rebacillo de maíz, entre otros. (Ver sus análisis comparativos donde se describen estos subproductos).

Lo mismo se puede decir de los granos enteros de sorgo, maíz, avena, cebada, trigo y otros, sin extraerles ninguna porción de los mismos, pero procesados por calor y presión (con o sin humedad), producen distintos rendimientos que los granos meramente molidos.

Los granos tratados por calor y aplastados producen, en el rumen, más ácido propiónico que favorece el mejor crecimiento y una mejor eficiencia alimenticia en novillos alimentados a corral. Pero, por otra parte, esto no favorece a las vacas lecheras que si consumen grano tratado de este modo recibirán menores aportes de ácido acético y en consecuencia darán menos porcentaje de grasa butirosa en la leche.

En cuanto a los subproductos de las semillas oleaginosas, los procesamientos anti-guós (extracción a presión hidráulica del aceite), producen un subproducto llamado torta oleaginosa (posee un predominio de la fracción proteica), con una buena proporción de aceite remanente que lo hace más apetecible, menos polvoriento y con más energía derivada del aceite, en comparación con los subproductos derivados de otros procesos de extracción, como ser la harina de soja que se obtiene luego de la extracción del aceite de soja de las semillas por extracción continua o por solvente. A la harina de soja le queda sólo 1 % de aceite remanente, versus 8, o hasta 10 % presente en las tortas oleaginosas.

En forma detallada encontrarán descriptos los alimentos y sus subproductos industriales en los capítulos que siguen a continuación.

Todos estos son ejemplos de una lista más larga y a ésta se agregan más procesamientos a los ya nombrados y estos procesos afectan a la mayoría de los alimentos. Uno de los efectos de los procesamientos es mejorar la textura además de hacerlos más fáciles de digerir y esto tiene su efecto sobre el consumo. También lo tiene sobre el rendimiento (el aporte de energía y nutrientes en forma más generosa): como por ejemplo, los granos enteros, procesados por calor y presión, producen distintos rendimientos que los granos meramente molidos. Como se mencionó en un párrafo anterior en el rumen producen más ácido propiónico que favorece el mejor aprovechamiento y mejor eficiencia alimenticia en la producción de carne.

Todos estos cambios en los alimentos obligan a adecuar el manejo de los mismos al usarlos y esto lo tendremos que ver ordenadamente, a lo largo del libro.

### **Resumen de lo presentado**

A lo largo de este libro trabajaremos con alimentos para cubrir las necesidades de energía y de nutrientes en distintas especies y categorías animales. Los nutrientes son esenciales y no así los alimentos que son reemplazables o intercambiables unos por otros. En las distintas producciones animales, en la alimentación de animales de compañía, de animales en cautiverio, deben cubrirse los requerimientos de nutrientes con el uso de alimentos. La finalidad última de este esfuerzo será la alimentación del hombre o de otras especies animales o la satisfacción de otras necesidades como ser: abrigo (lana, cuero), trabajo o deporte (caballo, perro), compañía (mascotas, perros guías), defensa, ayuda, etc.

El alimento es la materia prima para producir, con las distintas especies animales, los beneficios mencionados. Los animales transformarán la materia prima (alimentos) en esos beneficios (productos). Las aves de postura retornan como proteína útil el 26 % de la proteína que consumen, las vacas lecheras el 25 %, en la proteína de la leche, pero sube a 33 % si se computan los cortes de carne de la res más la proteína de las vísceras de las lecheras una vez que se dan de baja y se faenan para usar su carne. El cálculo se

hace así: se suma la proteína de la leche más la proteína de los cortes útiles de la res, más la proteína de las vísceras y se divide esta suma por el total de la proteína del alimento. Las aves de carne (pollos parrilleros) retornan el 23 % de la proteína que comen y los cerdos retornan el 14 % de la proteína consumida. La hacienda de carne retorna el 4 % de la proteína consumida (con, mayormente, otro tipo de alimento del que es consumido por los monogástricos).

¿Por qué se usan los vacunos carniceros y lecheros si son tan poco eficientes? Los vacunos carniceros y lecheros aportan proteínas y lo que es más importante una gran cantidad de aminoácidos esenciales, vitaminas, (especialmente B12), minerales (en especial calcio (Ca) y hierro (Fe)) principalmente consumiendo alimentos muy económicos y que otras especies no aprovechan, mayoritariamente forrajes con alto contenido de fibra. El ganado utiliza 0.6 kg de proteína ingerida para producir 1 kg de proteína de carne o de leche de mejor calidad. Otras especies, en general monogástricos no pueden aprovechar los compuestos fibrosos y obtienen mejores conversiones, pero con alimentos de baja fibra y mayor costo (los concentrados: granos y subproductos de la industria).

La ciencia de la nutrición ha ido identificando los requerimientos de muchas especies y para muchas producciones y en muchos casos, identificando también los síntomas de las deficiencias si esos requerimientos no son cubiertos. También varias formas o alternativas para cubrir esas deficiencias. En la medida que la ciencia y la tecnología avanzan existen nuevas metodologías y equipamientos que pueden utilizarse por una parte para evaluar la composición de los alimentos y la presencia o no de compuestos antinutricionales y por otra parte usarse en la evaluación de requerimientos y déficits de determinados nutrientes en el animal. De este modo el avance es continuo en la búsqueda de un mejor aprovechamiento de los alimentos disponibles para cubrir los requerimientos de las distintas especies en producción. Este avance continuo en la búsqueda de una buena alimentación, en forma saludable, sustentable, inclusiva, económica que satisfaga los requerimientos de los animales ha llevado a incorporar nuevos alimentos como ser levaduras, algas, subproductos de la industria, empleo de aminoácidos sintéticos, leches vegetales sintéticas entre muchos otros. Eficientizar las producciones, por ejemplo, utilizar razas cebuinas o sus cruza en ambientes tropicales o cálidos en reemplazo de vacunos de origen británico, o el búfalo, (o sus híbridos: “beefalo” o “cattalo”), por su adaptación en zonas cálidas y pantanosas es otra manera de eficientizar la utilización de recursos y de lograr una correcta alimentación animal. Y en las zonas polares, las ballenas, focas y los lobos marinos son los proveedores de alternativas, de proteína y grasas.

En cuanto a la eficiencia de la producción de alimentos, hay otra forma de expresarla y consiste en determinar cuánto alimento se puede comprar con el valor de un kg del producto que se obtiene para la venta (eficiencia económica). Si los tiempos por venir indican que determinados productos no pueden producirse con eficiencia en relación con los otros, podrán ser desplazados. En cuanto al uso de pastos para la producción de proteína animal, los vacunos seguirán siendo competitivos pues sólo los rumiantes pueden aprovecharlos satisfactoriamente. Se suman a esta lista los otros rumiantes: ovinos y caprinos, principalmente. El aparato digestivo voluminoso de un vacuno hace que el rendimiento (en la faena) de la res sea del 56 % en tanto que la de un cerdo, de aparato digestivo mucho menos voluminoso (un estómago de sólo 4 %, en el cerdo, frente al de un rumiante), es del 82 %.

Luego de estos párrafos escritos a modo de introducción nos adentraremos en los siguientes capítulos para abordar el tema de los alimentos, desde el modo de clasificarlos

hasta las características que los definen y que hacen que puedan ser utilizados en la alimentación de determinadas especies.

A continuación, encontrarán un glosario con la terminología técnica utilizada en alimentación que encontrarán en este libro y en el medio laboral si se dedican a la nutrición y alimentación animal.

Empecemos....

*Un libro abierto es un cerebro que habla; cerrado un amigo que espera; olvidado, un alma que perdona; destruido, un corazón que llora.*

**Proverbio hindú**

*Para viajar lejos, no hay mejor barco que un libro.*

**Emily Dickinson**

## Bibliografía

- Bondi, A.A. (1988). Nutrición Animal. 41a edición. Editorial Acribia Zaragoza-España.
- National Research Council (2021). Nutrient Requirements of Dairy Cattle: National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Eighth Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25806>.
- Preston, T.R., & Murgueitio, E. (1992). Strategy for sustainable livestock production in the tropics. Strategy for sustainable livestock production in the tropics.
- Taiz, L., & Zieger, E. (1998). Plant Plant Physiology 2nd ed. Sinaeur Associates. Inc. Pub. Sunderland.
- Wedin, W.F., Hodgson, H.J., & Jacobson, N.L. (1975). Utilizing plant and animal resources in producing human food. Journal of Animal Science, 41(2), 667-686.

## Referencias en páginas web

- <https://www.statista.com/statistics/194935/quantity-of-milk-produced-per-cow-in-the-us-since-1999/>
- [https://downloads.usda.library.cornell.edu/usdaesmis/files/cz30ps66x/hm50tw144/cn69m718j/milk-cowest\\_Milk\\_Cows\\_and\\_Production\\_-\\_Final\\_Estimates\\_\\_2008-12.pdf](https://downloads.usda.library.cornell.edu/usdaesmis/files/cz30ps66x/hm50tw144/cn69m718j/milk-cowest_Milk_Cows_and_Production_-_Final_Estimates__2008-12.pdf)
- <https://www.nationalchickencouncil.org/about-the-industry/statistics/u-s-broiler-performance/>
- FAO <https://www.foodsystemsdashboard.org>
- GSI Informe de sustentabilidad de Global Salmon Initiative. [https://globalsalmoninitiative.org/files/documents/GSI-Sustainability-Report-Infographic\\_SPANISH\\_FINAL\\_2019.pdf](https://globalsalmoninitiative.org/files/documents/GSI-Sustainability-Report-Infographic_SPANISH_FINAL_2019.pdf)
- [http://www.fao.org/ag/againfo/home/en/news\\_archive/2017\\_More\\_Fuel\\_for\\_the\\_Food\\_Feed.html](http://www.fao.org/ag/againfo/home/en/news_archive/2017_More_Fuel_for_the_Food_Feed.html)

## Índice de tablas

- Tabla 1:** Evolución de la producción de kilogramos de leche por vaca por año para vacas lecheras desde el año 1930 al año 2018; y la producción de kilogramos de pollo parrillero y su relación con los kilogramos de alimento consumido y el tiempo transcurrido para lograr esa producción entre los años 1930 y 2018 (Statista-USDA; NCC 2008).
- Tabla 2:** Conversión de alimentos en productos animales comestibles (Bondi 1988),
- Tabla 3:** Consumos de alimento por animales en producción, expresados en múltiplos de las necesidades de mantenimiento (Biondi 1998).
- Tabla 4:** Contenido de lisina, metionina y triptofano del maíz común y los maíces con genes opaco 2 y floury 2.
- Tabla 5:** Progresos en la crianza de los pollos parrilleros, relación entre las semanas de crianza, los kilogramos de alimento utilizados, el peso del pollo en kilogramos y el índice de conversión logrado.

## Índice de figuras

**Figura 1:** Índices de conversión de kilogramos de alimento consumido(pienso) por kilogramo logrado según distintas producciones (GSI 2019).

**Figura 2:** Las cuatro bases de la producción animal (genética, manejo, sanidad y alimentación) encuadradas en un medio ambiente determinado.

## Glosario, terminología y vocabulario técnico utilizado en alimentación

A fin de tener un entendimiento respecto de la terminología usada en alimentación, definiremos los términos que constituirán nuestro lenguaje. Estas definiciones cubren la clasificación de alimentos, definiciones de procedimientos o procesos utilizados en la obtención de subproductos y formas físicas de alimentos. El objetivo es tener un lugar de fácil acceso y uniformidad de criterio en la terminología de los conceptos abordados. También, para facilitar la comprensión de publicaciones técnicas en idioma inglés, que suelen ser las más consultadas, se acompaña el correspondiente nombre en ese idioma.

Es menester aclarar que no existe todavía una norma oficial para estas definiciones como podrían ser las normas IRAM, para otras industrias. En la industria local de alimentos balanceados, se usan estas definiciones tomadas de los países pioneros en esta especialidad.

Estas definiciones han sido probadas durante varias décadas y seguramente se habrán de adoptar oficialmente el día que se decida la implantación local de normas respecto de la terminología a usar.

El origen de estas definiciones, traducidas del idioma inglés, proviene de los términos usados por la Association of American feed control officials (AAFCO) (Asociación oficial Norteamericana de control de alimentos) de su Diccionario de términos de alimentos e ingredientes (<https://www.aafco.org>). También utilizadas por American feed manufacturers association, AFMA (Asociación Norteamericana de fabricantes de alimentos balanceados) y por Food and Drug Administration, FDA (Administración de drogas y alimentos), oficina estatal de los EE. UU., de influencia en el resto del mundo, que tiene por misión, entre otras actividades, la aprobación para el uso de toda medicación para la prevención y cura de las enfermedades.

Estas fueron las organizaciones que formularon las definiciones que hoy, de hecho, en la práctica, se han adoptado universalmente en el léxico de esta materia.

**ALIMENTO (FEED O FEEDSTUFF):** substancia comestible, que es consumida por los animales y que contribuye con energía y/o nutrientes a su dieta. El maíz, por ejemplo, es un alimento. El término “feed”, en inglés (alimentos), corresponde al plural de “food”(alimento), cuando se mencionan haciendo referencia a los alimentos para la especie humana pero la costumbre ha llevado a que los alimentos para animales se denominen “feed”(en singular) y “feeds”, al mencionarlos en plural. Pero la complicación continúa ya que se habla de dog food y cat food, al identificar alimentos para perros y para gatos. ¿Será porque se trata de animales de compañía? La costumbre ha impuesto estas denominaciones.

**INGREDIENTE (INGREDIENT):** cualquier substancia o compuesto que integra la ración; o cada uno de los materiales que integran la fórmula alimenticia. Por ejemplo: la sal común es un ingrediente que aporta los nutrientes sodio y cloro y es un alimento. El

aminoácido metionina DL sintético es un ingrediente y aporta tres nutrientes: metionina, azufre y proteína. La bentonita es un ingrediente y no es un alimento porque no aporta energía y nutrientes, es un aglomerante que cumple otra función, la de permitir la aglomeración de la ración facilitando la compactación de los comprimidos.

**NUTRIENTE (NUTRIENT):** cualquier constituyente del alimento que contribuye a mantener la vida animal, que puede ser utilizado por el animal (Mc Donald *et al.* 2002). Según Morrison 1959, es cualquier constituyente del alimento o grupo de constituyentes del alimento, de la misma composición química general, que contribuyen a soportar la vida animal. Por ejemplo, el cloro y sodio: nutrientes del ingrediente sal, pero también, habrá por ejemplo, algo del nutriente sodio en otros alimentos. La metionina DL 99 % (ya mencionada), es un ingrediente que aporta tres nutrientes: metionina, proteínas y azufre. El carbonato de calcio en cambio, aporta sólo el nutriente calcio.

Se debe dar un sentido más amplio al término “nutriente” ya que actualmente deben incluir sustancias que no son de origen alimenticio (vitaminas sintéticas, sales minerales, preparadas químicamente o aminoácidos sintetizados). Lo consumido por el animal en término de productos es, de menor importancia que la cantidad y la combinación de los nutrientes suplidos por la ración.

No se sabe con seguridad todavía que la lista de los nutrientes conocidos presentes en los alimentos o en los tejidos animales representen una lista completa de las necesidades del cuerpo animal. A los efectos prácticos se conocen cuáles son la mayoría de los nutrientes, existe información relevante sobre la mayoría de ellos, de modo que se conocen sus funciones generales y, en consecuencia, el por qué deben suplirse a los animales.

El criterio para juzgar una ración o una dieta, aceptable nutricionalmente, debe basarse en la adecuación y balance de sus nutrientes disponibles más que en las fuentes de los nutrientes (sus portadores) utilizados. Por ejemplo: el balance de los aminoácidos sería lo importante; no si este balance se logra suministrando proteínas vegetales o animales (atención con los factores antinutricionales que puedan estar presentes en los distintos alimentos y pueden afectar este balance).

Los animales no requieren ingredientes. Los ingredientes que se utilicen en el armado de una ración son vehículos de los nutrientes y de la energía potencial que debemos suplir para lograr una dieta satisfactoria. No hay ingredientes o alimentos nutricionalmente completos en sí mismos o balanceados a las necesidades de una determinada especie y muchos alimentos contienen factores antinutricionales que pueden interferir con la disponibilidad de los nutrientes, o pueden ser tóxicos, lo que obliga a limitar sus usos en las dietas. Como ejemplo, la harina de algodón es un buen alimento pero la presencia de gossipol (un pigmento polifenólico que es tóxico para monogástricos y rumiantes a determinados niveles) hace que deba limitarse su incorporación a un nivel que permita al animal eliminar ese gossipol sin intoxicarse y aprovechar, al mismo tiempo, los nutrientes útiles que aporta (Crampton & Harris 1969; McDonald 2002).

**ADITIVO (ADDITIVE):** es un ingrediente o combinación de ingredientes agregados a la dieta básica o a parte de ella para satisfacer una necesidad específica. Es ordinariamente usado en cantidades muy chicas (miligramos o gramos por tonelada), y requiere una cuidadosa manipulación y mezclado. Ejemplo: un extracto natural del quebracho colo-

rado (*Schinopsis lorentzii*) cuya dosis dependiendo la especie y la fisiología del animal podría ser de 0.5 a 2 kg por tonelada.

**ANTIBIÓTICOS (ANTIBIOTICS):** son una clase de droga, generalmente sintetizados por microorganismos y, en adecuada concentración en la ración, inhiben el crecimiento de otros microorganismos. Ejemplos: Clorotetraciclina, Tetraciclina, Penicilina, Oleandomicina, etc., etc. Este tipo de ingrediente se ha dejado de utilizar como preventivo en numerosos países, quedando su uso exclusivamente con fines terapéuticos.

**ALIMENTOS (FEED (S), FEEDSTUFFS):** materiales o sustancias comestibles que son consumidas por los animales y que contribuyen con energía y nutrientes a sus dietas. Ej.: avena en grano, o verdeo de avena, sorgo en grano o silaje de sorgo, entre otros.

**ALIMENTO BALANCEADO O COMPLETO (COMPLETE FEED):** corresponde a una ración nutricionalmente adecuada para los animales. Los alimentos completos son capaces de mantener la vida y/o promover la producción, sin ser necesaria la adición de otras sustancias alimenticia excepto agua (para aves y cerdos, por ejemplo).

**ALIMENTO DE MARCA (BRANDED FEED):** es un alimento comercial identificado con una marca de su fabricante.

**ALIMENTOS COMERCIALES (COMMERCIAL FEEDS):** son todo material comercializado con el fin de ser usado como alimento o para ser mezclado con otros alimentos, para animales (no para el hombre). También son definidos como alimentos comerciales, todos los materiales que son distribuidos para su uso como alimento o para ser mezclados en alimentos para animales excepto las semillas no mezcladas, enteras, o procesadas directamente de las semillas enteras; excepto también el heno no molido, paja, silo, marlos, material de rastrojos y cáscaras de granos cuando no están mezclados con otros materiales; excepto también compuestos químicos tomados individualmente cuando no están mezclados con otros materiales. Estos tienen sus propias identificaciones.

**ALIMENTO FORMULADO (FORMULA FEED, O FEED MIXTURE):** dos o más ingredientes alimenticios dosificados, mezclados y procesados de acuerdo a especificaciones. Por ejemplo: una ración para toros en una cabaña.

**ALIMENTO FORMULADO A PEDIDO (CUSTOMER FORMULA FEED, COSTUM MIX, CUSTOM FEED):** es un alimento formulado (una ración), producido/a para una determinada orden o pedido y de acuerdo con las instrucciones y especificaciones del que hizo el pedido (a fasón).

**ALIMENTO FORMULADO COMERCIAL (COMMERCIAL FORMULA FEED, PREPARED FEED, MANUFACTURED FEED, COMMERCIAL PREPARED FEED):** es una fórmula alimenticia procesada según las especificaciones del fabricante.

**ALIMENTO MEDICADO (MEDICATED FEED):** alimento que contiene una o más drogas (en un nivel terapéutico, curativo o preventivo de enfermedades). Por ejemplo: un alimento para vacunos en feedlot con monensina, genera un efecto negativo sobre las bacterias gram positivas del rumen mejorando la eficiencia de conversión y el pH ruminal.

**AUTOALIMENTACIÓN (SELF FEEDING, SELF FED):** sistema de alimentación donde los animales tienen permanentemente acceso a un alimento o a una ración (engorde a corral o “feed lots”).

**CONCENTRADO (CONCENTRATE):** es un término que ha sido usado indistintamente con el de suplemento (supplement): es un alimento utilizado para mejorar el balance de nutrientes de la ración total que en poco volumen aporta gran cantidad de al menos algún nutriente. Por ejemplo, el grano de cereal en poco volumen, el de un grano, aporta un gran contenido de almidón, un hidrato de carbono (nutriente) de rápido aprovechamiento que aporta gran cantidad de energía y cadenas carbonadas. Estos granos de cereal son concentrados energéticos. Estos concentrados acompañan otros alimentos en una ración para que sea balanceada. Para citar otro ejemplo, la harina de soja (concentrado proteico) usada con grano de maíz (concentrado energético) para mejorar su balance de aminoácidos en la alimentación de cerdos. En la identificación de alimentos comerciales, el término “concentrado”, tiene un significado algo distinto aunque en el fondo cumple una función similar. El concentrado comercial es una combinación de alimentos (y a veces de aditivos) con miras a completar los aportes faltantes en los granos principalmente (proteínas, vitaminas, minerales y los aditivos correspondientes). La diferencia está en el hecho de ser, el concentrado comercial, una combinación de alimentos y no uno sólo como en el caso de la definición neta de “concentrado” (de la clasificación de alimentos en base a su contenido de proteínas) frente a la del concentrado comercial.

**DIETA (DIET):** alimento o mezcla de alimentos incluyendo el agua que son consumidos por los animales y que cubre las necesidades completas de nutrientes, cada día. En nuestra interpretación local, “dieta” es todo el alimento, incluyendo el agua, que un animal recibe cada 24 horas. En un rumiante, incluye el forraje más la suplementación (desde un alimento individual, un grano, hasta una ración) que pueda necesitar según el tipo de producción, más o menos intensiva (y las posibilidades económicas de la explotación).

**DILUYENTE (DILUENT):** sustancia comestible o inerte, usada para mezclar con nutrientes y reducir la concentración de los mismos y/o de los aditivos para hacerlos más aceptables a los animales, más seguros de usar (evitando el peligro de una concentración tóxica) y más fáciles de pesar. Por ejemplo, facilita la incorporación de 15 miligramos de vitamina B12 en una tonelada de alimento la utilización de un “diluyente” tal que pesando (por ejemplo) 0,5kg del mismo, contenga los 15 mg de la vitamina para incorporar en cada tonelada de ración. Por la descripción se deduce que el diluyente puede ser un vehículo o excipiente (carrier).

**DISCRECIÓN, ALIMENTO A, O ALIMENTO A VOLUNTAD (FREE CHOICE O AD LIBITUM):** sistema de alimentación por el cual a los animales les es permitido acceso irrestricto a componentes separados o agrupados constituyendo la dieta. Por ejemplo.: una oferta sin restricción de rollo de alfalfa a vacunos en campo con insuficiente pasto para satisfacer sus necesidades nutricionales o una ración a discreción para cerdos en terminación.

**DROGAS (DRUGS):** sustancia utilizada con las siguientes finalidades: diagnosticar, curar, mitigar, tratar o prevenir una enfermedad (por ejemplo: ivermectina principio activo de un antiparasitario de uso animal: bovinos, ovinos).

**EMULSIONANTE (EMULSIFIER):** material capaz de hacer que la grasa o el aceite, se mantengan en suspensión en un líquido. Se usan en los sustitutos lácteos para hacer una buena suspensión de la materia grasa una vez incorporados en agua para suministrarlos líquidos, en lugar de leche materna. La lecitina es un emulsionante.

**EVAPORADO (EVAPORATED, EVAPORATING):** proceso para reducir un alimento a una forma más densa, concentrada, por evaporación o destilación. Por ejemplo: la evaporación del agua sobrante en los líquidos provenientes del procesado del pescado crudo al separarle los aceites. Los productos de las condensaciones se llaman “solubles de pescado”.

**EXPANDIDO, EXTRUSADO (EXPANDED, EXPANDING, EXTRUDED):** proceso por el cual una mezcla de alimentos, o un alimento individualmente, es sometido a presión, temperatura y humedad para gelatinizar la porción almidón. Cuando el material es extrusado, su volumen aumenta debido a la abrupta disminución de presión al ser expelido del extrusor. Por ejemplo: los alimentos comerciales, secos, para mascotas (perros y gatos por ejemplo) son en su mayoría extrusados.

**EXTRAÍDO MECÁNICAMENTE (MECHANICALLY EXTRACTED):** material que ha sufrido la remoción del aceite o de la grasa por calor y presión mecánica. Nombres similares: “expellers”, extracción por presión continua. Por ejemplo: expeller de lino. También se los llama “torta” cuando la extracción es con presión discontinua: torta de lino, en este caso.

**EXTRACCIÓN POR SOLVENTE (SOLVENT EXTRACTED):** material al que se le extrajo la grasa o el aceite por solventes orgánicos (hexano). Por ejemplo: la harina de soja. (el término “harina “, identifica los materiales vegetales tratados por solventes orgánicos para extraerles el aceite y es corriente esta denominación en los subproductos de las semillas oleaginosas (harinas de soja, girasol, maní, algodón, nabo, canola, cártamo, etc.)) y aunque se presenten en comprimidos siguen llamándose harinas.

**INGREDIENTE (INGREDIENT, FEED INGREDIENT, FEEDSTUFF):** es cada uno de los materiales constituyentes de la fórmula alimenticia, que cumple una función útil (nutricional o no: un antioxidante, por ejemplo, no cumple una función nutricional pero es un ingrediente de la fórmula). La mayoría de los ingredientes proveen una fuente de uno o más nutrientes, pero algunos ingredientes pueden ser incluidos para proveer volumen, emulsionar las grasas, proveer sabor, color u otros factores relacionados con la aceptabilidad de la ración más que como nutriente.

**MICROINGREDIENTE (MICROINGREDIENT):** son vitaminas, minerales y otros materiales normalmente requeridos y medidos en gramos, miligramos, microgramos o partes por millón. Por ejemplo: manganeso: 50 gramos por tonelada o 50 partes por millón.

**PREMEZCLA (PREMIX):** combinación uniforme de uno o más microingredientes con diluyente o vehículo, utilizado para facilitar la dispersión uniforme de esos microingredientes en una mezcla de ingredientes que se utilizan en mayor proporción.

**RACIÓN (RATION):** cantidad total de alimento que es provista a un animal en un período de 24 horas. En la interpretación local, la ración, es la mezcla de alimentos que se usa para suplementar el forraje en rumiantes y herbívoros o la alimentación típica de aves y cerdos a base de concentrados. La diferencia entre ración y dieta es la provisión de agua necesaria para las necesidades diarias (ver dieta). En la ración pueden incluirse alimentos húmedos que salen así como subproductos de un proceso industrial: gluten feed húmedo, burlanda húmeda, hez de malta con su humedad.

**MINERALES TRAZAS, MICROMINERALES (TRACE MINERALS, MICROMINERALS):**

nutrientes minerales requeridos por los animales sólo en cantidades muy pequeñas (mg., ppm.): ej. zinc, manganeso, selenio, etc..

**VEHÍCULO, EXCIPIENTE (CARRIER):** es un material, alimenticio o inerte, al que se agregan microingredientes con el fin de facilitar su incorporación en forma uniforme en los alimentos. A veces cambiando sus características físicas (como es el caso de la incorporación de Colina líquida en un vehículo seco: un afrechillo de trigo por ejemplo). A veces puede ser incluso un mineral el vehículo: el carbonato de calcio, se utiliza como vehículo de minerales trazas. Otro ejemplo de vehículo sería cuando las partículas activas (vitaminas A, D, E, C y otras son cubiertas por el vehículo) formando una protección de modo que físicamente sirve de transporte de las vitaminas así protegidas.

**VITAMINAS (VITAMINS):** son nutrientes, son compuestos orgánicos que funcionan como parte de sistemas enzimáticos, esenciales para la transmisión de la energía y la regulación del metabolismo del cuerpo. Algunas deben ser suplidas preformadas a algunos animales (por ejemplo: vitamina E a las aves), otras pueden ser sintetizadas en el organismo (por ejemplo: vitamina K en el intestino del cerdo) y otras pueden ser formadas por la flora ruminal y posteriormente utilizadas por el animal huésped (por ejemplo: vitaminas del grupo B en los rumiantes).

**Términos usados en la preparación de alimentos balanceados comerciales**

**ACONDICIONAR (TO CONDITION, CONDITIONING, TAMBIÉN: TEMPERING):** obtener una predeterminada humedad y/o temperatura de un ingrediente o mezcla de ingredientes en preparación a un proceso posterior. Por ejemplo, el tratamiento por calor, previo a la preparación de comprimidos de alimentos o de las semillas oleaginosas previo a la extracción del aceite.

**ASPIRACIÓN (ASPIRATION):** separación de materiales polvorientos por medio del aire.

**BLOQUE (BLOCK):** aglomeración de un ingrediente individual o de una mezcla de ingredientes en una masa sólida con cohesión suficiente como para mantener su forma, por medio de una máquina a pistón hidráulico o sistema similar. Una medida típica de un bloque suele ser de 25cm. x 25cm de base x 40cm. de altura. Los hay de otras medidas mayores. Ejemplo: bloque de sal.

**COCINAR (TO COOK, COOKING, COOKED):** utilización de calor en presencia de humedad para alterar una característica química o física del alimento, o para esterilizar un ingrediente o una mezcla. Por ejemplo, tostado del poroto de soja para destruir el factor antinutricional o antitripsina.

**COMPRIMIR (TO PELLET), COMPRIMIDO (PELLET):** aglomerar alimentos (previamente humedecidos con vapor de agua) por compresión, forzándolos a través de los orificios de una matriz.

**CUBOS (WAFFERS):** aglomeración de alimentos de naturaleza fibrosa por compresión a una forma con diámetro o sección del corte ordinariamente más grande que el espesor o el largo del cubo. El ejemplo más habitual son los cubos de alfalfa (de alrededor de 4 o 5 cm de lado).

- DESCASCARAR (TO DEHULL, DEHULLING, DEHULLED):** remoción de las cáscaras o coberturas externas de granos intactos y de semillas. Se descascara la semilla de avena para alimentos especiales.
- DESHIDRATAR (TO DEHYDRATE, DEHYDRATING):** reducción de la humedad por métodos térmicos. La alfalfa deshidratada es un ejemplo de este proceso.
- DESPUNTAR (TO CLIP, CLIPPING, CLIPPED):** separación de las puntas de granos enteros (avena, cebada, para caballos, principalmente).
- DOSIFICACIÓN (PROPORTIONING):** medición de las cantidades de los ingredientes para una fórmula de alimento ya sea por método gravimétrico o volumétrico previo a su mezclado.
- ENFRIADO (COOLING, COOLED):** proceso utilizado para reducir la temperatura por movimiento de aire (ventilación). Generalmente se lo combina simultáneamente con el proceso de secado (acción deshidratante). Por ejemplo, el secado de los comprimidos luego de salir de la prensa, estando calientes y húmedos al salir.
- LIMPIEZA (CLEANING, CLEANED):** extracción de materiales extraños por métodos como: raspado, aspiración, ventilación, separación por magneto, imán (de metales) u otro método (zarandas, cernidores).
- MEZCLAR (MIXING):** combinar por agitación dos o más materiales hasta un grado específico de dispersión.
- MOLER (TO GRIND); MOLIDO (GROUND):** reducción de tamaño de partícula por impacto o rotura. Es el caso de la molienda con molino a martillos, el más común en el campo.
- PICAR (TO CHOP, CHOPING, CHOPPED):** reducción del tamaño de partículas, mediante el corte con cuchillas u otros instrumentos filosos. Por ejemplo es el proceso que sufre el pasto que va a ser ensilado.
- PREMEZCLA (PREMIX):** mezclado preliminar de microingredientes (medidos en gramos o fracciones de gramo, minerales trazas, por ejemplo, por kilogramo de alimento) con diluyentes y/o vehículos para incorporarlos después a una mezcla final con los macroingredientes (éstos medidos en kilogramos o cantidades mayores por tonelada de alimento).
- QUEBRADO (CRACKING, CRACKED):** reducción del tamaño de partículas por un efecto combinado de rotura y aplastamiento. Por ejemplo: el efecto del quebrado de granos en un molino a “rolos”.
- REMOLIDO O MIGAS (CRUMBLES, CRUMBLING, CRUMBLER):** comprimidos reducidos a tamaño menor por aplastamiento que resulta en pedazos más chicos. Se usa en las primeras semanas de vida de los pollos, pavos y a veces en otros animales (alevinos de peces).
- RIZADO (CRIMPING, CRIMPED):** proceso de aplastamiento de granos, usando rolos corrugados sobre granos acondicionados (por calor y humedad) que produce un aplastamiento y rizado. Se usan preferentemente para caballos y vacunos (granos de avena y cebada).
- ROLAR O ARROLLAR (TO ROL, ROLLING, ROLLED; TAMBIÉN CRUSHING, CRUSHED):** cambiar la forma o tamaño de partículas por compresión entre rolos. Puede estar precedido por acondicionamiento del grano y se forman copos (flakes). La avena y el maíz son granos que frecuentemente se rolan o arrollan para producir copos.

**SEPARACIÓN (SEPARATING):** clasificación de partículas por forma, tamaño y/o densidad. Por ejemplo, el “caracol”, usado para la limpieza de semilla de lino separándolas de las semillas de nabo silvestre y de otras malezas. Separa granos de distintas formas como nabo (redondas), de lino (alargadas) que en el “caracol” se van separando al ir deslizándose por el mismo.

**SEPARADOR MAGNÉTICO (MAGNETIC SEPARATION):** remoción de partículas de hierro por medio de magnetos: se colocan preferentemente antes del acceso de los granos a la zona de molienda, también antes de las prensas que comprimen alimentos o subproductos oleaginosos. Se protegen así las partes metálicas.

**TORTA (CAKE):** compactación de una masa resultado de la presión, de restos de carne, pescado o de semillas oleaginosas para la remoción de grasa o aceite u otros líquidos por presión hidráulica discontinua.

**VAPORIZAR (TO STEAM):** tratamiento de ingredientes con vapor de agua para lograr la alteración de ciertas propiedades físicas o químicas. Se usa en la cámara que antecede a una prensa de comprimir alimento o ingredientes varios (las harinas de semillas oleaginosas, por ejemplo). También en los casos de “cocción” de las semillas oleaginosas previo a la extracción de aceite. Términos similares: cocinado al vapor (steam cooking, steam rendering).

**ZARANDEAR (TO SCREEN):** separar varios tamaños de partículas mediante el paso a través de/o sobre zarandas o cribas.

## Bibliografía

- Crampton, E.W. & L.E. Harris; (1969); Applied Animal Nutrition, The Use of Feedstuffs in the Formulation of Livestock Rations; W.H. Freeman and Company; U.S.A.  
McDonald, P. (2002). *Animal nutrition*. Pearson Education India.  
Morrison, F.B. (1959); Feed and Feeding, A Handbook for the Student and Stockman; Clinton Iowa The Morrison Publishing Company; U.S.A.

## Referencias en páginas web

<https://www.aafco.org/resources/regulatory/online-database-of-ingredients/>

# TABLAS DE COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS

Las tablas de composición de los alimentos son el corazón de la formulación de las raciones. La mayoría de las decisiones se basan en las cifras de estas tablas. Son para la formulación de las raciones, como los análisis y las radiografías para los médicos o las especificaciones de los materiales a usar en cualquier profesión. El nutricionista depende como guía, de su exactitud y confiabilidad y se denominan valores típicos. Son la mejor opción cuando no se tiene un análisis químico obtenido de los alimentos a usar, por lo menos del análisis proximal (% materia seca (MS), % proteína bruta (PB), % extracto etéreo (EE), % cenizas (Cen), % fibra bruta (FB), % extractivos no nitrogenados (ENN), ya que no es práctico para la actividad (ni posible desde el punto de vista económico) el recurrir a análisis más completos como los de los aminoácidos, las vitaminas y minerales (excepto calcio y fósforo).

El valor de las tablas de composición como guías confiables para formular depende de:

- Adecuada descripción del alimento en cuestión para asegurar que el análisis corresponda al alimento usado.
- Datos confiables de las fuentes más recientes con muchos valores individuales para poder llegar a un buen valor promedio.
- Inclusión de todos los nutrientes que puedan estar en consideración en la formulación.
- Información sobre la digestibilidad específica para la especie animal para la que se quiere formular.
- Un formato que permita el fácil acceso a la información que hace falta.
- Reconocimiento de todos los recientes avances en nutrición de modo que puedan ser incorporados en los programas de formulación de alimentos.

Existen numerosas tablas de composición de alimentos que cumplen con algunos o con la totalidad de los puntos mencionados anteriormente que es posible consultar para obtener información de los distintos alimentos a utilizar en la formulación de raciones. En la actualidad los distintos programas / software / aplicaciones que se utilizan en la formulación de raciones cuentan con las tablas de composición de alimentos ya cargadas o permiten cargar los datos utilizando las tablas con los ingredientes propios mas adecuados al país donde se utilicen.

El Consejo Nacional de Investigación (NRC: National Research Council) de Estados Unidos de América (EE. UU.), ha preparado una enciclopedia con la composición de los alimentos para ser utilizada tanto por la industria alimenticia como por productores y profesionales que utilizaremos como base para la fundamentación de este tema.

## Denominación y clasificación de alimentos

El primer trabajo del NRC fue establecer un sistema de denominación de modo que su origen y forma fueran claros (no ambiguos). Hace clara la identificación y facilita el control de calidad de los procesos, las regulaciones e intercambios nacionales e internacionales. Utiliza un sistema de “Componentes”.

Hay 8 posibles componentes utilizados en la denominación de cada ingrediente y, con excepción de origen y parte consumida, que están necesariamente presentes, algunos o todos los otros pueden ser usados en el nombre de un alimento específico.

Alimento	Trébol
1* Origen:	vegetal
2* Variedad:	rojo
3* Parte consumida:	heno
4* Proceso:	curado al sol (proceso o tratamiento)
5* Madurez:	floración temprana
6* Corte (o cosecha):	primer corte
7* Grado o calidad:	min.17 % Prot., máx.27 % Fibra
8* Clasificación:	(1)

**Tabla 1:** Componentes de la denominación de los alimentos.

Estos componentes describen la naturaleza morfológica y/o física de cada alimento

1* Origen:	animal
3* Parte consumida:	plumas
4* Proceso:	deshidratado, molido
8* Clasificación:	(5)

**Tabla 2:** Otro ejemplo de los componentes utilizados en la denominación de los alimentos.

El nombre se escribe, generalmente en forma lineal con los componentes separados por comas:

Primer ejemplo: Trébol, rojo, heno, curado al sol, floración temprana, primer corte, mínimo: 17 % Prot., máximo: 27 % Fibra: (1) y segundo ejemplo: Harina de plumas: “Animal, plumas, deshidratado, molido, (5).

En la tabulación (1) y (5), de los componentes, los alimentos del mismo origen y de la misma especie, variedad o clase, se clasificaron en 8 “Clases” de alimentos que se definen más adelante.

TABLAS DE COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS

Alimento	alfalfa	maíz	soja
Origen	vegetal	vegetal	vegetal
variedad	-	amarillo	-
parte consumida	planta	grano	semilla
proceso	henificado-curado al sol	molido	extracción por solvente.
madurez	floración. temprana.	-	-
corte o cosecha	-	-	-
grado o calidad	-	-	mínimo: 44 % Prot.
clase (clasificación)	(1)	(4)	(5)

**Tabla 3:** Comparación de algunos componentes del nombre de distintos alimentos.

El concepto final es el “código de clasificación de alimentos”.

Los alimentos con **más de 18 % de fibra cruda sobre materia seca**, son conocidos como **Forrajes** (corresponden a los códigos de grupos 1,2 y 3) y los que tienen menos de **18 % de fibra y más de 20 % de proteínas**, son clasificados como: **concentrados proteicos** (corresponden al código 5: suplementos proteicos del listado anterior).

Los alimentos con menos de **18 % de fibra y menos de 20 % de proteínas** son clasificados como: **concentrados energéticos** (corresponden al código 4: Alimentos Energéticos del ya citado listado anterior).

En la Tabla 4 se observa que cada alimento tiene un Número (de 6 dígitos) de identificación, este es el número internacional del alimento (en inglés IFN international feed number). Este número se encuentra encabezado por el número de clase o grupo al que pertenece, esto facilita la identificación y relaciona un alimento con otros.

Esta es sólo una guía útil y existen numerosas excepciones que no obstante no le quitan valor didáctico y cada alimento tiene un número que encabeza varios otros números más que lo identifican, salvando con esto las diferencias de denominación que un mismo alimento tiene en los distintos países aún en los que se habla el mismo idioma. Ej.: la harina de girasol, en Chile se lo llama harina de flor de maravilla; pero ambas tienen la misma identificación numérica (5-04-739) para todo el mundo.

Lo mismo pasa con la harina de maní en nuestro país y harina de cacahuets en Méjico, identificación numérica (5-03-650). Otros ejemplos, de muchos más que hay: papas y patatas; batatas y boñatos; afrecho y salvado.

También en los otros idiomas existen diferentes nombres para un mismo alimento en otros tantos países: la alfalfa es alfalfa en EE. UU. y lucerne en Inglaterra; el maní es peanuts en EE. UU. y ground nut (también la llaman monkey nut) en Inglaterra (identificación numérica: 1-00-059 para alfalfa (heno) y 5-03-650 para maní (harina), respectivamente).

Y quizá el más llamativo “maize” para maíz, en el Reino Unido y “corn” para los norteamericanos. Los británicos usan el término “corn” para identificar otros granos, como el de cebada, por ejemplo. La mención de estos nombres es para alertar al lector de fuentes de literatura técnica de distintos orígenes. El IFN (international feed number o número internacional del alimento) aclara estas diferencias.

Con hacer referencia a la identificación numérica se puede usar en cada país el nombre local y buscar, con el número de código, el análisis del mismo alimento en

otros países. Así se reducen los riesgos de errores al comparar distintas fuentes de información

Existen alrededor de 6.000 alimentos identificados con sus respectivos números y la información para recopilar análisis de los distintos alimentos se hizo en universidades, agencias de gobierno, laboratorios comerciales y literatura publicada sobre nutrición.

Un número de alimentos identificados tan alto como 6.000 surge de tener en cuenta todas las posibles fracciones de una misma planta o de distintos procesos de un mismo alimento (un grano, por ejemplo) que puedan dar lugar a diferentes análisis. Tomemos como ejemplo al maíz. Los posibles alimentos derivados del maíz estarán en el grupo encabezado por MAIZ o CORN (dependiendo del idioma de la tabla), después indicará el tipo de maíz, por ejemplo, DENTADO AMARILLO, luego el nombre científico en latín: "*Zea mays indentata*", prescindiendo, para este ejemplo, de la parte numérica serán:

MAIZ DENTADO AMARILLO *Zea mays indentata*  
 parte aérea con mazorcas, curada al sol (forraje: fodder)  
 parte aérea sin mazorcas, sin chalas, curada al sol (rastrojo: stover)  
 mazorco molido (corn cob)  
 granos de destilería, deshidratados  
 gluten, harina (gluten meal)  
 gluten con afrecho (gluten feed)  
 grano, grado 2 69.5 kg/hl  
 ensilaje varios tipos (corn silage)  
 y se podrían seguir nombrando alimentos, todos derivados originalmente del maíz.

Para resumir, las tablas muestran el nombre del alimento, la media de la concentración de los nutrientes analizados, el número de muestras analizadas y el desvío estándar (DE). Esto se debe a que tanto las variedades empleadas, las condiciones climáticas, tipo y fertilidad del suelo, métodos de procesamiento utilizados, condiciones de almacenamiento, técnica de muestreo utilizada, entre otros, influyen sobre la concentración presente de los nutrientes, y un promedio sin la estimación de la variación normal tendría un valor limitado. Los datos suministrados en las tablas sirven también para ayudar a los asesores y productores para evaluar si los datos de sus propios alimentos se encuentran dentro de los rangos de parámetros normales. Cuanto mayor es el número de muestras analizadas mejor será la exactitud del valor de la tabla (NRC 2000).

El desvío estándar (DE) es una estimación de la variación existente entre las muestras del mismo alimento. Por ejemplo, 5.883 muestras de heno de alfalfa tenían una concentración media de proteínas de 18,61 % y un DE de 2,84. Esto significa que el 66,6 % de las muestras de alfalfa analizadas tenían una concentración de proteína cruda entre 15,77 y 21,45 por ciento (media  $\pm$  1 DE) y el 95 por ciento de las muestras estaban entre 12,93 y 24,29 por ciento (media  $\pm$  2 DE). La concentración de nutrientes varía para muchos alimentos, pero si el valor de DE para una muestra individual es mayor que 2 DE de la media, se recomienda verificar ese valor.

## TABLAS DE COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS

Actualmente aparte de poder tener acceso a las tablas en formato papel y en versión *on line*, existen programas generados por el NRC que se pueden utilizar en casi cualquier sistema informático para ayudar a compilar, editar, elegir y presentar los datos en forma clara y ordenada permitiendo actualizar los datos para mantener las tablas al día.

Las tablas presentan datos de acuerdo con su relevancia en la producción a la cual apuntan, por ejemplo, en las tablas para bovinos de carne se informan respecto a proteínas el % de proteína bruta (PB) y el % de proteína no degradable en rumen, en cambio en las tablas para aves respecto a proteínas se informan el % de PB y también el % de los distintos aminoácidos.

Se pueden encontrar datos respecto a la composición proximal: proteínas, lípidos, cenizas, distintas fracciones de hidratos de carbono, lignina, valores energéticos, minerales, vitaminas y varios otros nutrientes (aminoácidos, ácidos grasos, almidón) según de qué alimento se trate, como así también algunos compuestos tóxicos que pudieran contener.

Respecto a la energía, además de presentar el contenido del total de los nutrientes digestibles (TND), se encuentran los valores de las energías digestible (ED), metabolizable (EM) y neta (EN) de mantenimiento (ENm) y de producción o ganancia (ENp), que se usan cada vez más en reemplazo de los valores de TND.

Los datos se expresan como alimento tomado “tal cual” (ATC) (o “as fed”) es decir con la humedad que tienen y también “sobre base materia seca (MS)” (Dry matter basis: DM), es decir considerando al alimento despojado de toda su humedad.

Los datos “sobre materia seca” o “libre de humedad” (“moisture free”) hacen el cálculo del costo por energía y nutriente más fácil y permiten comparaciones de valores alimenticios más exactas aún con contenidos muy distintos de materia seca.

Los alimentos son clasificados en ocho grupos que tienen propiedades similares para ser considerados en la formulación de raciones y mezclas de alimentos. A continuación se presenta una tabla con los grupos y un ejemplo para cada caso:

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

	6 DIGITOS DE IDENTIFICACION	CONDICION DE OBTENCION (ejemplos)
<b>1. FORRAJES SECOS Y DE VOLUMEN (*)</b>		
Heno de alfalfa	1-00-059	floración temprana
<b>2. PASTURAS</b>		
Festuca ( <i>Festuca arundinacea</i> )	2-01-902	vegetativo
<b>3. SILAJES</b>		
Silaje de maíz	3-28-250	bien granado
<b>4. CONCENTRADOS ENERGETICOS (**)</b>		
Sorgo, grano	4-20-893	grano 8-10 % de proteína
<b>5. CONCENTRADOS PROTEICOS (**)</b>		
Harina de soja	5-04-604	extracción por solvente
<b>6. MINERALES</b>		
Fosfato	6-01-780	defluorinado
<b>7. VITAMINAS</b>		
Levadura de cervecería ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )	7-05-527	deshidratada
Aceite de hígado de bacalao	7-01-993	-
<b>8. ADITIVOS</b>		promotores - antibióticos - probióticos - saborizantes - medicamentos - colorantes, etc.
Lignosulfamato de calcio	8-16-028	aditivo
(*): más de 18 % de fibra cruda también suele denominarse fibra bruta (FB), obtenidos por el sistema de análisis de Wendee o más de 32 % de fibra detergente neutro (FDN), o más del 22 % de fibra detergente ácido (FDA) sobre materia seca. (**): menos de 18 % de fibra cruda o menos de 32 % de fibra detergente neutro (FDN), o menos del 22 % de fibra detergente ácido (FDA) sobre materia seca. Concentrados Energéticos: menos del 20 % de proteína; concentrados proteicos, más de 20 % de Proteína.		

**Tabla 4:** Grupos de alimentos de la tabla de composición de alimentos del National Research Council (NRC 1994, 2000, 2001).

“El objetivo final de los análisis de los alimentos es el de ser capaces de predecir la respuesta productiva de los animales cuando son alimentados con dietas de una composición dada. Esta es la razón real para informarse de la composición de los alimentos”. (Del Dr. R.L.Preston de la Universidad de Texas Tech, en Lubbock, Texas. profesor de nutrición animal e investigador en esa área)

### Ejemplo de tabla de análisis de un alimento

Avena, (Avena sativa). (Oats)

Avena, Subproducto, cereal, máximo. 4 % de Fibra (4)

IFN 4 – 03 – 309. (IFN international feed number: número internacional del alimento)  
(Algunos valores se estimaron para mostrar lo que será la tabla completa)

El (4), en el nombre del alimento, se refiere a la clase del alimento: concentrado energético

TABLAS DE COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS

Ref.N*4-03-309	Tal Cual, con su humedad	Seco	Error estándar	Número de análisis
Materia seca %	89,6	100	1,8	97
Cenizas %		3,3	0,5	94
Fibra bruta %		12	1,4	108
Extracto etéreo %		5,2	0,97	125
Fibra detergente neutro (%FDN)		29,3	7,03	54
Fibra detergente ácido (%FDA)		14,0	4,45	111
Proteína bruta (PB) (Nx6,25) %		13,6	1,59	229
Energía digestible (ED) vacunos Mcal/kg		3,4	-	-
Energía metabolizable (EM) vacunos Mcal/kg		2,78	-	-
Energía neta (ENm) mantenimiento vacunos Mcal/kg		1,85	-	-
Energía neta ganancia (ENg) vacunos Mcal/kg		1,22	-	
Total nutrientes digestibles (TND) vacunos %		77	-	4
Calcio %		0,01	-	168
Fósforo %		0,41	-	155
Magnesio %		0,16		152
Potasio %		0,51		151
Sodio %		0,02		49
Azufre %		0,21		22
Manganeso mg./ Kg.		40,3	-	141
Cobre mg/kg		8,6		131
Hierro mg/kg		94,1		132
Selenio mg/kg		0,24		32
Zinc mg/kg		40,8		144
Cobalto mg/kg		0,06		8
Molibdeno mg/kg		1,70		104

**Tabla 5:** Datos de la avena en grano de la tabla de composición de alimentos (NRC 2001).

Notar en la columna correspondiente al “Número de análisis” cómo los principales valores para juzgar un alimento se han hecho con mucha más frecuencia que los otros análisis. Los análisis hechos un mayor número de veces son los que se hacen para asegurarse de valores más confiables al usar el alimento en cuestión como una fuente más de energía y de nutrientes.

*Pero este mar es inmenso, ¡¡inmensurable...!!,  
decía un microbio a otro que estaba en la misma gota de agua.*  
**en La Nación,  
11-6-1979**

## CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Los alimentos naturales y muchos de sus subproductos derivados de varios de los procesos industriales a que pueden ser sometidos son, hablando en sentido figurado, paquetes conteniendo varios y muchas veces la mayoría de los nutrientes reconocidos y cantidades variables de energía, necesarios para los animales. Se encuentran también mezclados con materiales que no aportan valores nutritivos y que, a veces, pueden ser factores antinutritivos (por ejemplo, taninos, en sorgo o gossypol, en algodón). Lo consumido por los animales, en cuanto a los materiales en sí, es de menor importancia que la cantidad y variedad de nutrientes aportados al cuerpo por medio de las raciones hechas con esos materiales y que se les ofrecen.

Las cantidades y proporciones en que se hallan la energía y los nutrientes difieren, lógicamente, entre los alimentos y así hablando, estrictamente, no hay dos alimentos nutricionalmente idénticos. Pero en la práctica diaria de formulación de raciones, los alimentos de propiedades similares son considerados potencialmente sustituibles entre sí y se hacen cambios en las mezclas (raciones, dietas) siguiendo la disponibilidad, los cambios de precios del mercado y, hasta cierto punto, las preferencias del responsable del manejo de los animales, si éstas han sido expresadas. El costo de esas preferencias influirá en el mantenimiento de su uso. Hay casos en que también las preferencias de los animales (es el caso de perros, gatos y algún “parejero”) es tenida en cuenta. De ahí que haya en el mercado alimentos con distintos sabores para los animales de compañía o mascotas (pets, en inglés).

Es necesario entonces, establecer categorías de alimentos dentro de las cuales las sustituciones sean posibles por similitud nutricional en su composición nutritiva y aporte energético. La ubicación en una categoría de un determinado alimento del cual no conocemos lo suficiente por tratarse de una novedad en el mercado, ya nos está diciendo, en parte, que podemos esperar de él respecto de su aporte de energía, proteínas, fibra y los otros nutrientes más importantes. Si está, por ejemplo, en el Grupo o Clase 4, sabremos que estará aportando energía, principalmente y bajo porcentaje de proteínas (menos del 20 %).

Antes de continuar con la clasificación en sí, y para recordar algunos conceptos básicos respecto a las fracciones de hidratos de carbono que pueden encontrarse dentro de los alimentos de origen vegetal, anexamos el siguiente material de repaso que involucra conceptos y explicaciones sobre términos y determinaciones químicas que se mencionarán a lo largo de este texto.

Existen muchas definiciones diferentes respecto al término fibra, pero en el contexto de la alimentación, la fibra proviene de la pared celular de los tejidos vegetales. Estas paredes celulares presentan algunas características básicas que se han mantenido a lo largo de su evolución y se encuentran constituidas por un conjunto de fracciones altamente complejas y heterogéneas (Jung, 2012), que comprenden una mezcla de polisacáridos frecuentemente asociados a otros componentes, haciéndolos resistentes así a la digestión enzimática del tracto digestivo de los monogástricos, pero sirviendo como sustrato para la actividad fermentativa (Van Soest *et al.* 1991; Jung 1997, dos Anjos *et al.* 2020).

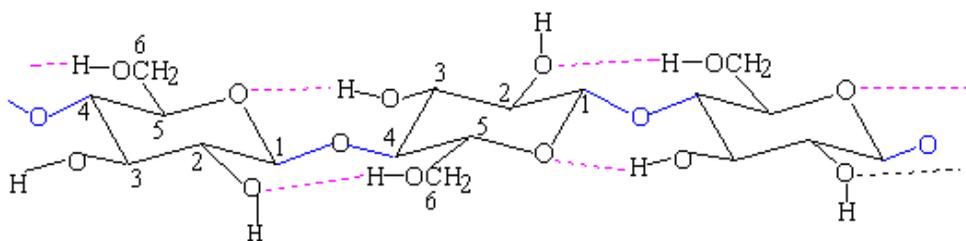
El modelo actualmente aceptado para las paredes celulares primarias de plantas vasculares es el propuesto por Carpita y Gibeaut (Carpita y Gibeaut 1993; McCann y Carpita 2008). Las paredes celulares primarias presentan grosor variable, son delgadas a gruesas, no lignificadas y dinámicas, es decir, van cambiando a medida que las células crecen y adquieren una determinada forma relacionada a sus funciones específicas (Braidwood *et*

al. 2014). Cuando dejan de crecer, puede comenzar a desarrollarse una pared secundaria (Albersheim *et al.* 2011).

Las paredes celulares primarias de las dicotiledóneas, gimnospermas y monocotiledóneas no commelinoides, comúnmente denominadas paredes Tipo I, están formadas por un dominio de microfibrillas de celulosa que forman una red tridimensional con los xiloglucanos (hemicelulosas). Este dominio está embebido en una red de pectinas, que predominan en los espacios intercelulares y la lámina media. Las paredes primarias de las Poáceas (gramíneas) y las monocotiledóneas commelinoides, comúnmente denominadas paredes Tipo II, se organizan esencialmente de la misma manera, pero tienen una alta proporción de glucuronoarabinoxilanos y (1,3; 1,4) - $\beta$  D-glucanos que predominan en la fase de la matriz de estas especies, con bajos niveles de pectinas y xiloglucanos. (Somerville *et al.* 2004; Albersheim *et al.* 2011; Doblin *et al.* 2010).

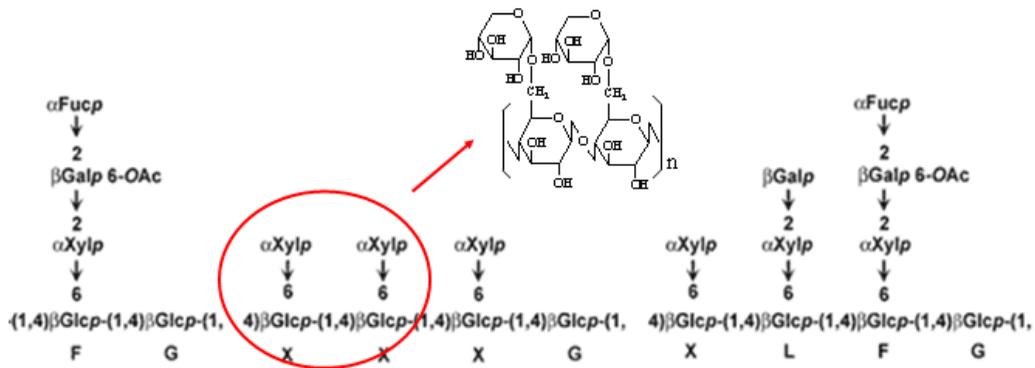
A continuación, describiremos brevemente los componentes de las paredes celulares primarias tipo I y tipo II:

La celulosa es un polisacárido componente estructural clave de las paredes celulares vegetales. Es muy estable y muy poco soluble. Respecto a su composición y enlaces, su estructura es simple. Está formada por cadenas lineales de  $\beta$ -1,4-glucanos. El tipo de unión  $\beta$ -1,4 requiere que alternadamente una glucosa esté girada  $180^\circ$  respecto a la anterior dando una estructura disacáridica repetitiva, la celobiosa. Estas cadenas lineales se unen por uniones puente de hidrogeno en forma intra- e inter-molecular permitiendo la cristalización y la formación de microfibrillas de 3 a 5 nm de diámetro. Estas uniones puente de hidrógeno aportan rigidez y dureza a las microfibrillas de celulosa, tan importantes para la función de sostén, defensa y estructura que aporta este compuesto a la pared celular vegetal. Durante la formación de las paredes secundarias, el contenido de celulosa puede incrementarse desde un 20-30 % hasta un 50 % del peso seco de la pared celular vegetal (Albersheim *et al.* 2011, Braidwood *et al.* 2013).



**Figura 1:** Estructura de una cadena de celulosa

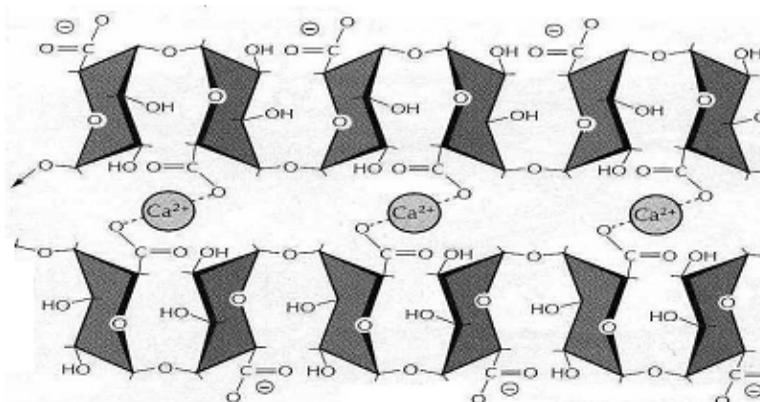
Las hemicelulosas características de las paredes primarias de dicotiledóneas, como *Lotus tenuis* (lotus) o *Medicago sativa* (alfalfa) son los xiloglucanos, polímeros formados por cadenas lineales de  $\beta$ -D-glucopiranosas enlazadas por la posición 4, con cadenas laterales de ramificaciones simples de  $\alpha$ -D-xilopiranosas que se unen a la cadena principal por el C-6 de algunas de las unidades de glucosa. A esta estructura básica se unen diferentes cantidades de otros azúcares, como  $\alpha$ -D-galactopiranosas unidas a C-2 de algunas de las unidades de xilosa,  $\alpha$ -L-arabinofuranosas enlazadas a C-2 de unidades de glucosa y  $\alpha$ -L-fucopiranosas unidas a C-2 de la galactosa. Aproximadamente, constituyen un 30 % de las paredes celulares primarias.



**Figura 2:** Estructura de un xiloglucano, con detalle de la cadena principal formada por D-glucosa unidas β1-4 con ramificaciones de D-xilosa α1-6.

Por otra parte, las hemicelulosas predominantes en las paredes secundarias de dicotiledóneas son los glucuronoxilanos y los glucomananos. Los glucuronoxilanos tienen cadenas laterales de ácido 4-*O*-metil-α-D-glucurónico unido a C-2 de 1 cada 10 unidades de xilosa, en promedio. Este xilano presenta un alto grado de acetilación en C-2 y/o C-3 de las unidades de xilosa. Los glucomananos se encuentran en menor proporción y son polímeros lineales formados por unidades de β-D-manopiranososa y β-D-glucopiranososa en una relación que puede variar de 1:1 a 2:1.

El otro grupo importante de polisacáridos de las paredes celulares lo constituyen las pectinas, un grupo de polisacáridos con alta proporción de ácido α-D-galacturónico de estructuras sumamente complejas. Se distinguen en este grupo el homogalacturonano, que es el estructuralmente más sencillo, formado por unidades de ácido α-D-galacturónico enlazadas por C-4. Diferentes proporciones de los grupos carboxilo de los mismos pueden estar dando ésteres metílicos y esta sustitución regula la formación de geles por interacción con iones Ca<sup>++</sup> que da este polímero, contribuyendo a la regulación del tamaño de los poros de la pared celular.

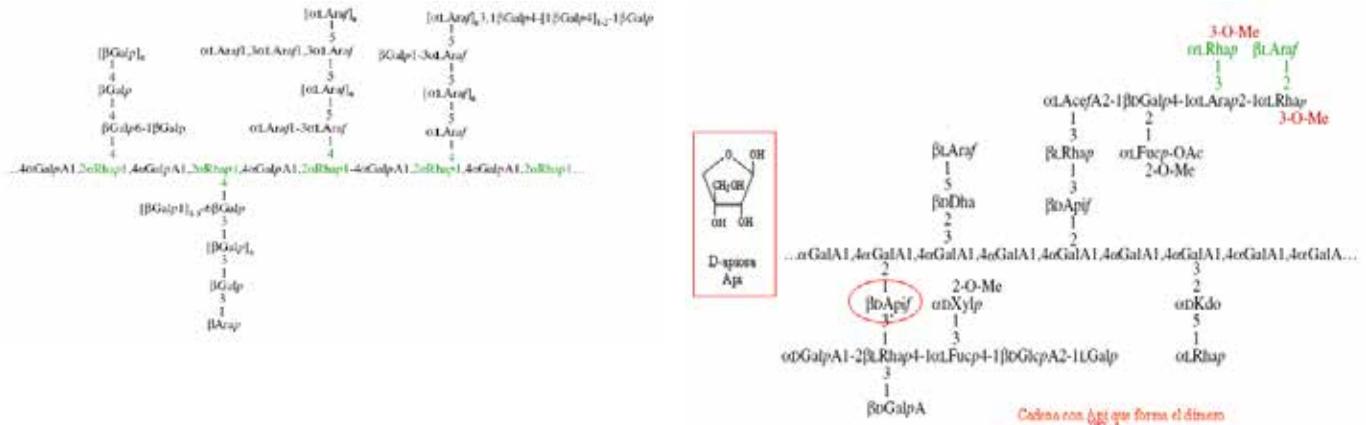


**Figura 3:** Estructura de una pectina: homogalacturonano.

Existen diferentes homogalacturonanos modificados, como los xilogalacturonanos y los ramnogalacturonanos II (los polisacáridos más complejos existentes en la naturaleza). Por otro lado, el ramnogalacturonano I está formado por unidades alternantes de ácido

TABLAS DE COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS

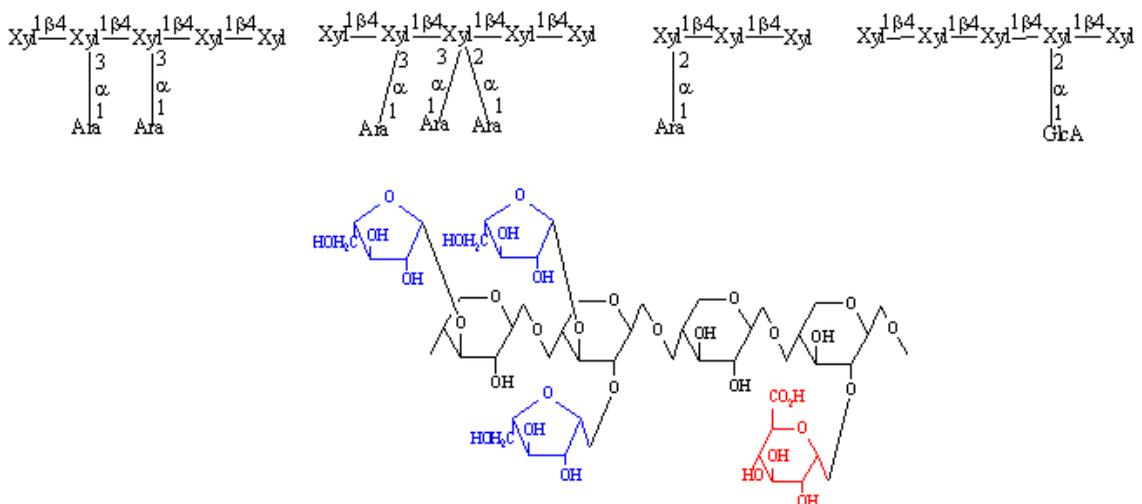
$\alpha$ -D-galacturónico enlazadas por C-4 y  $\alpha$ -L-ramnopiranosas enlazadas por C-2. A esta cadena pueden unirse cadenas laterales de arabinanos, galactanos o arabinogalactanos (Bar-Peled *et al.* 2012).



**Figura 4:** Estructura de una pectina: ramnagalactouronano I y II

**Paredes celulares primarias de tipo II:**

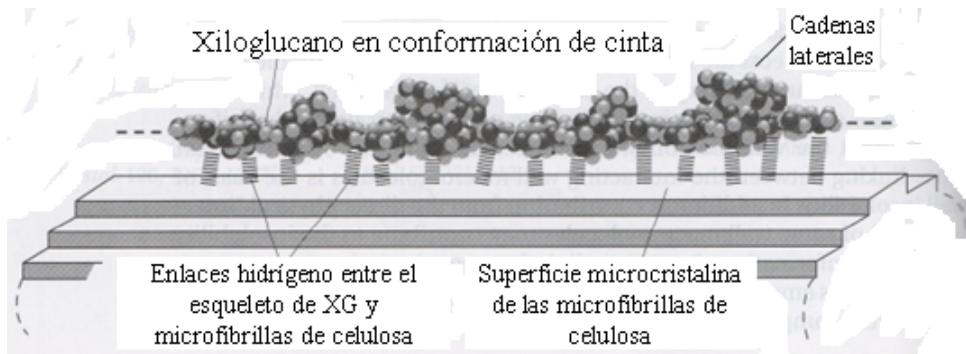
Como se indicó previamente constituyen las paredes primarias de las Poáceas (Gramíneas) incluyendo pastos, cereales, bambúes, entre otros y de monocotiledóneas comelinoides, como las Bromeláceas (ananá), palmeras, jengibre, Cyperaceas (papiro), entre otras. Contienen microfibrillas de celulosa en forma similar a las paredes de tipo I, pero en lugar de xiloglucanos, tienen glucoarabinoxilanos, como principal polímero de entrecruzamiento. Los glucuroarabinoxilanos (GAX) entrecruzan las cadenas de celulosa. Están constituidos por una cadena principal de unidades de  $\beta$ -D-xylopiranosas, con cadenas laterales de  $\alpha$ -L-arabinofuranosa unidas a la posición 3, o a 2 y 3, o unidades de ácido  $\alpha$ -D.gluconúrico unido a la posición 2 (Figura 5).



**Figura 5:** Fragmentos mostrando estructuras posibles de glucoarabinoxilanos.

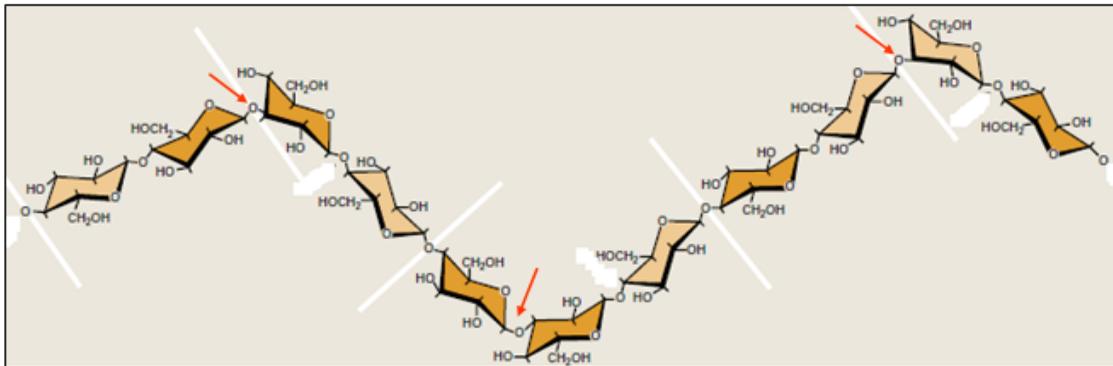
Los xilanos pueden interactuar entre sí o con las microfibrillas de celulosa, pero la presencia de cadenas laterales de  $\alpha$ -L-arabinofuranosa o ácido  $\alpha$ -D-gluconúrico previene

la formación de puentes de hidrógeno (Figura 6). Por el contrario, la presencia de  $\alpha$ -D-xilopiranososa como cadena lateral unida a la posición 6 de las unidades de glucosa del xiloglucano (XG) (Figura 5) fuera del plano de unión estabiliza la estructura lineal y permite la unión sobre uno de los lados de la estructura del XG (Figura 6).



**Figura 6:** Interacción entre el xiloglucano (XG) y las microfibrillas de celulosa.

Si bien predominan ampliamente los GAX en las paredes de tipo II, éstas también poseen glucanos mixtos (MLG) y pequeñas cantidades de XG que interactúan fuertemente con la celulosa. Los glucanos mixtos (MLG) son homopolisacáridos de  $\beta$ -D-glucopiranososa lineales con enlaces (1 $\rightarrow$ 4) y algunos enlaces (1 $\rightarrow$ 3) intercalados. Este polisacárido se considera parte de las hemicelulosas debido a que se extrae en soluciones alcalinas y cumple un rol similar a otros polisacáridos del grupo (Figura 7).



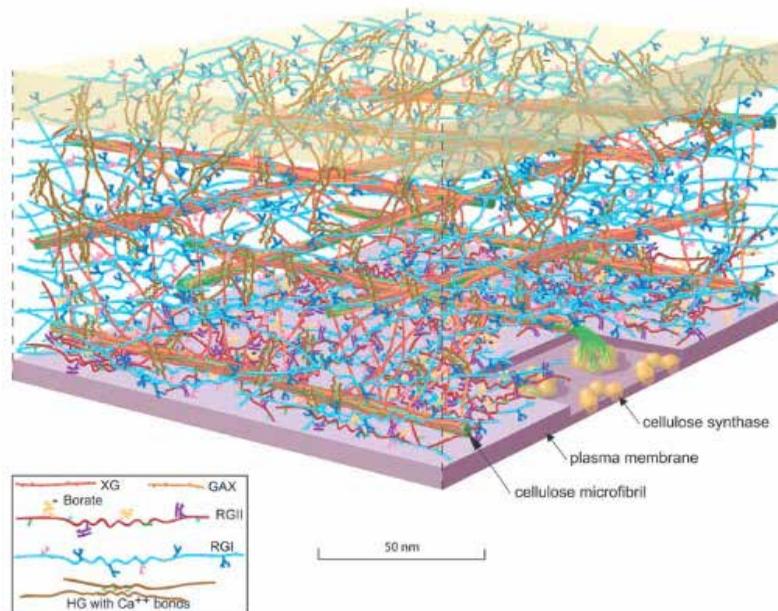
**Figura 7:** Estructura de los glucanos mixtos en la que se ve la influencia de los enlaces  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3) intercalados entre unidades mayoritariamente de celotriosa y celotetraosa.

Las paredes de tipo II son pobres en pectinas, sin embargo, los carboxilos de las cadenas laterales de ácido glucurónico de los GAX contribuyen a la carga negativa en estos casos. Estas paredes suelen tener poca proteína, pero pueden acumular fenilpropanoides que interconectan los diferentes polímeros. (Buchanan *et al.* 2000)

Cuando las células terminan de crecer, adquieren una forma y función definida que se caracteriza por un tipo particular de pared celular. La nueva pared que eventualmente comienza a depositarse entre la pared primaria y la membrana plasmática se define como pared secundaria. Se caracteriza por tener una mayor proporción de celulosa de mayor grado de cristalinidad y contiene además importantes cantidades de lignina.

La lignina es otro de los componentes de la pared celular, es un polímero fenólico y no un hidrato de carbono, que le aporta resistencia mecánica e impermeabilidad a la planta, además constituye una barrera frente al ataque de patógenos. Es prácticamente indigestible. Este polímero aparece fundamentalmente en las paredes secundarias asociado químicamente a la celulosa y hemicelulosas y resulta en una pérdida de la fase acuosa, que es reemplazada por este compuesto hidrofóbico. Presenta una estructura condensada, a través de enlaces covalentes carbono-carbono y enlaces éter o éster. Debido a estos enlaces, se vuelve extremadamente resistente a la acción hidrolítica de ácidos y bases. El contenido de lignina aumenta con la madurez (edad) de las plantas y existe una correlación negativa entre el contenido de lignina y la digestibilidad particularmente para las poáceas (gramíneas) y en menor medida para las fabáceas (leguminosas) fundamentalmente por la distribución en la planta (dos Anjos *et al.* 2020).

Todos los componentes descritos se encuentran en las paredes celulares en diferente proporción y con diferentes interacciones entre sí, dando lugar a una red tridimensional muy compleja y embebida con diferentes proporciones de agua, cuya estructura varía según el tejido y edad de la planta, así como por factores ambientales (Braidwood *et al.* 2013).



**Figura 8:** Modelo molecular a escala de la pared celular de una hoja de *Arabidopsis*. La cantidad de cada polímero se basa en su razón respecto del contenido de celulosa. La cantidad de celulosa representada es menor a la real, para mayor claridad del esquema. XG: xiloglucanos, GAX: glucuronoarabinosilanos, RGII: ramnogalacturonano II, RGI: ramnogalacturonano I, HG: homogalacturonano. Tomado de Somerville *et al.* 2004.

Las plantas controlan la estructura de sus paredes celulares, tanto alterando los componentes depositados por fuera de la membrana plasmática, como modificando la composición e interacción de los distintos componentes de la pared luego de su deposición. Estas modificaciones en los polisacáridos de pared, producidas luego de su deposición, les permiten a las plantas alterar sus propiedades físicas como respuesta a nuevos estímulos (Braidwood *et al.* 2013).

A diferencia de los animales monogástricos, los rumiantes poseen la habilidad de alimentarse y satisfacer sus requerimientos de mantenimiento y producción en base al consu-

mo de plantas (forrajes) como única fuente de nutrientes ya que pueden degradar tanto el contenido celular como los polisacáridos de las paredes celulares vegetales por medio de los microorganismos que alojan en el rumen.

Los forrajes contienen en su materia seca, 20-30 % de celulosa, 14-20 % de hemicelulosa, hasta un 10 % de pectinas, además de un 2 a 12 % de lignina (Bondi 1989). La mayor parte de los hidratos de carbono solubles (azúcares, almidón y pectinas) y menos solubles (celulosa y hemicelulosa) son fermentados por los rumiantes hasta ácidos grasos volátiles al pasar los alimentos por el rumen debido a la acción de las enzimas microbianas. Estos ácidos grasos volátiles son absorbidos por las paredes del rumen y pasan a circulación sanguínea para luego ser utilizados para obtención de energía o síntesis de productos (grasa, proteína, etc).

Los polisacáridos de las paredes celulares vegetales aportan a los animales en pastoreo entre el 30 y el 40 % de la energía digestible consumida (Ramirez Orduña *et al.* 2002; McDonald 2006). La cantidad, composición y estructura de las paredes celulares afectará el consumo de los animales rumiantes en pastoreo y la digestibilidad total del material consumido (Ramirez Orduña *et al.* 2002; Van Soest 1998; McDonald 2006). El material vegetal que presente mayor proporción de contenido celular (hidratos de carbono solubles) y menor proporción de pared celular tendrá una digestibilidad mayor respecto a aquel en el que se presente la relación inversa. La energía disponible aumentará al disminuir el contenido de pared celular. A su vez la composición de la pared celular y la interacción entre sus componentes incide también en la digestibilidad, siendo las pectinas las más digestibles, luego las hemicelulosas, después la celulosa. La lignina y su relación con el resto de los componentes de la pared inhiben la digestibilidad de la pared celular (Jung y Vogel 1986).

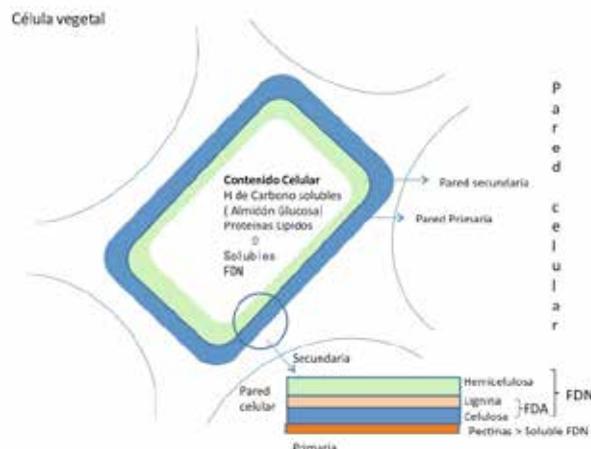
Dentro de las plantas, las leguminosas o fabáceas pertenecen a la segunda familia en importancia después de las gramíneas o poáceas. Ellas proveen el mayor aporte proteico vegetal en las dietas, tanto para el hombre, como para los animales en pastoreo (Graham & Vance 2003; Dita *et al.* 2006).

El mantenimiento y la producción de los rumiantes en pastoreo depende de la calidad y cantidad del alimento consumido y del grado de aprovechamiento del mismo. La evaluación del valor nutricional de los forrajes utilizados en pastoreo puede realizarse por métodos que evalúan la composición química en el laboratorio (método de Weende y de Van Soest), por métodos que evalúan la digestión de los mismos con utilización de microorganismos o enzimas, ya sea *in vivo*, *in situ* e *in vitro* u otros como la metodología NIRS (por reflectancia en el infrarojo cercano) mediante ecuaciones basadas en parámetros químicos y de digestión (Van Soest 1994). Las evaluaciones *in vivo* e *in situ* son la referencia para las estimaciones de digestibilidad y concentración energética. Sin embargo, el uso de animales para la evaluación de los alimentos posee desventajas, como ser elevados costos, requerimientos de mano de obra, cantidad de alimento, infraestructura y tiempo hasta la obtención del resultado (Wawrzkievicz 2010). Dentro de las técnicas *in vitro*, la de uso más frecuente es la descrita por Tilley y Terry (1963), que fue modificada por Goering y Van Soest (1979) (Van Soest 1994) y se utiliza para estimar la digestibilidad final del sustrato, sin proveer información sobre la cinética de digestión. Otro método *in vitro* que se utiliza es la técnica de producción de gases, que permite determinar la extensión y la cinética de la degradación del alimento a través del volumen de gas producido durante el proceso fermentativo (Theodorou *et al.* 1994). Una de las ventajas de este procedimiento es que el curso de la fermen-

tación y el papel de los componentes solubles del sustrato pueden ser cuantificados (Doane *et al.* 2014), permitiendo también el estudio de las fases tempranas de la fermentación, mientras que los procedimientos gravimétricos (Jung *et al.* 1997, Van Soest 1994) no son lo suficientemente sensibles para medir los pequeños cambios que ocurren en el peso del sustrato durante las primeras horas de fermentación. La técnica de producción de gas puede ser también usada para determinar la importancia de las diferentes fracciones alimenticias (monosacáridos, pectinas, almidón, celulosa y hemicelulosas) para proveer energía a los microorganismos (Posada *et al.* 2005).

De todas las metodologías mencionadas la más comúnmente utilizada por los productores y asesores nutricionistas para el armado de las rotaciones y de dietas en los establecimientos ganaderos es el sistema de detergentes de Van Soest (Van Soest 1994; McDonald 2002). Este procedimiento se realiza en un laboratorio y es un método relativamente rápido y sencillo utilizado para determinar la matriz insoluble de la pared celular y estimar sus componentes. Implica un fraccionamiento utilizando detergentes. Primero las muestras son tratadas con una solución detergente neutra basada en sulfato laúrico de sodio y ácido etilendiamino tetracético, solubilizando así el contenido celular compuesto por almidón, azúcares, ácidos orgánicos, proteínas solubles, lípidos y nitrógeno no proteico también las pectinas que corresponden a la pared celular pero que al igual que el resto de las sustancias extraídas son rápidamente aprovechadas por los microorganismos ruminales.

Se obtiene así un residuo denominado fibra detergente neutro (FDN) compuesto por los materiales mas insolubles de la pared celular. Este residuo luego es tratado con una solución detergente ácida de ácido sulfúrico y bromuro de cetiltrimetilamonio que solubiliza a las hemicelulosas obteniendo un residuo de celulosa, lignina, proteína insoluble y algunos minerales (sílice) denominado fibra detergente ácido (FDA). Se puede seguir fraccionando este residuo con una extracción posterior con ácido sulfúrico concentrado que solubiliza a la celulosa dejando un residuo de lignina (LFDA). Como se destacó anteriormente existe una correlación negativa entre la proporción de la pared celular de las forrajeras y el consumo voluntario de los rumiantes, y del mismo modo existe una correlación negativa entre el porcentaje de FDA y la digestibilidad, o sea la cantidad del alimento que será aprovechado dentro del tracto digestivo del animal (Vago 2019).



**Figura 9:** Esquema de una célula vegetal (FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido)

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Forraje	% materia seca	% proteína bruta	% TND	% FDN	% FDA
gramíneas, estado vegetativo	26,1	21,3	74	47,9	30,0
gramíneas, maduras	92,6	6,0	53	70,5	44,8
leguminosa, estado vegetativo	23,4	18,9	62	47,1	36,8
leguminosas, maduras	90,9	17,0	55	48,8	38,7

**Tabla 6:** Composición química de distintos forrajes expresados en base a materia seca. (TND: total de nutrientes digestibles; FDN, fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido). (Gramíneas: bromus (*Bromus inermis*), vegetativo temprano (2-00-9560) y heno curado al sol maduro (1-00-944). Leguminosas: alfalfa (*Medicago sativa*), fresco vegetativo (2-00-180) y heno curado al sol floración completa (1-00-068)) (NRC Beef cattle, 2000).

P. J. Van Soest ha dado un paso adelante importante en encontrar una forma más explícita, con su sistema de detergentes, de interpretar mejor la contribución como alimento para rumiantes de las fracciones involucradas en el término “fibra”, llegando a proponer una clasificación que se observa en la tabla 7:

Fracción	Componentes incluidos:	Disponibilidad nutricional	
		Rumiantes	NO ruminates
	carbohidratos solubles	completa	completa
Contenido celular	almidón	completa	completa
	nitrógeno no proteico.	alta	moderada (*)
	proteínas	alta	alta
	lípidos	alta	alta
	otros solubles	alta	alta
Pared celular FDN y FDA	pectinas	completa	alta
	hemicelulosa	parcial	baja (*)
	celulosa	parcial	baja (*)
	lignina	muy poco disponible	no disponible

(\*) Se refiere a la actividad que pueda haber en “no rumiantes” por la presencia de microorganismos con capacidad de digerir en el ciego y en otras porciones del intestino grueso (Van Soest 1967).

**Tabla 7:** Clasificación de las fracciones de los forrajes y su disponibilidad nutricional.

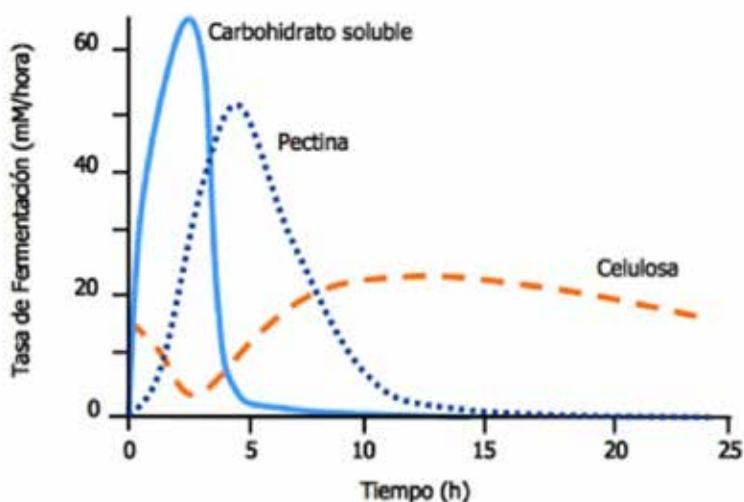
Este sistema permite aislar el componente fibroso del forraje que es resistente a la hidrólisis enzimática en los monogástricos.

En cuanto a la digestibilidad de la fibra, existe una correlación negativa con el contenido de sílice en las gramíneas y es muy importante el efecto del contenido de lignina y su distribución en gramíneas y en menor medida en leguminosas. Existen publicaciones, (ver review Zhao *et al.* 2012), en donde se refieren distintos tratamientos físicos y químicos utilizados buscando mejorar el aprovechamiento de la celulosa mediante la destrucción parcial de la lignina o en una mejora en la accesibilidad enzimática en restos de cosechas, pajas de cereales y restos vegetales mejorando su aprovechamiento al ser utilizados como alimentos para rumiantes. Otros estudios muestran resultados prometedores respecto a la biodegradación natural de la lignina producida por hongos como ser: *Phanerochaete chrysosporium*, *Pleurotus ostreatus* y *Irpex lacteus* utilizados en el tratamiento de pajas

## TABLAS DE COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS

de cereales para mejorar su digestibilidad (Niu *et al.* 2018). Estos trabajos podrían dar ideas respecto al accionar de los hongos y a la síntesis de algún producto de esos hongos para aplicarlo en la recuperación de más celulosa aprovechable para los rumiantes.

La tasa de fermentación en el rumen de los hidratos de carbono solubles en detergente neutro (todos los carbohidratos menos hemicelulosa, celulosa y lignina) es variable de 4 a 30 % por hora para los almidones, de 20 a 40 % por hora para las fibras solubles (sustancias pécticas, beta-glucanos y galactanos), de 80 a 350 % por hora para los azúcares (350 % indica la gran velocidad de fermentación).



**Figura 10:** Tasa de fermentación de los componentes de la alfalfa en el rumen (Adaptado de Church, 1988; Van Lier *et al.* 2008).

La presencia de mayores o menores cantidades de cada hidrato de carbono en las dietas y sus interacciones tendrán su consecuencia en el aprovechamiento de los mismos por el animal y, en algunos casos, consecuencias para la salud del rumen (mucho almidón o insuficiente fibra o ambas cosas a la vez, como ejemplos, serán peligrosas para el rumen).

Especie:	Lugar de la digestión	% de la fibra ingerida que es digerida
Rumiantes	rumen	50 a 90
Caballo	ciego	13 a 40
Cerdo	ciego	3 a 25
Conejo	ciego	65 a 78
Rata	ciego	34 a 46
Perro	ciego	10 a 30
Hombre	intestinos	25 a 62
Aves	ciego	20 a 30

**Tabla 8:** Digestibilidad de la fibra bruta en varias especies animales y en el hombre.

Otro concepto para destacar es el de fibra efectiva (FDN<sub>ef</sub>). La fibra efectiva es la fracción de la FDN que influye sobre la masticación, la rumia (salivación, Ph ruminal y % de grasa de

la leche) y los movimientos del rumen (ciclo de mezcla), acorde con la salud y producción de los animales. La FDN<sub>ef</sub> puede ser cuantificada indirectamente midiendo el tamaño y grado de homogeneidad de las partículas (picado de precisión). Dentro de ciertos márgenes, la regulación del tamaño de partículas se da en función del estado del cultivo (humedad). Necesidades de FDN (kg/vaca/día): 1,2 % peso vivo (PV). Para cubrir las necesidades de FDN, se debería suministrar no menos del 22 % del consumo diario de materia seca como FDN<sub>ef</sub>.

El NRC (en 1988) estableció, para las vacas lecheras en todas sus etapas, un requerimiento de FDA de 19 a 21 % de la materia seca (para mantener el funcionamiento del rumen). El nivel mínimo de FDN es de 27 a 30 % de la materia seca al principio de la lactancia y el 75 % de esa cantidad debe provenir de los forrajes de la dieta. esto es para garantizar la cantidad necesaria de fibra efectiva que provoca la rumia por su tamaño de partícula: acción mecánica por estimulación de la masticación e insalivación. El resto de fibra puede provenir de los alimentos concentrados (hez y brote de malta, harina de girasol, por ejemplo) pero esta fracción no aporta fibra efectiva por ser de tamaño menor al necesario para provocar la rumia. Notar en el próximo cuadro de cifras, el efecto sobre el pH del rumen y el porcentaje de grasa butirosa debidos a la reducción en el tamaño de partícula del forraje consumido. El ejemplo es de heno de alfalfa: el reducido tamaño de las partículas del forraje por debajo de un nivel crítico reduce el pH ruminal y altera la proporción de ácidos acético/propiónico lo que provoca una reducción importante en el nivel de grasa butirosa de la leche. En el experimento que se comenta el heno de alfalfa de buena calidad que se usó integraba el 60 % de la materia seca de la dieta. a pesar de que la FDN de la dieta era de 20,8 %, la cantidad de fibra “efectiva” no era adecuada cuando el heno picado fino (0,17cm) era prensado en comprimidos (pelleteado).

La longitud apropiada del corte para silaje, por ejemplo, para mantener la calidad de fibra efectiva, es de 1 centímetro (3/8 de pulgada) de longitud teórica de corte. Esto significa que 15 – 20 % será de un tamaño de partícula de 3,8 cm (1 ½ pulgada) y esto satisface el requerimiento de fibra efectiva.

El silaje de maíz puede venir picado entre 0,7 y 1,0 cm (1/4 a 3/8 de pulgada) de longitud teórica de corte. Esto supone un límite a la cantidad de silaje a suministrar y la necesidad de aportar 25 % de la fibra con forraje “largo” (sin picar). Esto daría una FDN de 22 %. Con un picado menor: 0,5 cm (3/16 de pulgada) el % de partículas mayores de 3,8 cm. (1 ½ de pulgada) es de menos del 7 % y esto requerirá que el 50 % de la materia seca del forraje sea de fibra “larga” para mantener una FDN del 22 %.

Tamaño de partícula	Media de longitud del forraje (cm)	Consumo de materia seca kg/día	Leche en kg/día	Grasa en leche %	pH del rumen	% Acético / propiónico	Tiempo de masticación: min/día
Heno largo	1	24,04	33,57	3,5	6,3	3,8	704 (*)
Heno picado	0,78 (0,3")	25,13	34,47	3,5	6,4	3,9	668
Heno pelletizado	0,17 (0,07")	23,63	35,83	2,9	5,6	2,0	219

(\*) son casi 12 horas = 11 horas, 44 minutos!!

**Tabla 9:** Efecto del tamaño de partícula de heno de alfalfa de alta calidad sobre el rendimiento de vacas lecheras en lactancia (Shaver *et al.* 1986).

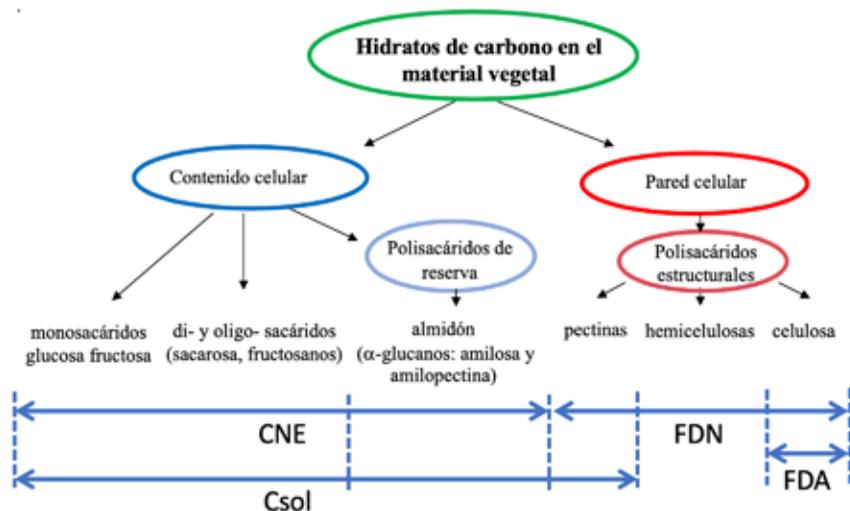
## TABLAS DE COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS

Los aportes de FDN y FDA no están limitados a los forrajes sino que se extiende a todos los alimentos de origen vegetal y se verá que un buen número de concentrados energéticos y proteicos aportan suficiente cantidad de fibras como para ser tenidas en cuenta como aportes al efecto físico y químico de las mismas. Esto se toma en cuenta, sobre todo, en animales en encierro (engordes y tambos), y en alimentación a corral.

Hasta este momento se tuvieron en cuenta los polisacáridos estructurales que forman parte de las paredes celulares vegetales y los análisis químicos utilizados fundamentalmente en la alimentación de rumiantes.

La gran mayoría de los animales monogástricos (exceptuando equinos, lagomorfos (conejos y coipos) utilizan mayoritariamente granos en su alimentación como aporte de energía, por lo cual respecto a carbohidratos, utilizan fundamentalmente los hidratos de carbono de almacenamiento, principalmente al almidón y también a los hidratos de carbono no estructurales solubles del contenido celular ya que no poseen en su sistema digestivo enzimas para degradar las uniones beta de parte de los polisacáridos que forman las paredes celulares vegetales. En la dieta de este tipo de animales se aporta fibra de paredes celulares vegetales fundamentalmente para facilitar el movimiento de la dieta por el tubo digestivo evitando la constipación de los animales. En aves y cerdos existen publicaciones que avalan el agregado de cierto porcentaje de fibra a la dieta para ralentizar el paso de la ración a nivel del tracto digestivo mejorando la conversión y en aves provocando un reflujo gastroduodenal que facilita el contacto del alimento con las enzimas digestivas mejorando el crecimiento y la salud animal (Mateos *et al.* 2012).

El almidón es un polisacárido compuesto por cadenas lineales de unidades de glucosa, con enlaces glucosídicos  $\alpha$ 1-4, puede presentarse sin cadenas laterales (amilosa) o con cadenas laterales (amilopectina). En este último caso las cadenas ramificadas se forman con enlaces  $\alpha$ 1-6. Tanto los enlaces  $\alpha$ 1-4 como los  $\alpha$ 1-6 son hidrolizados por la enzima amilasa que se encuentra en las secreciones digestivas (salivales o pancreáticas) de la mayoría de los animales. El almidón de los granos de cereales constituye la principal fuente de energía para la dieta de animales monogástricos como aves y cerdos



**Figura 11:** Hidratos de carbono componentes de los tejidos vegetales y su relación con distintas metodologías de análisis. CNE: carbohidratos no estructurales; Csol: carbohidratos solubles; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido.

Carbohidratos solubles (Csol): genéricamente, y dependiendo de la técnica aplicada para su determinación, reúne azúcares, oligosacáridos, pectinas, fructosanos, dextrinas, todos hidratos de carbono de bajo peso molecular (a excepción de las pectinas), con alta solubilidad y degradabilidad ruminal. Carbohidratos no estructurales (CNE): Agrupa a todos los hidratos de carbono del contenido celular, incluyendo mayoritariamente sacarosa, almidón y fructosanos (Jaurena *et al.* 2012).

## ALIMENTOS DE VOLUMEN Y ALIMENTOS CONCENTRADOS

Esta división amplia en grupos de alimentos está basada en sus características físicas en relación con su volumen: una clasificación que separa alimentos de relativamente baja concentración de nutrientes y que rinden energía, de otros de alta concentración de esos mismos nutrientes. Esta clasificación pone juntos bajo el nombre de **forrajes** (forages, roughages or fodders, en inglés), altos en fibra y bajos en energía neta, a alimentos que son esencialmente plantas enteras, como henos, silajes de forrajeras, pasturas, o partes de las plantas (sin considerar a los granos) como rastrojos, pajas de cereales, sus cáscaras y agrupa a todos los otros ingredientes bajo el encabezamiento de **concentrados**.



Figura 12: Esquema de la clasificación de los alimentos y sus principales divisiones.

### Forrajes de volumen o simplemente forrajes

Presentan más de 18 % de fibra bruta o más de 32 % de FDN y/o más de 22 % de FDA (son relativamente bajos en energía); se dividen en tres grupos importantes:

### **Clasificación de los forrajes**

#### **Forrajes secos: IFN (*international feed number*), precedidos por el número 1**

Alimentos voluminosos con alto contenido de fibra bruta y alto contenido de materia seca (baja humedad). La cantidad de energía neta por kilogramo que aportan es baja. El porcentaje de celulosa y lignina suele ser alto. Pocos llegan a aportar 2640 Kcal ED/kg (60 % TND). El promedio está alrededor de 50 % de TND o 2200 Kcal/kg

Los principales grupos dentro de los forrajes secos son:

**Henos o henificados:** constituidos por plantas enteras secadas al sol. Pueden realizarse en base a leguminosas o fabáceas (alfalfa, tréboles, melilotus, lespedeza, vicia, entre otras), en base a gramíneas o poáceas (avena u otros cereales, sorgo, moha, etc.) o por la combinación de algunas de ellas al henificar praderas polifíticas.

**Pajas de cereales** (por ej.: paja de trigo, cebada y otros cereales) luego de la cosecha de las espigas o de las vainas para obtener el grano, se hace otra pasada para cortar el material remanente hasta cerca de la superficie del suelo, este material cortado, en general luego es hilerado y enfardado (fardos o rollos).

**Rastrojos de cosecha** (maíz, sorgo, soja y de otros cultivos, naturalmente secas, no deshidratadas artificialmente). Pertenecen a este grupo también cáscaras de semillas y frutos (cáscara de avena, de maní, de algodón, de papas) y hojas secas de algunos árboles y arbustos que a la madurez caen de las plantas (dehiscencia natural) y pueden ser pastoreadas.

#### **Pasturas y verdes: IFN precedidos por el número 2**

Son alimentos voluminosos naturales o implantados que pueden ser pastoreados en forma directa, en forma diferida o por pastoreo mecánico (cortado y suministrado verde). Incluye a todos los alimentos en forma de plantas en pie (no cortadas y conservadas ni curadas al sol). Incluye a todos los forrajes verdes, pasturas implantadas mono o polifíticas, praderas naturales, y praderas naturales diferidas.

Los principales grupos dentro de este tipo de forrajes son:

- **Verdeos de invierno** (por ej.: verdes de avena, cebada, trigo)
- **Verdeos de verano** (por ej. verdes de moha, mijo, alpiste, sorgo)
- **Pasturas monofíticas** (de una sola especie, por ej.: festuca o rye grass) o polifíticas (de varias especies consociadas, por ej.: lotus y agropiro; trébol rojo, cebadilla, phalaris, entre otras).
- **Praderas naturales**, comúnmente llamadas “campos naturales”
- **Diferidos**, son campos naturales o pasturas que en lugar de ser pastoreados cuando están verdes, se difiere su consumo y se los pastorea cuando están secos y semillados.

#### **Silajes: IFN precedidos por el número 3**

Son alimentos voluminosos constituidos por forrajes verdes conservados en medio anaerobio. Esto se consigue cortando el material vegetal con una cierta proporción de

materia seca y humedad (el momento óptimo de corte varía según el cultivo). Por ejemplo, la planta entera de maíz en el estadio de media línea de leche en el grano, es cortada, picada y compactada dentro de un silo bolsa. Dentro de ese silo se van desarrollando distintas etapas. Estas etapas terminan en un medio anaerobio con la fermentación de algunos hidratos de carbono fácilmente solubles y la formación de ácidos orgánicos (por ej.: ácido láctico y otros) que provocan una disminución del pH que permite la preservación del material así almacenado, ya que no pueden proliferar en esas condiciones hongos, bacterias y levaduras dañinas. Las especies más comúnmente utilizados son los silajes de planta entera de maíz y de sorgo, también aunque es un poco más compleja su correcta conservación el silaje de planta entera de alfalfa.

Los dígitos que se encuentran después del primer número del IFN indican la clase o código con el que son reconocidos en las publicaciones del National Research Council (NRC).

## **Alimentos concentrados**

**Presentan menos de 18 % de fibra bruta o menos de 32 % de FDN y/o menos de 22 % de FDA:**

### **Concentrados energéticos**

Presentan menos de 18 % de fibra bruta o menos de 32 % de FDN y/o menos de 22 % de FDA y menos de 20 % de proteína bruta (altos en energía):

IFN precedidos por el número 4:

- **Cereales bajos en fibra**, con glumas dehiscentes (se pierden a la madurez):  
maíz, sorgo, trigo, centeno, triticale, entre otros.
- **Cereales altos en fibra**, glumas indehiscentes (adheridas):  
avena, cebada, mijo, alpiste, moha, entre otros.
- Subproductos de cereales y otros vegetales:  
afrecho y afrechillo de trigo, afrecho de maíz, de arroz, rebacillo de maíz, entre otros.
- **Orujos**: subproductos de la obtención de jugos:  
orujo de citrus, orujo de manzana, etc.
- **Frutos secos**: descarte por tamaño o forma de plantas procesadoras de nuez y almendras entre otros.
- **Tubérculos y raíces**: descarte de papa, batata, zanahoria, etc.
- **Melazas**: melaza de caña azúcar, de remolacha azucarera, de maíz.
- **Grasas y aceites**: grasa animal, aceites vegetales.

### **Concentrados proteicos**

Presentan más de 20 % de proteína bruta y menos de 18 % de fibra bruta o menos de 32 % de FDN y/o menos de 22 % de FDA (altos en proteína):

IFN precedidos por el número 5

Se clasifican según su origen:

#### **De origen vegetal:**

- de 20 a 30 % de proteínas:

gluten feed (subproducto de la industrialización del maíz).  
brote de malta (subproducto de la industrialización de la cerveza).  
hez de malta (subproducto de la industrialización de la cerveza).

**De más de 30 % de proteína:**

- tortas, extrusados, expellers y harinas (subproductos de la extracción del aceite de soja, girasol, maní, algodón, lino, colza (o canola), cártamo, etc.).
- semillas oleaginosas enteras: algodón, soja, maní, girasol, lino, etc.
- gluten meal, subproducto de la industrialización del maíz.
- burlandas, de sorgo, de maíz. (subproductos de la industrialización del sorgo y del maíz) entre otras.

**De origen animal:**

harinas de carne vacuna, aviar, de pescado, etc.  
harina de sangre.  
harina de plumas.  
(subproductos de la industria frigorífica, avícola y pesquera)  
leche en polvo seca (entera y descremada)  
caseína  
suero de leche  
(subproductos de la industria láctea)

**Resumiendo y algunos conceptos para no olvidar**

Los **alimentos voluminosos o forrajes** son alimentos de baja disponibilidad de energía por unidad de peso, generalmente debido a un alto contenido de fibra (por ejemplo en las pajas de cereales, o en un rastrojo) o a veces debido a un alto contenido de humedad, por ejemplo, un verdeo de avena en pleno crecimiento.

La mayoría rinden menos del 65 % de energía metabolizable (EM) sobre materia seca, los granos aportan más de un 65 % de EM. Pocos Forrajes tienen 60 % de total de nutrientes digeribles (TND) y el promedio es de alrededor de 50 % o algo menor. Esto no descarta el hecho que hay momentos en que el rendimiento en energía pueda llegar al 65 %. La ventaja de los forrajes para el consumo de los herbívoros es el costo comparativamente más reducido de esa energía y el efecto fisiológico que producen sobre el aparato digestivo, y también el hecho que esos alimentos no compiten en su utilización para la alimentación humana.

Los **concentrados**, técnicamente son todos los alimentos supliendo mayormente los nutrientes primarios (proteínas, hidratos de carbono y grasas) son clasificados como concentrados, si su fibra cruda no excede de 18 %. Con menos de 18 % de fibra y menos de 20 % de proteínas son los concentrados energéticos (4) y teniendo menos de 18 % de fibra y más de 20 % de proteínas son los concentrados proteicos (5). Los números (IFN 4 y 5) entre paréntesis corresponden a la clasificación numérica de los grupos o clases del NRC.

En el mercado de los alimentos comerciales se usa el término “concentrado” como sinónimo de suplementos comerciales. Estos concentrados comerciales son una combinación de fuentes de proteínas, vitaminas y minerales o una combinación de dos o tres de ellos y la finalidad de estas mezclas es la de combinarlas con granos y otras fuentes de energía, principalmente, para balancear dietas de diferentes animales según edades y destinos finales específicos. Cabe esta aclaración para que no exista confusión alguna al interpretar los términos “concentrados comerciales y alimentos concentrados”, de acuer-

do a la interpretación que se les da en esta materia. En la jerga comercial, también se llama “suplemento”, a un vehículo (carrier), con vitaminas o minerales (o con ambos) que se ofrecen en el mercado para suplementar en cantidades determinadas, a otros alimentos que aportan las proteínas y los hidratos de carbono. El término “suplemento”, describe su función: la de suplementar el faltante de uno o más nutrientes.

La diferencia física entre los dos grupos principales (forrajes y concentrados) es tal que no hacemos sustituciones de unos por otros. Las dietas completas de los herbívoros (por ejemplo: rumiantes y yeguarizos) a menudo incluyen alimentos de volumen (forrajes) y alimentos concentrados (es el caso de la hacienda de tambo, de engorde a corral y de cabaña). En otros casos sólo incluirán alimentos de volumen o forrajes (caso de hacienda vacuna de cría e invernada a campo). Pero concentrados, exclusivamente, no formarán una ración adecuada para rumiantes, cualquiera sea el aporte de nutrientes que contengan. Sí lo harán para aves y cerdos, por ejemplo.

Volviendo a los concentrados energéticos; (4-xx-xxx), ya se dijo que incluyen principalmente a granos y algunos de sus subproductos cuya fibra no supere el 18 % y su proteína sea menor del 20 %: Cereales bajos en fibra (maíz, sorgo) y cereales altos en fibra (siempre menores al 18 %: avena, cebada). Subproductos de molienda de cereales (afrechillo de trigo, rebacillo de maíz, etc.). También, frutos, tallos y raíces: clasificados como energéticos porque al constituir las raciones, se incluyen primordialmente por su aporte de energía (fuera del hecho que algunos son, además, excelentes fuentes de vitaminas y minerales). Ejemplo de frutos: bellotas de roble que los españoles usan para engordar cerdos y ejemplos de raíces: mandioca, zanahoria, remolacha forrajera; ejemplo de tallos: papa.

Los ingredientes de este grupo de concentrados energéticos forman la base de la alimentación normal de aves y cerdos, y variada proporción de la alimentación de vacunos y otros animales.

Los concentrados energéticos (también llamados “basales”), son principalmente fuentes de energía provista por su almidón y azúcares fácilmente digestibles. La mayor diferencia entre los alimentos concentrados energéticos es el contenido de energía digestible (ED) que tiende a ser inversamente proporcional a la cantidad de fibra. Una consecuencia de la sustitución entre estos alimentos es el cambio en el valor de energía útil de la ración y por lo tanto de la cantidad de ración que debe ser suministrada para cumplir con los requerimientos de los animales a alimentar. Es de vital importancia tener en cuenta el aporte de energía al momento de pensar en una sustitución, y también en la degradabilidad del almidón de los concentrados a utilizar para evitar problemas de acidosis o de cólicos.

El hecho que los concentrados energéticos sean primordialmente proveedores de energía no desmerece su aporte de proteínas. Aunque el aporte de proteínas sea bajo en relación a la necesidad que haya que satisfacer, al formar una parte importante de la ración (por ejemplo, se utiliza grano de maíz en raciones para pollos parrilleros o para cerdos en terminación con hasta el 70 % de participación en las mismas), estarán aportando el 25 % y más también, de la proteína necesaria de esas raciones. Una ración que debe integrar 20 % de proteínas, con 70 % de maíz en la misma, recibe de esa cantidad de maíz, 5,6 puntos de proteína ( $70 \times 8,0 \% = 5,6$ ) que es holgadamente el 25 % - la cuarta parte - del 20 % que hay que integrar. Este sería el caso de una ración para pollos parrilleros en terminación. Si fuera para cerdos en terminación, el 70 % de maíz representaría para una fórmula de 16 % de proteína el 35 % de ese 16 % ( $5,6 \times 100 / 16 = 35 \%$ ).

## TABLAS DE COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS

### Subclasificación por contenido proteico:

Dentro de los concentrados es adecuado usar el contenido de proteína bruta como la base principal para esta primera subclasificación. No obstante, siendo las proteínas combinaciones variables de hasta 20 o más aminoácidos; la proporción de proteínas en sí tiene su importancia (sobre todo para rumiantes).

En los forrajes, la subclasificación en base a las proteínas es menos exacta que para los concentrados porque el contenido de proteínas de distintas muestras del mismo alimento, tomadas sucesivamente con varios días de diferencia, pueden variar lo suficiente como para tener méritos para incorporarse en dos categorías distintas. Por ejemplo, un heno de leguminosas posee en promedio 12 % de proteínas y uno de no leguminosas, por ejemplo de una gramínea, un 5 % de proteínas. Pero un heno de una gramínea (avena) cortada tierna, puede tener un contenido de proteínas más alto que un trébol maduro (una leguminosa). Constatar esto en los varios cuadros de cifras que siguen a continuación.

Una buena proporción de esa proteína (determinando el contenido de nitrógeno x 6,25 (método de Kjeldhal)) es proveniente de nitrógeno en forma de amidas (no proteico) que es mayor cuanto más joven es la planta que lo originó.

Esto sucede en cortes tempranos de las plantas forrajeras. Como el destino de los forrajes es, principalmente para la alimentación de los rumiantes, la forma en que se presenta el nitrógeno no tiene importancia para su uso ya que la flora microbiana del rumen lo aprovechará de cualquier modo.

El contenido total de proteínas, sin embargo, está correlacionado con el grado de madurez, de abundancia de hoja y hasta en un grado considerable, con la lignificación del forraje como consecuencia de la madurez y, además, con variaciones de acuerdo con la especie de la cual se trate.

Momento de corte	% Proteína bruta	% Fibra bruta	% Lípidos	% Extractivos no nitrogenados	% TND(*)	% Proteína digestible
Antes de floración	21,90	24,50	2,90	40,10	59,10	16,40
Inicios de floración	16,60	29,00	2,20	39,30	56,30	12,50
Floración avanzada	16,40	33,10	2,20	39,20	55,50	11,90
Pasada la floración	12,50	36,30	1,80	40,40	54,50	8,90

(\*) TND: total de nutrientes digestibles

**Tabla 10:** Composición nutritiva de henos de alfalfa según estadios en distintos momentos de corte (los datos se encuentran expresados en base a materia seca).

## Valores comparativos de hojas y tallos desecados y su influencia

Partes de la planta:	% Proteína bruta	% Celulosa	% Grasa	% Extractivos no nitrogenados	%TND	% Proteína digestible
Alfalfa hojas	24,60	15,80	3,40	19,00	64,00	19,00
Alfalfa tallos	11,40	41,30	1,40	5,70	46,00	5,70
Heno c/ mucha hoja	19,40*	25,20	2,70	14,20	58,40	14,20*
Heno c/ mucho tallo	13,60*	39,70	1,50	9,10	51,30	9,10*

(\*) notar las diferencias importantes en los valores de proteína del heno con mucha hoja respecto del heno de mucho tallo. La diferencia entre valores de proteína digestible es más importante aún que la diferencia en proteínas totales.

**Tabla 11:** Composición química comparativa de hojas y tallos de alfalfa desecados y su aporte en el heno, expresados en base a materia seca.

De acuerdo con lo observado en las tablas anteriores, el nombre de la especie o de la planta como única indicación del valor alimenticio de un forraje es insuficiente ya que varía a lo largo de su ciclo de crecimiento, por eso se ha logrado, en la clasificación, ampliar los detalles descriptivos que influyen en las variaciones de calidad y cantidad. Ver esto en los manuales del NRC, en los análisis de los alimentos.

## Variabilidad de los alimentos en su composición química

Como se mencionó, uno de los propósitos de una clasificación de los alimentos, es agruparlos por sus características nutricionales semejantes, definiendo así a alimentos que son reemplazables parcial o totalmente, unos con otros; así que puedan ser intercambiables completamente (en herbívoros más que en aves o cerdos) o en parte, entre los de una misma clase. Es decir que alimentos legítimamente incluidos en la clasificación de forrajes pueden, ordinariamente, intercambiarse en todo o en parte entre sí. Normalmente los de una clase (forrajes, por ejemplo), no serán intercambiables con los de otra clase (concentrados energéticos, por ejemplo).

Sin embargo, aun cuando algunos alimentos puedan estar agrupados en la misma clase, presentando características nutricionales semejantes, se debe tener en cuenta que distintas muestras de un mismo ingrediente puedan no tener la misma composición química que se verá reflejada en su análisis.

Diferentes muestras de maíz pueden contener de 8 a 15 % de proteína bruta y de trigo, de 10 a 19 % PB y de avena, de 7 a 17 % de PB, etc. Esta variabilidad debe ser tenida en cuenta en la sustitución de ingredientes ya que la composición química está relacionada al valor alimenticio. Está visto que es necesario considerar la variación en los alimentos y en las respuestas a los alimentos por parte de los animales y hacer los ajustes necesarios.

La clasificación de los alimentos, ya se ha dicho, no es una clasificación biológica sino una clasificación hecha por conveniencia, en la manipulación o uso de los mismos.

## TABLAS DE COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS

La sustitución entre alimentos que difieren en su composición (proteínas, fibra, energía, etc.) no altera la composición promedio de la ración o la dieta completa resultante en una suma igual a la diferencia entre los ingredientes sustituido y sustituto. Tomemos como ejemplo cinco alimentos mezclados en igual proporción (20 % en el ejemplo, para una ración para vacunos) y que al ser analizados presentan respectivamente: 10-11-12-13 y 14 % de proteínas y reemplazamos el alimento de 10 % de proteínas con uno que posee 14 % (diferencia: 4 puntos de proteínas).

% de Proteína	Cantidad aportada	Substitución
10 % x 20	2,00	-0-
11 % x 20	2,20	11 % x 20 = 2,20
12 % x 20	2,40	12 % x 20 = 2,40
13 % x 20	2,60	13 % x 20 = 2,60
14 % x 20	2,80	14 % x 40 = 5,60
total de proteína:	12,00 %	12,80 %

**Tabla 12:** Contribución de proteínas de cada alimento.

El resultado de la sustitución será de sólo 0,8 puntos de proteínas (de 12 % a 12,8 %). Es solamente con el cambio de alimentos de muy diferente composición y en mayores proporciones en las mezclas, que se afecta la composición promedio de la ración final, en forma tal que llegan a ser detectables por los resultados del uso de las dos raciones. Todas estas consideraciones tienen más valor en la alimentación de ganado vacuno, lanar y algo en cerdos criados en forma extensiva porque en su mayoría en las dos primeras especies se trata de alimentarlas (en el caso de este ejemplo) con un cierto nivel de proteínas, pero en un monogástrico entrará en consideración la sustitución de aminoácidos y no meramente de proteína bruta o proteína digestible si se prefiere.

Este ejemplo, muy simplificado para demostrar las diferencias aritméticas en los cálculos, no toma en cuenta lo que puede significar en diferencias de costos el hacer estos reemplazos. Es sólo para considerar los valores nutricionales.

*(Se lee en el Castillo del Mariscal Bessieres, regalado a él por Napoleón y ahora Instituto Agrícola de Grignon: “El Suelo es la Patria: cultivar el uno es servir a la otra”. De este texto salió el lema “Cultivar el suelo es servir a la patria” originado por el Dr. E. Olivera, en su momento presidente de la Sociedad Rural Argentina).*

En el link que figura a pie de página podrán tener acceso a un programa (software) modelo de armado de raciones para bovinos de carne elaborado por el NRC en base a sus tablas. El mismo funciona en entorno Windows con el programa Excel. También, encontrarán una guía para la utilización de este modelo correspondiente a la 8va Edición Revisada del libro Beef cattle requirements Año 2016.<sup>2</sup>

2 Ver: <https://www.nap.edu/download/19014>

## Maíz y sus subproductos

### Forrajes de volumen



Forraje verde  
verdeo



Silaje de planta  
entera de maíz



Rastrojo de maíz

### Concentrados energéticos

Grano de maíz



Maíz quebrado



Maíz molido



Maíz floculado



### Concentrados proteicos

Gluten meal



Gluten feed



Burlanda  
húmeda  
(WDG)



Burlanda seca  
(DDG)

## Soja y sus subproductos 1

### Forrajes de volumen



Forraje verde verdeo



Silaje de planta entera de soja



Rollo cola soja



Rastrojo de soja



Cascarilla de soja

## Soja y sus subproductos 2

Por clasificación el grano de soja es un concentrado proteico pero por su contenido de aceite puede utilizarse como concentrado energético



## Bibliografía

- Albersheim, A., Darvill, A., Roberts, K., Sederoff, R., Staehelin A. (2011). Plant Cell Walls, from Chemistry to Biology. In: Garland Sc. New York
- Bar-Peled, M., Urbanowicz, B. R., & O'Neill, M. A. (2012). The synthesis and origin of the pectic polysaccharide rhamnogalacturonan II—insights from nucleotide sugar formation and diversity. *Frontiers in plant science*, 3, 92.
- Bondi, A. (1989). Nutrición animal. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 546 p.
- Braidwood, L., Breuer, C. and Sugimoto, K. (2014). My body is a cage: Mechanisms and modulation of plant cell growth. *New Phytol.* doi: 10.1111/nph.12473
- Buchanan, B. B., Gruissem, W. & Jones, R. L.; (2000). *Biochemistry and Molecular Biology of Plants* 1367 (Am. Soc. Plant Physiol., Rockville, Maryland).
- Carpita N.C., Gibeaut D.M. (1993). Structural models of primary cell walls in flowering plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. *The Plant journal: for cell and molecular biology* 3:1–30. [online] URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8401598>
- Dita, M. A., Rispaill, N., Prats, E., Rubiales, D., and Singh, K. B. (2006). Biotechnology approaches to overcome biotic and abiotic stress constraints in legumes. *Euphytica* 147: 1–24
- Doane P.H., Schofield P., Pell A.N. (2014). Neutral detergent fiber disappearance and gas and volatile fatty acid production during the in vitro fermentation of six forages. The online version of this article, along with updated information and services, is located on the World Wide Web at : Neu.: 3342–3352.
- Doblin, M. S., Pettolino, F., & Bacic, A. (2010). *Evans Review: Plant cell walls: the skeleton of the plant world. Functional Plant Biology*, 37(5), 357. doi:10.1071/fp09279
- dos Anjos, A. N. A., Viegas, C. R., Gomes, R. S., & Souza, J. C. C. (2020). Methods used to determination the constituents of the fibrous fraction, a review. *Archivos de zootecnia*, 69(265), 246-256.
- Goering M. & Van Soest P.J.; (1979); Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications); Agricultural Handbook N° 379. Washington
- Graham, P.H., and C.P. Vance. (2003). Update on Legume Utilization Legumes: Importance and Constraints to Greater Use. 131: 872–877. doi: 10.1104/pp.017004.872.
- Jaurena, G, Wawrzekiewicz, M, & Colombatto, D.; 2012, Propuesta de terminología para los reportes de laboratorios de nutrición animal. Nota Técnica. *Revista Argentina de Producción Animal*, vol. 32, no. 2, pp. 135 - 147.
- Jung, H.G. and K.P. Vogel. (1986). Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. *J. Anim. Sci.* 62:1703–1712.
- Jung, H. G., Mertens, D. R., and Payne, A. J. (1997). Correlation of acid detergent lignin and klason lignin with digestibility of forage dry matter and neutral detergent fiber, *J. Dairy Sci.* 80, 1622–1628.
- Jung, H.G.(2012).Forage digestibility: the intersection of cell wall lignification and plant tissue anatomy <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/2012/12jungrms2012.pdf>.View at: Google Scholar
- McCann M.C., Carpita N.C. (2008). Designing the deconstruction of plant cell walls. *Current opinion in plant biology* 11:314–20. [online] URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18486537> (accessed 4 March 2013).
- McDonald, P. (2002). *Animal nutrition*. Pearson Education India.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. (2006). Nutrición animal 6ª ed.
- Mateos, G.G., Jiménez-Moreno, E.; Serrano, M.P., Lázaro, R.P. (2012). *Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics* The Journal of Applied Poultry Research, 21 (1), pp. 156-174, 10.3382/japr.2011-00477 %J The Journal of Applied Poultry Research.
- National Research Council. (1982). (United States-Canadian Tables of feed composition: Nutritional Data for United States and Canadian Feeds. Thrird Revision. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council (1994). *Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/2114>.
- National Research Council (2000). *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition..* Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9791>.

- National Research Council (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC
- Niu, D., Zuo, S., Jiang, D., Tian, P., Zheng, M., & Xu, C. 2018. Treatment using white rot fungi changed the chemical composition of wheat straw and enhanced digestion by rumen microbiota in vitro. *Animal Feed Science and Technology*, 237, 46–54
- Posada, S. L., Noguera R.R. (2005). Técnica in vitro de producción de gases. *Livestock Research for Rural Development* 17 (4) 17
- Ramirez Orduña, R., Ramirez Lozano, R.G., Lopez Gutierrez F. (2002). Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Ciencia UANL V*
- Shaver, R.D., Nytes, A.J., Satter, L.D., Jorgensen, N.A. (1986). Influence of Amount of Feed Intake and Forage Physical Form on Digestion and Passage of Prebloom Alfalfa Hay in Dairy Cows<sup>1</sup>, *Journal of Dairy Science*, Volume 69, Issue 6. Pages 1545-1559, ISSN 0022-0302, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80571-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80571-9).
- Somerville C., Bauer S., Brininstool G., Facette M., Hamann T., Milne J., Osborne E., Paredez A., Persson S., Raab T., Vorwerk S., Youngs H. (2004). Toward a systems approach to understanding plant cell walls. *Science* (New York, NY) 306:2206–11. [online] URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15618507>.
- Theodorou M.K., Williams B.A., Dhanoa M.S., Mcallan A.B., France J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 48:185–197.
- Tilley J. y Terry R.A., (1963). A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br Grass Soc.* 18: 104-111
- Vago, M.E. (2019). "Influencia del estrés abiótico y biótico sobre la composición de la pared celular de *Lotus tenuis*" Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires Facultad de Agronomía. Escuela para Graduados.
- Van Lier y Regueiro (2008). Digestión en retículo-rumen. Curso de anatomía y fisiología animal. Facultad de agronomía universidad de la república. Montevideo, Uruguay. P. 8.
- Van Soest, P.J. (1967).. Development of a comprehensive system of feed and analysis and its application to forages. *J. Animal Sci.* 26:119-128.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. (1991). *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition*. *J. Dairy Sci.*, 74, pp. 3583-3597
- Van Soest P.J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant (C.P. Associates, Ed.), 2nd edn. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Wawrzkievicz M. (2010). "Conocimientos y criterios para la evaluación de la calidad y concentración energética de los forrajes ensilados. Tesis doctoral Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Escuela para Graduados.
- Zhao, X., Zhang, L., & Liu, D. (2012). Biomass recalcitrance. Part II: Fundamentals of different pre-treatments to increase the enzymatic digestibility of lignocellulose. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*,

## Índice de tablas

- Tabla 1:** Componentes de la denominación de los alimentos.
- Tabla 2:** Otro ejemplo de los componentes utilizados en la denominación de los alimentos.
- Tabla 3:** Comparación de algunos componentes del nombre de distintos alimentos.
- Tabla 4:** Grupos de alimentos de la tabla de composición de alimentos del National Research Council (NRC 1994, 2000, 2001).
- Tabla 5:** Datos de la avena en grano de la tabla de composición de alimentos (NRC 2001).
- Tabla 6:** Composición química de distintos forrajes expresados en base a materia seca. (TND: total de nutrientes digestibles; FDN, fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido). (Gramíneas: bromus (*Bromus inermis*), vegetativo temprano (2-00-9560) y heno curado al sol maduro (1-00-944). Leguminosas: alfalfa (*Medicago sativa*), fresco vegetativo (2-00-180) y heno curado al sol floración completa (1-00-068)) (NRC Beef cattle, 2000).
- Tabla 7:** Clasificación de las fracciones de los forrajes y su disponibilidad nutricional.
- Tabla 8:** Digestibilidad de la fibra bruta en varias especies animales y en el hombre.

## TABLAS DE COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS

- Tabla 9:** Efecto del tamaño de partícula de heno de alfalfa de alta calidad sobre el rendimiento de vacas lecheras en lactancia (Shaver *et al.* 1986).
- Tabla 10:** Composición nutritiva de henos de alfalfa según estadíos en distintos momentos de corte (los datos se encuentran expresados en base a materia seca).
- Tabla 11:** Composición química comparativa de hojas y tallos de alfalfa desecados y su aporte en el henificado, expresados en base a materia seca.
- Tabla 12:** Contribución de proteínas de cada alimento.

## Índice de figuras

- Figura 1:** Estructura de una cadena de celulosa.
- Figura 2:** Estructura de un xiloglucano, con detalle de la cadena principal formada por D-glucosa unidas  $\beta$ 1-4 con ramificaciones de D-xilosa  $\alpha$ 1-6.
- Figura 3:** Estructura de una pectina: homogalacturonano.
- Figura 4:** Estructura de una pectina: ramnogalactouronano I y II.
- Figura 5:** Fragmentos mostrando estructuras posibles de glucuronoarabinosilanos.
- Figura 6:** Interacción entre el xiloglucano (XG) y las microfibrillas de celulosa.
- Figura 7:** Estructura de los glucanos mixtos en la que se ve la influencia de los enlaces  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3) intercalados entre unidades mayoritariamente de celotriosa y celotetraosa.
- Figura 8:** Modelo molecular a escala de la pared celular de una hoja de Arabidopsis. La cantidad de cada polímero se basa en su razón respecto del contenido de celulosa. La cantidad de celulosa representada es menor a la real, para mayor claridad del esquema. XG: xiloglucanos, GAX: glucuronoarabinosilanos, RGII: ramnogalacturonano II, RGI: ramnogalacturonano I, HG: homogalacturonano. Tomado de Somerville *et al.* 2004.
- Figura 9:** Esquema de una célula vegetal (FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido).
- Figura 10:** Tasa de fermentación de los componentes de la alfalfa en el rumen (Adaptado de Church, 1988; Van Lier *et al.* 2008).
- Figura 11:** Hidratos de carbono componentes de los tejidos vegetales y su relación con distintas metodologías de análisis. CNE: carbohidratos no estructurales; Csol: carbohidratos solubles; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido.
- Figura 12:** Esquema de la clasificación de los alimentos y sus principales divisiones.



# FORRAJES

Teniendo en cuenta los puntos expuestos en el capítulo anterior y volviendo al tema de forrajes o alimentos voluminosos, observamos que los forrajes, son la base de la alimentación de los rumiantes en la mayor parte de su ciclo de vida, dependiendo del tipo de producción. Tienen más de 18 % de fibra bruta o más de 32 % de fibra detergente neutro (FDN) y/o más de 22 % de fibra detergente ácido (FDA). Por la posibilidad de ser fermentados y digeridos por las bacterias y otros microorganismos ruminales aportan energía aprovechable por las mismas bacterias y por los huéspedes de las mismas, pero el rendimiento en energía neta o en el total de nutrientes digestibles (TND) es relativamente bajo al compararlo con la digestión de igual cantidad de energía bruta contenida en hidratos de carbono solubles (almidón y/o azúcares).

La reducción en volumen de un forraje, por molienda, no lo convierte en un concentrado. Un forraje está constituido principalmente por las paredes celulares de las plantas, como explicamos en el capítulo anterior, principalmente en las pasturas, los verdes, henos y rastrojos. El caso de los silajes, por ejemplo: los silajes de planta entera de maíz y de sorgo, son estrictamente una mezcla de forraje y concentrado energético por el grano que contienen, pero aun así se los sigue considerando forrajes por el contenido de fibra y por su digestibilidad.

En la práctica, se relaciona a los forrajes principalmente, aunque no exclusivamente, con la alimentación de animales herbívoros, donde cumplen un rol fisiológico (en la salud del rumen, por ejemplo), además de suministrar energía y nutrientes (hidratos de carbono, proteínas, lípidos, minerales, vitaminas y agua).

Al igual que con los otros alimentos, los forrajes pueden ser parcialmente descriptos desde el punto de vista nutricional en términos químicos. Sin embargo, la concentración de varios nutrientes encontrados en los forrajes es de menor importancia en su uso. Por ejemplo, los forrajes son buenos recursos de varias vitaminas del grupo B pero como los microorganismos del aparato digestivo de los herbívoros normalmente sintetizan todo el complejo B que necesitan, la presencia de vitaminas ya elaboradas en el forraje no es de mayor importancia salvo el caso de la provitamina A ( $\beta$ carotenos).

El porcentaje de extracto etéreo (EE) de los forrajes tampoco es una buena guía para aportar información sobre su calidad puesto que además de presentar una cantidad baja, la mayor parte de los compuestos extraídos por el proceso químico son compuestos similares a las grasas y no grasas verdaderas (ceras, cutina, entre otros).

En lo que respecta al contenido de minerales, su abundancia o relativa deficiencia, en los diferentes forrajes no es ordinariamente un factor importante en la elección del forraje a suministrar. Lo que se suministra es lo que crece a la vista, es decir, el follaje fresco o preservado, en la mayoría de los casos, y la deficiencia con respecto a los minerales es corregida por suplementación en la forma de sales minerales sueltas en bateas, en la vecindad de los bebederos, o en bloques compactos, o el agregado de los minerales faltantes

en los forrajes a la mezcla de alimentos concentrados si éstos son parte del programa de alimentación. También pueden suministrarse en forma inyectable (por ejemplo, el magnesio y el cobre). El forraje que vaya a integrar el 100 % de la dieta puede necesitar fósforo, salvo que esté integrado por leguminosas en todo o en parte de la dieta y según edad y estado de producción del animal a alimentar.

En resumen, un forraje es, casi siempre económica y nutricionalmente importante en la dieta de herbívoros y especialmente en los rumiantes, como fuente de volumen (fibra), energía y proteínas y su factor limitante es el rendimiento de energía disponible (y de proteínas, si no se tratan de plantas jóvenes y bien manejadas). La energía de pasturas, henos y silajes es más económica que la de los concentrados. Se tiende a dar a los rumiantes el máximo de consumo de forrajes, y luego balancear el déficit de energía y proteínas con forrajes conservados y/o con concentrados en los animales de alta producción o en los casos de escasez de forrajes (sequías, inundaciones, falta de oferta forrajera en el invierno o campos pobres).

Los forrajes presentan mayor contenido de calcio, minerales trazas, mayor porcentaje de proteínas (caso de las leguminosas), son mejores fuentes de vitaminas del grupo B y presentan un mejor aporte de vitaminas liposolubles en relación con la mayoría de los concentrados. Son palatables para los rumiantes; limitados en su uso para monogástricos (por ejemplo: cerdos y aves) en donde su función principal no es el aporte de energía sino el de favorecer la motilidad en el tracto digestivo, evitando la constipación (cerdas reproductoras) y favoreciendo el aprovechamiento de la dieta agregándolos en poca concentración (aves). Los forrajes, son requeridos, además, para la dieta de lecheras en lactancia para ayudar a mantener un nivel normal de grasa butirométrica/butirosa en la leche y la salud ruminal (McDonald *et al.*, 2006).

Los alimentos voluminosos (forrajes) son más variables en valor nutritivo y aceptación (palatabilidad) que los concentrados debido a variaciones en su estado de madurez a la cosecha (heno o silaje) o en su consumo (pasturas cultivadas, praderas naturales, pastoreos diferidos) y debido también a los procesos de conservación. El manejo que se hace de los forrajes puede hacer variar su aporte nutritivo.

#### **Forrajes: comparación de leguminosas con gramíneas (en porcentaje de materia seca)**

Especies	Proteína	Fibra	FDN	FDA	Lignina
Leguminosas	Henos de alfalfa				
Vegetación temprana	23	20	38	28	5
Pre-floración	20	22	40	29	7
Floración temprana	18	23	42	31	8
50 % de floración	17	26	46	35	9
Plena floración	15	29	50	37	10
Gramíneas	Bromus inermis				
Pastura temprana	18	24	56	31	3
Pastura madura	7	38	72	44	9
Heno prefloración	16	30	65	35	4
Heno plena floración	6	32,2	70,5	44,8	8

**Tabla 1:** Comparación química de forrajes de leguminosas y de gramíneas a lo largo de su ciclo de crecimiento (National Research Council 2000, 2001).

El valor nutritivo de los forrajes va variando a lo largo de su ciclo de crecimiento como se observó en la tabla 1. Los cambios que experimenta el vegetal desde sus etapas de crecimiento vegetativo hasta las etapas de crecimiento reproductivo, semillazón y senescencia implican cambios muy marcados en su composición química que afectan su palatabilidad, consumo voluntario y su digestibilidad. Las paredes celulares vegetales (constituyen la fracción fibra) son las que más afectan la digestibilidad de los forrajes siendo importante saber no sólo la cantidad presente sino también su composición química. El contenido de lignina y el grado de lignificación de las paredes celulares agregará mayor variabilidad a la digestibilidad. Las gramíneas tropicales suelen presentar menor digestibilidad que las gramíneas de las zonas templadas ya que poseen un mayor contenido de haces vasculares con mayor presencia de lignina en sus hojas que dificulta la fermentación ruminal de esos tejidos (McDonald *et al.*, 2006). Los forrajes de zonas templadas son de mayor digestibilidad, presentan mayor cantidad de hidratos de carbono solubles y, generalmente, mayor porcentaje de proteína bruta.

El porcentaje de proteína de la ración puede afectar la digestibilidad de los forrajes ya que los microorganismos ruminales necesitan un mínimo proteico, una deficiencia de nitrógeno en el líquido ruminal limitará el crecimiento microbiano afectando la digestibilidad de las paredes celulares (McDonald *et al.*, 2006).

También el manejo de pastoreo (tiempo, carga animal: cantidad de animales/sobre superficie destinada al pastoreo, estadio fenológico de las especies pastoreadas y densidad del canopeo) impacta sobre el consumo y puede afectar el valor nutritivo de las especies pastoreadas (Minson, 2012).

El ganado pastoreando pasturas templadas usualmente presenta mayores ganancias diarias de peso vivo o mayor producción de litros de leche por día que el ganado pastoreando pasturas tropicales (Wilson & Minson, 1980). Esta diferencia se debe a la reducción en el consumo voluntario de energía digestible en las pasturas tropicales. Los forrajes tropicales presentan mayor porcentaje de pared celular (resistente a las enzimas de los animales). En los rumiantes, la digestibilidad del contenido celular es de alrededor del 98 %. Por lo tanto, la atención en los forrajes se dirige principalmente a sus paredes celulares. El aprovechamiento de esas paredes celulares va a estar afectado por su estructura y composición química, por la interrelación entre sus componentes, también por el grado de lignificación, su distribución y composición, la cantidad de sílice y del grado de daño por calor (en henos y silajes) resultante de la formación de un compuesto insoluble con proteínas y productos de la degradación de carbohidratos (efecto Maillard) (Albersheim *et al.*, 2011).

**Comparación de forrajes tropicales y forrajes de zona templada  
(porcentaje base materia seca)**

Forraje	Digestibilidad	Proteína bruta	Pared celular	Lignina	Carbohidratos solubles
Zona templada					
alfalfa	60	17	40	7,5	33
silaje de maíz	70	9	45	3,0	40
pasto ovillo, joven	70	15	55	4,3	21
timote (maduro)	52	7	68	7,3	20
Zona tropical					
pasto pangola	54	11	70	7,0	10
maíz de guinea	54	9	70	8,0	9
bermuda grass	50	9	77	7,0	8
pasto elefante	50	9	72	8,0	9

**Tabla 2:** Comparación de la composición química de forrajes de zonas templadas y forrajes tropicales en porcentaje base materia seca (Van Soest, 1971).

**Fibra: digestibilidad**

Algunos datos para tener en cuenta: cuanto mayor sea el porcentaje de fibra en un forraje y cuanto mayor proporción de pared celular respecto de contenido celular, mayor será la proporción de celulosa, hemicelulosa y lignina y sus valores respectivos de digestibilidad dicen del efecto sobre la digestión de la dieta (ver tabla 3).

Fracción	Digestibilidad en %	Fracción	Digestibilidad en %
Contenido celular (*)	93 -98	Fibra detergente ácido	30
Hemicelulosa	79	Lignina	0
Paredes celulares	62	Cenizas	0
Celulosa	50	-	-

(\*) Son hidratos de carbono.

**Tabla 3:** Digestibilidad del contenido celular y de distintas fracciones componentes de la fracción fibra (Chandler *et al.*, 1980).

La relación entre FDA y digestibilidad tiene sus variantes pues el clima y la estación del año ejercen su influencia haciendo variar los valores de digestibilidad según la región del país y también, de un año para otro. La explicación está en que la lignificación de los vegetales se ve influenciada por las temperaturas altas mientras que la producción de celulosa, a través de la fotosíntesis se ve afectada por la luz y la duración del día. Esto hace que la relación lignina: celulosa se invierta luego del 21 de diciembre en nuestro hemisferio: cuando la luz decrece cada día y la temperatura ambiente aumenta (a más temperatura, más lignina y a días más cortos menos producción de celulosa). Es por esto, que el National Research Council (NRC) para vacas lecheras en su edición 2001 usa la FDN más la lignina para estimar la digestibilidad de los forrajes y lo mismo hacen varios modelos preparados por distintas universidades norteamericanas (Cornell y Pennsylvania, entre otras) para esa estimación.

### **Resumen de conocimientos de capítulos anteriores**

#### **Forrajes de volumen o simplemente forrajes**

**Presentan más de 18 % de fibra bruta o más de 32 % de FDN y/o más de 22 % de FDA (relativamente bajos en energía); se los divide en tres grupos importantes.**

De acuerdo a lo presentado en el capítulo anterior, los forrajes se clasifican en: forrajes secos (IFN 1), pasturas y verdeos (IFN 2) y silajes (IFN 3). También se pueden encontrar otras clasificaciones que los dividen en forrajes verdes (abarca: verdeos de invierno y verano, pasturas mono y polifíticas, campo natural); y forrajes conservados (abarca silajes, henolajes, henificados, restos de cosecha y diferidos).

**Forrajes secos:** Tienen alto contenido de fibra bruta y alto contenido de materia seca (baja humedad). Aportan baja cantidad de energía neta por kilogramo de materia seca comparado a un forraje verde. Alto contenido de celulosa y lignina. En promedio aportan un 50 % de TND ó 2200 Kcal/kg.

Los principales grupos dentro de los forrajes secos son:

-**henos** o **henificados**: constituidos por plantas enteras secadas al sol. Pueden realizarse en base a leguminosas o fabáceas (alfalfa, tréboles, melilotus, lespedeza, vicia, entre otras), en base a gramíneas o poáceas (avena u otros cereales, sorgo, moha, etc.) o por la combinación de algunas de ellas al henificar praderas polifíticas.

-**pajas de cereales** (por ej.: paja de trigo, cebada y otros cereales) luego de la cosecha de las espigas o de las vainas para obtener el grano, se hace otra pasada para cortar el material remanente hasta cerca de la superficie del suelo, este material cortado, en general luego es hilerado y enfardado (fardos o rollos).

-**rastrajos de cosecha** (maíz, sorgo, soja y de otros cultivos, naturalmente secas, no deshidratadas artificialmente). Pertenecen a este grupo también cáscaras de semillas y frutos (cáscara de avena, de maní, de algodón, de papas) y hojas de algunos árboles y arbustos secas que a la madurez caen de las plantas (dehiscencia natural) y pueden ser pastoreadas. Dentro de la clasificación de forrajes continuamos:

**Pasturas y verdeos:** pueden ser naturales o implantados y se pueden pastorear en forma directa, en forma diferida o por pastoreo mecánico (cortado y suministrado verde). Incluye a todos los alimentos en forma de plantas en pie (no cortadas y conservadas ni curadas al sol). Incluye a todos los forrajes verdes, pasturas implantadas mono o polifíticas, praderas naturales o "campos naturales", y praderas naturales diferidos.

Los principales grupos dentro de este tipo de forrajes son:

**verdeos de invierno** (por ej.: verdeos de avena, de cebada, de trigo)

**verdeos de verano** (por ej.: verdeos de moha, mijo, alpiste, sorgo)

**pasturas monofíticas** (por ej.: festuca o rye grass) o polifíticas (por ej.: lotus y agropiro; trébol rojo, cebadilla, phalaris, entre otras).

**praderas naturales**, comúnmente llamadas "campos naturales"

**diferidos**, son campos naturales o pasturas que en lugar de ser pastorearlos cuando están verdes, se difiere su consumo y se los pastorea cuando están en pie, pero secos y semillados.

**Silajes de planta entera:** los silajes de planta entera (solamente la parte aérea de las plantas sin incluir las raíces), son forrajes verdes conservados en el tiempo luego de un proceso de fermentación anaerobia. Una vez que el cultivo a ensilar llega a una cierta relación de humedad y materia seca, se produce la cosecha, picado y compactado del material cosechado. El material debe mantenerse compactado y tapado, ya sea en una bolsa, en un bunker o en un silo tipo torta. Dentro de ese silo se desarrollarán distintas etapas que se describirán en detalle en el apartado específico de silajes. Las especies más comúnmente utilizados son los silajes de planta entera de maíz y de sorgo también, aunque es un poco más compleja su correcta conservación, el silaje de planta entera de alfalfa.

## FORRAJES “SECOS”

### Henos (“hays” en inglés) (IFN 1 xx xxx)

Los henos son el resultado de la conservación de forrajes por deshidratación natural (por secado al sol) para evitar la multiplicación de hongos y bacterias y su acción perniciosa sobre el material. De 70 a 80 % o más de agua contenida en los forrajes a henificar pasan a 15-20 o a 25 % en el forraje henificado. De 100 kg de pasto con 20 a 25 % de materia seca (80 a 75 % de agua) pasan a 20 kg de heno con 85 a 75 % de materia seca. Eventualmente el heno termina con 15 % de humedad (85 % de materia seca) al quedar en equilibrio con el medio ambiente. Los 5 a 10 puntos más de humedad con el que se lo puede llegar a manipular para enfardar o hacer “rollos” se perderán eventualmente y es necesario que así sea para no correr el peligro de “arderse”: efecto resultante del calentamiento del forraje húmedo por la actividad microbiana estimulada por esa humedad y por la presencia de nutrientes solubles que les facilitan su multiplicación al metabolizarlos a su favor.

Los henos son, como reservas de forrajes, una parte de la columna vertebral de la alimentación de las vacas lecheras (junto con los silajes) en varias partes del mundo; con los silajes ganando terreno sobre los henos. (En un menor número de países, el nuestro es uno de ellos, las pasturas son esa columna vertebral y los henos y silajes, sus reservas, los complementos esenciales en épocas de escasez de pasturas).

#### **Henos de leguminosas ó fabáceas:**

Los **henos de leguminosas o fabáceas** tienen generalmente más proteínas que los de gramíneas o poáceas pero la energía de ambos es similar si son cosechados con el mismo grado de madurez y bajo las mismas condiciones ambientales (clima). Hay diferencias en la digestibilidad de la fibra y la lignina es responsable de la digestión incompleta de celulosa y hemicelulosas. Las gramíneas tienen mayor contenido de sílice que las leguminosas y esto afecta también la digestibilidad de los carbohidratos llamados estructurales (celulosa, hemicelulosas y pectinas).

La lignina y el contenido de sílice deprimen la digestibilidad. Esta digestibilidad de los forrajes varía a distintos niveles de ingesta y esto afecta la energía. El total de nutrientes digestibles (TND) y la digestión de un forraje disminuyen al aumentar la ingesta.

Medir el consumo por animal es una de las mayores dificultades que enfrenta el ganadero. El consumo voluntario se ve afectado por varios factores uno de los cuales, y de los más importantes, es la calidad del forraje. El consumo está influenciado por el peso del animal. En condiciones promedio, el vacuno consume alrededor de 2 kg de equivalente heno, de calidad promedio, por cada 100 kg de peso vivo. Se usa el equivalente heno para definir el consumo de forrajes. Un equivalente heno es el consumo de 1 kg de heno por 100 kg de peso vivo.

Consumiendo excelente forraje pueden llegar a consumir 2,5 a 3 kg de equivalente heno por 100 kg de peso vivo. Si el forraje es pobre, el consumo de equivalente heno puede bajar a 1,5 kg o menos (ocurre con los pastos más pobres y con los restos de cosecha: pajas y rastrojos).

Los henos son una de las formas de reserva de forrajes más utilizadas en zonas templadas. Como se observará más adelante es de vital importancia realizar un correcto proceso de henificado y un correcto almacenamiento de los rollos, fardos o megafardos obtenidos para reducir al mínimo las pérdidas por un mal proceso de henificado y/o mal almacenaje que pueden ser mayores que las de cualquier cosecha agrícola. Hay mayor diferencia entre un heno bueno y uno malo de una misma especie, que entre los henos de dos especies forrajeras diferentes.

Cada vez que se menciona a un alimento como el mejor en su grupo se asume que se trata del que ofrece el mejor análisis relativo a su valor nutritivo, en su zona de cultivo (por ejemplo: alfalfa en la pampa húmeda y en zonas de riego). El heno de alfalfa (IFN 1-00-059...) es el mejor de su grupo, le sigue el heno de trébol (IFN 1-01-378...). Por otra parte, donde no se dan las condiciones para ese mejor alimento, otro pasa a ocupar su lugar en la zona en cuestión. Por ejemplo, en zonas con suelos más compactos y/o mal drenados que los de la pampa húmeda, de menor posibilidad de facilitar el desarrollo de una raíz pivotante, los henos de lotus son la mejor opción dentro de las leguminosas o el heno de agropiro y lotus o solo de agropiro teniendo en cuenta también gramíneas.

### **Ventajas del heno de las leguminosas**

Las leguminosas producen gran cantidad y calidad de forraje por hectárea y presentan muy buena palatabilidad. Sus rindes son más altos en cantidad y calidad de proteína que otros forrajes (bien por encima de 10 % en base a materia seca); altos en calcio (por encima de 0,9 % de calcio); con un buen aporte de provitamina A y el henificado es rico en vitamina D2. Por otra parte, las leguminosas no son esquilantes del suelo ya que mejoran su fertilidad debido al aporte de nitrógeno que obtienen por fijación simbiótica de nitrógeno del aire producida por rizobios y micorrizas. Su combinación con gramíneas es excelente (Graham & Vance, 2003; Dita *et al.*, 2006).

Las leguminosas poseen, generalmente, más lignina que las gramíneas, presentado mayor concentración en los tallos que en las hojas, pero ésta se sitúa en mayor proporción en los haces vasculares. Es por esto, que no disminuye tanto su digestibilidad al avanzar el ciclo del cultivo en comparación con las gramíneas. Las hojas presentan mayor digestibilidad que los tallos y es muy importante evitar las pérdidas de las mismas al momento de hacer el henificado. Las leguminosas pueden también contener niveles más altos de compuestos de la familia de los estrógenos y taninos (Vignolio & Fernandez, 2006; Escaray *et al.*, 2012).

### **Recomendaciones para obtener un heno/henificado de calidad**

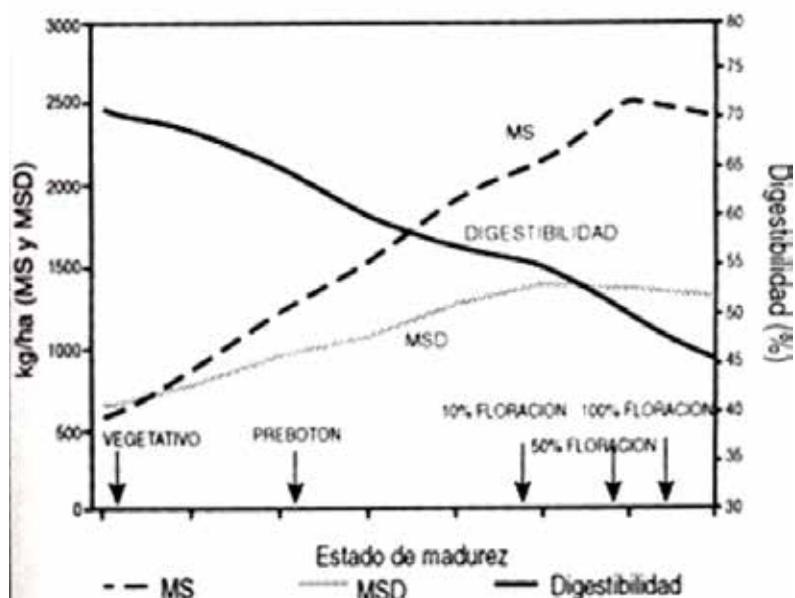
**Elección del lote:** es muy importante elegir en forma correcta el lote a utilizar, ver fertilidad, cultivos antecesores, plagas y malezas presentes. También es de suma importancia elegir el mejor momento del año para implantar la pastura según las necesidades de la especie/es a establecer, período libre de heladas y posibilidad de ataque de plagas (por ej. ataque temprano de pulgones según la zona).

Realizar una buena **cama de siembra**, pareja, sin surcos, entresurcos profundos o camellones marcados que hayan quedado de siembras anteriores. De este modo se evitará levantar tierra o perder material al momento de levantar las andanas.

Respecto a la siembra: adecuar profundidad, densidad y distancia entre plantas de acuerdo con la especie a implantar (pradera monofítica, una sola especie), o las especies

a implantar (pradera polifítica, varias especies). Realizar un buen control de malezas y enfermedades.

Una vez obtenido un **cultivo bien implantado** con buena densidad de plantas, es muy importante elegir el momento óptimo para el corte teniendo en cuenta la producción en materia seca y la digestibilidad tratando de buscar un equilibrio entre la cantidad de kilogramos producidos por hectárea y su digestibilidad (ver figura 1).



**Figura 1:** Relación entre los kilogramos producidos y la digestibilidad en distintos estadios de crecimiento de leguminosas (MS; materia seca; MSD: materia seca digestible), (adaptado de Blaser, 1985) (Horrocks & Vallentine, 1999)

**Corte, acondicionado e hilerado:** el material vegetal se corta cercano al suelo, es por esto, que se recomienda no hacer pasturas para henificar en lotes con suelos muy desparejos con presencia de huellones, camellones o surcos muy marcados ya que quedará material sin cosechar o si se cosecha, probablemente se levante con tierra que quedará en el henificado afectando su calidad.

Al cortar el material se lo acondiciona y se arman andanas. Esto se realiza para que se produzca el curado o secado parcial del material al sol. De este modo el material pierde humedad reteniendo las hojas y parte de su color. Lo ideal es que este periodo de tiempo coincida con días soleados y secos para que sea lo más corto posible y así minimizar las pérdidas. Con un muy buen manejo se calculan pérdidas de un 5 % del material en esta etapa.

Luego de ser cortadas las plantas, las células vegetales viven por un período corto de tiempo, sumado a la acción enzimática y a los microorganismos presentes en ese material con alta humedad se producen pérdidas de azúcares, almidón, vitaminas y compuestos nitrogenados hasta que la humedad baja a 35-40 %. Si se amontona mucho material húmedo en las andanas y el secado es muy lento, puede producirse calentamiento y esto favorece la multiplicación de bacterias, hongos y levaduras que afectan a los hidratos de carbono y a las proteínas. Es aconsejable que no exista gran cantidad de malezas en el lote, por ejemplo, cardos que aumenten la humedad del material cortado en la andana. Al momento de levantar las andanas para confeccionar los fardos, megafardos o rollos es muy

importante evitar el ingreso de materias extrañas (malezas o tierra) que pueden afectar la calidad del henificado (Bragachini *et al.* 2018).

En nuestro país los fardos, megafardos y rollos de alfalfa originarios de Santiago del Estero tienen la fama de ser los mejores del país debido a las condiciones climáticas óptimas para su producción y rápido secado (alta luminosidad, baja probabilidad de lluvias, baja humedad). En cambio, el hacer un buen henificado en zonas húmedas y de poca luminosidad solar es difícil.

### **Resumiendo**

La calidad de un henificado nunca será superior al material de la pastura que le dio origen. Al henificar conservamos forraje seco. Esto se logra por una rápida evaporación del agua contenida en los distintos tejidos de la planta hasta a niveles menores al 20 % de humedad. Los henificados se estabilizan con un 85 % de materia seca o 15 % de humedad aproximadamente. Así se reducen los procesos respiratorios, y se inhibe el crecimiento de hongos y bacterias

Puntos clave:

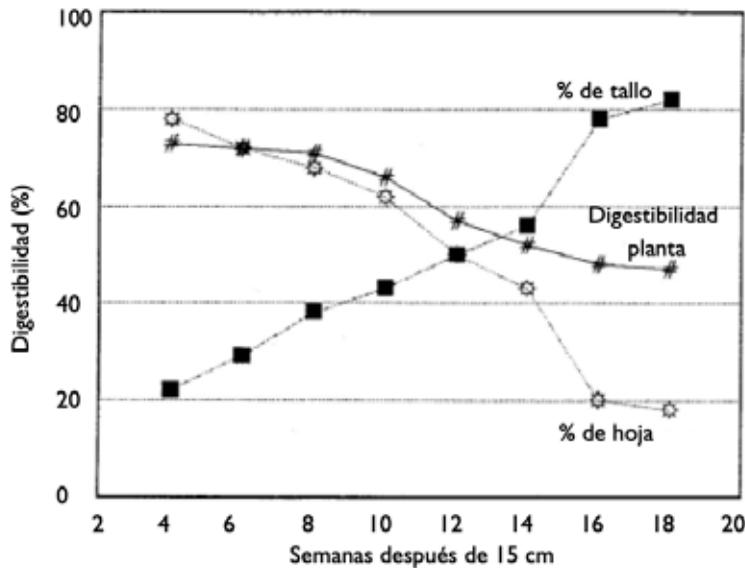
- elección del lote
- preparación de la cama de siembra
- densidad de siembra y siembra (obtener buena densidad de plantas, un cultivo parejo)
- control de plagas y enfermedades
- momento de corte,
- corte (altura-ancho-momento del día-sistema usado), acondicionamiento y armado de andanas
- inversión y recolección de andanas
- armado de fardo, megafardo o rollo
- forma de dar al animal para su consumo (atención pérdidas!!!!)

El henificado constituye una forma de aportar fibra "clave" para muchas producciones, sus funciones en la dieta son variadas. Se utilizan para aportar fibra y equilibrar las raciones de los primeros pastoreos de verdes de invierno muy aguachentos (bajo porcentaje de materia seca). Sirven para equilibrar dietas con elevada proporción de concentrados aportando fibra efectiva para evitar o atenuar problemas de acidosis a nivel ruminal. Se utilizan para el acostumbramiento de animales a nuevas dietas en la recepción de animales en feedlot, aportando un alimento palatable con fibra de calidad (heno de alfalfa) entre otros ejemplos.

En la producción ganadera la fibra es necesaria para el correcto funcionamiento del rumen y debe tener una calidad que no limite el consumo voluntario de los animales. Un alimento fibroso con alta celulosa y lignina, limitará la ingesta y la incorporación de otros nutrientes. La planta, constituida principalmente por tallos y hojas, a medida que va avanzando en su ciclo de madurez va aumentando la proporción de tallos y disminuyendo la proporción de hojas, disminuyendo su digestibilidad y su consumo potencial afectando su valor nutritivo ya que en los tallos va aumentando la proporción de celulosa y celulosa ligada a lignina. Teniendo esto en consideración al henificar debe tratarse de conservar la mayor proporción posible de hojas que varían menos en su composición química y presentan mayor digestibilidad.

**Henos: efectos del momento del corte del cultivo**

De acuerdo con lo presentado en el resumen, observar en la figura 2 la relación entre digestibilidad de la planta entera de alfalfa y la proporción en la relación hoja/tallo



**Figura 2:** Relación entre digestibilidad de la planta entera de alfalfa y la relación hoja/tallo (Christian, Jones & Freer extractado de Bragachini *et al* 2008)

El momento de corte del cultivo es clave en la obtención de un henificado de calidad (ver tabla 4).

Henos de:	% Proteína	%TND (total de nutrientes digestibles)	Energía neta de lactancia (Mcal/kg)	% Calcio
<b>Gramíneas</b>				
vegetativo tardío	12,20	67	1,52	0,40
plantas maduras(*)	7,80 <sup>(1)</sup> (36 % - que 12,2)	57 <sup>(3)</sup> (15 % - que 67)	1,29 <sup>(5)</sup> (15 % - que 1,52)	0,36 <sup>(7)</sup> (10 % - que 0,40)
<b>Leguminosas</b>				
vegetativo tardío	22,60	63	1,42	1,50
plantas maduras(*)	16,70 <sup>(2)</sup> (26 % - que 22,6)	55 <sup>(4)</sup> (12,7 % - que 63)	1,23 <sup>(6)</sup> (13 % - que 1,42)	1,20 <sup>(8)</sup> (20 % - que 1,50)

(\*): Además de menos proteínas, TND, energía y calcio, hay menos carotenos y más fibra que no figuran en esta tabla (y sus consecuencias: menor aporte de vitamina A y menor digestibilidad con menor consumo voluntario, respectivamente).

(1) hasta (8): muestran las disminuciones de valores de análisis de las "plantas maduras" respecto del "estado vegetativo" para cada grupo de henos. Es más notable la disminución de niveles de proteína (y de carotenos, el cual no figura en esta tabla).

**Tabla 4:** Efectos del momento de corte en la calidad nutricional de henificados de gramíneas y leguminosas (Jurgens, 1997).

## FORRAJES

El secado bien hecho minimiza las pérdidas de digestibilidad del heno respecto de las mismas plantas verdes. Se muestran a continuación las pérdidas que pueden ocurrir por mal henificado: pérdidas de hojas y otras partes finas, por quebrarse, al estar muy secas. Entonces sí, con estas pérdidas, habrá menor digestibilidad (ver Tabla 5).

### Porcentaje de hojas y tallos según contenido de humedad en henos de alfalfa

Alfalfa	Humedad (%)	Hojas (%)	Tallos (%)
Planta en pie	80	50	50
Proceso de henificado	25	45	55
	20	40	60
Henificado	15	35	65

**Tabla 5:** Porcentaje de hojas y tallos según el contenido de humedad en henos de alfalfa.

Las hojas de alfalfa tienen cerca de 30 % de proteínas. La planta en pie, con 80 % de humedad posee aproximadamente 50 % hojas y 50 % tallos. Con 25 % de humedad tiene 45 % hojas y 55 % tallos; con 20 % de humedad un 40 % hojas y 60 % de tallos y con 15 % de humedad posee 35 % hojas y 65 % de tallos. La reducción de la humedad muestra el proceso del henificado.

Enfardando con más humedad se retienen más hojas mejorando el valor nutritivo pero, no se puede correr el riesgo de los efectos de esa humedad, cercana al 25-30 % sin tratar el material a enfardar con productos inhibidores de hongos a base de ácido propiónico o sus derivados (entre otros productos para el mismo efecto), que se aplican al entrar en la enfardadora o en la máquina de hacer rollos. Esta aplicación se debe hacer lo más uniformemente posible para evitar áreas de material sin tratar que provocarían focos de calentamiento y destrucción de valor alimenticio (el material se pudre). La preservación de mayor cantidad de hojas tiene, también, la capacidad potencial de aumentar la digestibilidad del heno haciéndolo más rápidamente degradable en el rumen. Con esta protección, cuando la humedad del heno llega a 25 %, está en condiciones para enfardar.

Las lluvias, sobre el material cortado para henificar (andanas), producen pérdidas de nutrientes solubles por lavado o lixiviación (ver tabla 6), y el sol excesivo produce el blanqueado del material lo que indica la destrucción de carotenos (provitamina A) además de favorecer la pérdida de hojas desprendidas (pérdida de proteínas) (Rotz & Abrams, 1988).

### Efecto de la lluvia sobre la calidad del heno: (valores en % base materia seca)

Henos:	Proteína bruta (%)	Proteína digestible (%)	Fibra bruta (%)	Lípidos (%)	Extractivos no nitrogenados (%)	TND (%)
de tiempo seco	18,70	13,70	26,50	3,90	38,70	54,90
afectados por lluvia	11,00	7,80	38,80	3,80	33,60	51,60

**Tabla 6:** Efecto de la lluvia sobre la calidad nutricional del heno.

Como se mencionó anteriormente, siempre hay alguna pérdida de nutrientes en el proceso de henificación, principalmente de hidratos de carbono que se reducen a anhídrido carbónico y agua.

*La próxima vez que te sientas poco importante prueba un poco de aritmética: gente que se unió y que contribuyeron a tu existencia.*

$1(\text{Ud-Yo.}) = 2(\text{Sus/Mis Padres}) = 4(\text{Sus/Mis abuelos}) = 8(\text{Sus/Mis bisabuelos}) = 16 = 32 = 64 = 128 = 256 = 512 = 1.024 = 2.048 = 4096 = 8.192 = 16.384 = 32.768 = 65.536 = 131.072 = 262.144 = 524.288 = 1.048.576$  (cada cuatro generaciones son un siglo)

**Rev. Gene Britton, East Point, Georgia, EE. UU.**

### **Heno de alfalfa, *Medicago sativa* (alfalfa hay or lucern hay en inglés) (IFN 1-00-054)**

El heno de alfalfa es el mejor heno y el que se toma de patrón para comparar con los otros henos.

La alfalfa es una planta perenne que posee un sistema radicular profundo, extenso, lo que la hace bastante resistente a la falta de lluvias suficientes. Requiere suelos profundos y bien drenados para cultivarla. Su heno tiene un adecuado balance de proteínas, minerales y vitaminas y, por su gran palatabilidad, los herbívoros lo comen en abundancia.

Generalmente es el recurso forrajero preservado más económico en competencia con los silajes, particularmente en lo que respecta a proteínas, al punto que en algunos casos sólo es necesario balancear la dieta con energía porque la proteína ha sido satisfecha por el heno de alfalfa (caso de vacunos de carne, de lanares y de vacas lecheras de baja producción: menos de 18 kg/día).

El heno de alfalfa tiene efecto laxativo para los vacunos lo cual es una buena cualidad ya que facilita la evacuación que en estos animales es voluminosa por tratarse de restos de forrajes de un consumo que puede llegar a ser en vacas lecheras en producción, en el pico de consumo, por ej. de hasta del 4 % de materia seca respecto de su peso vivo en donde el 60 % o más será se forraje.

Por supuesto que la calidad del heno de alfalfa, como todos los henos, puede variar mucho según el estado en que se cortó y cómo se henificó. El contenido de carotenos o pro-vitamina A, que disminuye con el tiempo de henificado y con la forma en que se manipula y conserva el heno es, en alfalfa, suficiente para cubrir las necesidades del ganado vacuno.

### **El efecto del estado de madurez sobre la proteína de la alfalfa es característico para todas las leguminosas**

Antes de floración: 14 % proteína digestible y 22 % de fibra;

Entre 10 % y 50 % floración: 10 % proteína digestible y 29 % de fibra

En plena floración: 9 % proteína digestible y 33 % de fibra

Entre 14 y 9 % de proteínas hay un 40 % de diferencia y, como se ve en las cifras, el contenido de fibra varía inversamente proporcional al de la proteína.

### Solubilidad y degradabilidad de las proteínas de algunos forrajes

Alimento	Fraccionamiento de la proteína (*)				
	Proteína bruta (%)	Proteína soluble (%)	Proteína degradable (%)	Proteína no degradable (%)	Proteína ligada (%)
Heno de alfalfa	20	20(4)	72(14,4)	28(5,6)	5(1)
Silaje de alfalfa (**) <i>b.d.</i>	20	45 % de 20	80 % de 20	20 % de 20	10 % de 20
Silaje de alfalfa (***) <i>a.d.</i>	20	60	90	10	10
Silaje de maíz	8,5	50	73	27	4

(\*): las fracciones de proteínas se presentan como % del total de la proteína bruta; para el caso de heno de alfalfa se muestran, entre paréntesis, los valores reales de la proteína bruta representados por los porcentajes: 4 % de proteína soluble que es el 20 % de la proteína bruta; 14,4 % de proteína degradable que es el 72 % de la proteína bruta y así los otros dos valores.

(\*\*): se trata de silaje de alfalfa de baja digestibilidad (*b.d.*).

(\*\*\*): silaje de alfalfa de alta digestibilidad (*a.d.*).

Notar las diferencias en los valores de proteínas solubles, degradables y no degradables (o de pasaje o de "by pass").

**Tabla 7:** Solubilidad y degradabilidad de las proteínas de heno de alfalfa, silaje de alfalfa de baja y alta digestibilidad y de silaje de maíz (Sniffen *et al.*, 1992).

Estos valores de las fracciones de proteínas tienen su importancia en vacas lecheras de alta producción en las que hay que aprovechar la digestión ruminal y enzimática post-ruminal, ofreciendo las fracciones de energía y de proteínas complementarias para sus aprovechamientos en ambos espacios del aparato digestivo (rumen y post rumen: abomaso o cuajar).

*El tiempo es la cosa más cara que el hombre puede gastar.*

**Teofrasto, filósofo, científico**

*Lo primero que hace el Sol cada mañana es trazar el horizonte con su tiralíneas de oro.*

**Anónimo**

**Variaciones sobre la composición nutritiva del heno de alfalfa según el estado vegetativo de la planta en el momento de corte (expresado en % base materia seca):**

Estado del vegetal en momento del corte:	Proteína bruta	Celulosa	Lípidos	Extractivos no nitrogenados	Proteína digestible	TND
antes de floración	21,9	34,5	2,9	40,1	16,4 <sup>(1)</sup>	59,1
principios de floración	16,6	32,2	2,2	39,3	12,5	56,3
floración avanzada	16,4	33,1	2,2	39,2	11,9	55,5
pasada la floración	12,5 <sup>(3)</sup>	36,6	1,8	40,4	8,4 <sup>(2)</sup>	54,5

<sup>(1)</sup>: 16,4 % de proteína digestible es el 74,8 % de 21,9 % de proteína total; antes de la floración.

<sup>(2)</sup>: 8,4 % de proteína digestible es el 67,5 % de 12,5 % de proteína total cuando se encuentra pasada la floración.

<sup>(3)</sup>: 12,5 % es el 57,53 % de la proteína bruta de antes de la floración (21,9 %), cuando la planta está pasada la floración.

**Tabla 8:** Variaciones en la composición química de henos de alfalfa según el estado vegetativo de la planta al momento del corte, expresado en porcentaje base materia seca.

### Pérdidas de valor alimenticio relacionadas con el momento de corte para henificar o momento de consumo como pastura.

Momento de corte	Proteínas (%)	TND (%)	ENeta de lactancia
Gramíneas*:			
pre-espigazón	12,20 %	67,0 %	1,52
plantas maduras	7,80 (es 64 % de 12,2 %; o 36 % de pérdida)	57,0 (es 85 % de 67 % o 15 % de pérdida)	1,29 (es 85 % de 1,52 o 15 % de pérdida)
Leguminosas*:			
pre-floración	22,60	63,0 %	1,42
plantas maduras	16,70 (es 74 % de 22,6 %, o 26 % de pérdida)	55,0 (es 87,3 % de 63,0 % o 12,7 % de pérdida)	1,23 (es 87 % de 1,42 o 13 % de pérdida)

**Tabla 9<sup>3</sup>:** Pérdidas de valor alimenticio de proteínas, total de nutrientes digestibles (TND) y energía neta de lactancia (ENeta lactancia) de gramíneas y de leguminosas según el momento de corte para henificado o para consumo como pastura (Jurgens, 1997).

En la tabla 10 se muestra el efecto sobre el rendimiento en litros de leche de la calidad de los henos de alfalfa cortados a distintos estados de madurez e incorporados al nivel del 46 % de la materia seca de dietas de vacas lecheras en lactancia.

#### Efecto del estado de madurez de heno de alfalfa sobre el rendimiento en leche

Calidad y rendimiento	Pre-floración	Floración temprana	Media floración	Floración completa
Fibra detergente neutro (%FDN)	40,5	42,0	52,5	59,5
Fibra detergente ácido (%FDA)	30,2	33	38	45,9
Rendimiento en leche: kg/día/vaca	37,2	32,5	28,8	28,6

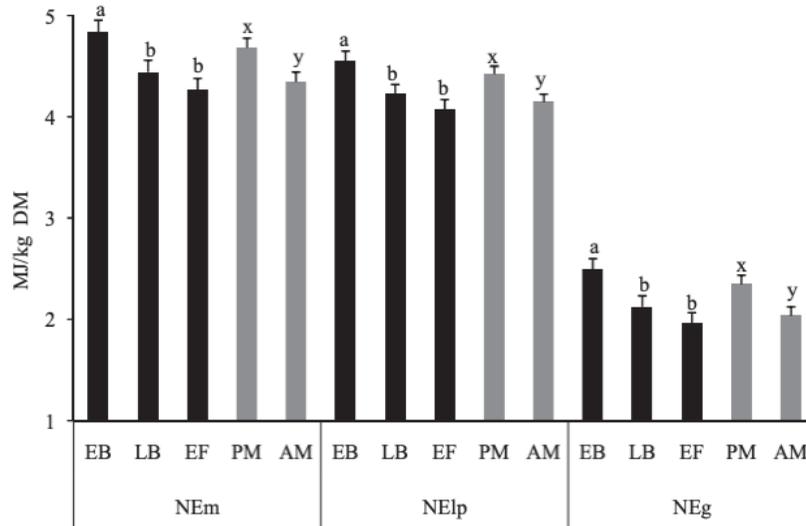
**Tabla 10:** Efecto del estado de madurez del heno de alfalfa observado según el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) sobre el rendimiento en litros de leche (Kawas *et al* 1991).

El contenido de grasa en la leche era del 4 %. Todas las dietas tenían 46 % de heno de las distintas calidades (41 a 60 % de FDN y 30 a 46 % de FDA) producidas por los distintos momentos en que se cortaron fracciones de un alfalfar. Al consumir alfalfa en pre-floración había un mayor nivel de consumo (baja FDN) de materia seca de más rápida digestión de la fibra (baja FDA), esto producía un más rápido vaciado del rumen para volver a comer (mayor consumo). Además, el forraje tan joven aportaba mayor cantidad de carbohidratos no fibrosos lo que aportaba más energía favoreciendo el crecimiento microbiano y el uso más eficiente de la proteína del alimento. Esto es tomando en cuenta, exclusivamente, de acuerdo con la necesidad de nutrientes y la forma de satisfacerlos eficientemente siempre desde el punto de vista nutricional.

3 Además de las pérdidas en proteínas y energía, existen pérdidas de carotenos y de calcio donde las gramíneas pierden el 10 % de calcio (de 0,40 en pre-espigazón a 0,36 % en las plantas maduras) y las leguminosas 20 % (de 1,50 en pre-floración a 1,20 % en las plantas maduras). Con todas estas pérdidas, hay un aumento proporcional de la fibra en estos dos grupos de forrajes.

## FORRAJES

En la figura que sigue (Figura 3) se observa como varía el aporte de energía de henos de alfalfa confeccionados en distintos momentos de corte a lo largo del ciclo de crecimiento del cultivo desde pre-floración temprana hasta floración:



**Figura 3:** Contenido energético (National Research Council (NRC)) de henos de alfalfa cortados en tres estadios de crecimiento diferentes (EB, prefloración temprana, LB, prefloración tardía y EF, floración temprana) por la tarde (PM: 06:00 pm) y a la mañana siguiente (AM: 06:00 am); NEm: energía neta de mantenimiento (NRC beef, 2000), NElp: energía neta lactancia a nivel productivo (NRC dairy, 2001), NEg: energía neta de ganancia. El nivel de significancia para el efecto del estadio de madurez y el tiempo de corte fueron  $p=0.03$  y  $p=0.04$ , respectivamente. No hubo interacción. Las barras con letras diferentes (a, b y c para estadio de madurez; x e y para tiempo de corte) dentro del mismo componente difieren ( $p<0.05$ ) (Yari *et al.*, 2012).

Teniendo en cuenta estos datos observados en el manejo de una explotación agropecuaria podría tomarse en consideración al momento de decidir, el usar un forraje en pre-floración, a cambio de obtener mayor cantidad de materia seca por hectárea, aunque se sacrifique algo la calidad, pero con miras a un mayor volumen final de oferta alimenticia. El costo de producción y el tipo de producción decidirán la solución a tomar. La formulación de las dietas aclarará este concepto.

Otro ejemplo del efecto de diferentes valores de FDN, FDA y contenido de carbohidratos no fibrosos se puede observar en la siguiente tabla (ver Tabla 11). En este experimento se notará el beneficio de un nivel de hidratos de carbono no fibrosos entre 35 y 45 % de la materia seca sobre una cantidad inferior al 35 % en el caso del *Bromus sp.*

### Efecto del tipo de forraje y su composición en carbohidratos de la dieta total sobre los factores que afectan la respuesta de producción

Especie forrajera	% de forraje a concentrado	Composición de carbohidratos de la ración total			Consumo de materia seca (kg)	Llenado del rumen (kg)	Rendimiento en leche kg/día
		Carbohidratos no fibrosos	FDN	FDA			
<i>Bromus</i> (pastura)	57:43	28,30	44,80	24,90	17,87	89,80	29,48
Alfalfa en plena floración	59:41	36,00	37,20	27,10	19,96	73,90	32,20
Alfalfa en media floración	57:43	38,40	35,00	24,80	20,14	75,70	32,66
Alfalfa en pre-floración	60:40	41,20	30,80	21,10	23,27	67,13	38,10
Silaje de maíz	60:40	43,30	32,70	17,10	23,63	67,13	36,29

**Tabla 11:** Efecto del forraje considerando la especie forrajera, su composición en carbohidratos (carbohidratos no fibrosos, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA)), consumo, llenado ruminal y rendimiento en kg de leche por día teniendo en consideración el porcentaje de forraje utilizado en relación al concentrado (Shaver *et al.*, 1988).

También se notará el beneficio de limitar el nivel de FDA entre 19 y 21 % de la materia seca sobre niveles mayores del 21 %. En cuanto a los niveles de FDN, el beneficio de los forrajes con niveles más cercanos al ideal de 27 a 30 % de la materia seca, al principio de la lactancia (Shaver *et al.*, 1988; NRC, 2001) sobre valores más altos que afectan el consumo.

También se observa en este trabajo la similitud de las dietas a base de alfalfa en pre-floración y de silaje de maíz en cuanto a los aportes que hacen sus carbohidratos. Los forrajes con mayores niveles de fibra y menores niveles de carbohidratos no fibrosos reflejan, en el llenado del rumen, la mayor dificultad para digerir lo que consumen, frenando así el consumo subsiguiente. Por eso los consumos de los mejores forrajes son más altos porque se digieren más rápido y rinden más leche.

En las tablas 12 y 13 se observa que la utilidad de los valores de los parámetros químicos analizados está determinada por qué porcentaje de ellos puede ser digerido (fibra y otros carbohidratos). En la tabla 12 se muestran los resultados de los análisis químicos realizados sobre el mismo forraje (heno de alfalfa) en distintos cortes y con diferencias en su conservación:

**Variación en la composición química de los henos de alfalfa y su valor nutritivo de acuerdo con el corte y su conservación (informado en % base materia)**

Alfalfa	Proteína bruta	Celulosa	Lípidos	Extractivos no nitrogenados	Proteína digestible	TND
1 <sup>er</sup> corte	18,8	31,2	3,0	38,2	13,7	57,6
2 <sup>do</sup> corte	16,1	31,7	2,2	41	11,1	56,5
3 <sup>er</sup> corte	19,4	28,8	2,7	40	13,7	55,6
heno sin lluvia	18,7	26,5	3,9	38,7	13,3	54,9
heno dañado / lluvia	11	38,8	3,8	33,6	7,8	51,6.

**Tabla 12:** Variación de la composición química de henos de alfalfa (proteína bruta, celulosa, lípidos, extractivos no nitrogenados, proteína digestible y total de nutrientes digestibles (TND) de acuerdo con corte y su conservación.

En la tabla 13 se expresa la contribución principal de los forrajes habiendo medido su aporte de energía comparando cuatro henos de distinta digestibilidad:

**Comparación de cuatro henos según su digestibilidad**

Valores nutricionales	Digestibilidad del heno			
	muy buena	alta	moderada	baja
Energía bruta (Mcal/kg)	4,232	4,188	4,232	4,254
Digestibilidad (%)	67 %	61 %	51 %	47 %
Energía digestible (Mcal/kg)	2,835	2,555	2,158	1,999
Energía neta (Mcal/kg)	1,609	1,433	1,080	0,904

**Tabla 13:** Aporte energético (energía bruta, energía digestible y energía neta) del heno con digestibilidad muy alta, alta moderada y baja. (Buxton, 1996)

Se puede observar que la energía bruta de las cuatro muestras es la misma y es la que se obtiene al medir el calor obtenido al quemarlas. Esto es así ya sea que se quemase aserrín de madera, como un forraje con la fibra más digestible. La digestibilidad de las muestras da una apreciación distinta del aprovechamiento de cada una (del 67 % al 47 %; leerlas como valores de TND ya que son prácticamente similares para el heno).

Los dos valores que siguen: % de digestibilidad y energía digestible (E.Bruta x % de digestibilidad) deducen el aprovechamiento que el vacuno (rumiante) puede hacer de ellas. Por fin, la energía neta, en este ejemplo para una vaca lechera en lactancia, indica la cantidad de energía que aprovechará en su mantenimiento y en la producción de leche. Resumiendo, la utilidad de un forraje como fuente de alimento estará determinada por la proporción del alimento que puede ser digerida. Pero esto no se aplica a la digestibilidad de la dieta total que es mejor aprovechada cuando ésta se ubica entre el 68 y el 74 %. Por encima de este porcentaje el alimento tiende a moverse a lo largo del tracto digestivo demasiado rápido para su completa utilización y es probable que la vaca no hará una buena rumia por no haber suficiente fibra para provocarla. Esto explica por qué el consumo de forrajes muy tiernos y como único alimento (cortados o consumidos muy temprano), pueden no producir tanta leche y, por cierto, tampoco un buen porcentaje de grasa butirosa.

Sí serán muy buenos agregados a dietas con otros forrajes de no tan buena digestibilidad. Las vacas necesitan rumiar alrededor de 30 minutos por kilogramo de materia seca de la dieta para mantener óptimas condiciones del rumen para un óptimo uso del alimento.

### Henos de tréboles

Los henos de tréboles, en general, tienen algo menos de proteínas que el heno de alfalfa pero algo más de TND. Tienen buena palatabilidad y menor rinde en materia seca por hectárea.

En la siguiente tabla se observa la pérdida rápida de valor forrajero de un heno de trébol según su madurez al momento de corte, ver tabla 14:

### Proporciones en peso de hojas y tallos en heno de trébol rojo según el estado de madurez al corte

Estado de madurez corte	Días entre estadíos	% de hojas y tallos finos	% de tallos principales
Antes de pimpollo	-	75	25
Formación de pimpollo	5	51	49
Principio de floración	11	34	65
Diferencia	-	- 33 %	+ 33 %
Plena floración	10	30	70
Flores marchitas	18	25	75

**Tabla 14:** Proporción en peso de hojas y tallos en henificados de trébol rojo según su estado de madurez al momento de corte (Crampton ,1957, aún muy vigente por los datos aportados en esta publicación).

En 11 días, desde “antes de formación de pimpollos”, hasta “principios de floración”, hubo 33 % o más de tallos principales y 33 % menos de hojas y tallos finos. Se debe tener en cuenta que en épocas secas y de calor, el forraje cesa de producir hojas, produce más tallos y entra en semillazón.

Los forrajes parecen querer escapar a todo intento de clasificación ordenada pues no todas las hojas de las plantas tienen mayor digestibilidad que los tallos. Esto sucede en algunas gramíneas con tallos llenos (no huecos) como son los del maíz y sorgos azucarados, por ejemplo, en que el meollo o médula de los tallos está formado por un tejido blando, esponjoso, que actúa como órgano de almacenamiento, lo que puede darles mayor valor alimenticio que sus hojas. La médula (“pith”, en inglés) de estos tallos es ordinariamente menos lignificada que la corteza de los mismos tallos. Los tallos de alfalfa, en cambio, son huecos y tienden, con la edad, a ser menos digestibles que sus hojas.

### Pérdidas de materia seca esperadas del proceso de henificado

Se considera que, en promedio, en zonas en donde no se producen lluvias durante el proceso de henificado y los días son largos, soleados y con buena temperatura, las pérdidas de materia seca producidas durante el corte, hilerado, secado y recolección son del orden del 21 %. Pudiendo llegar a sumarse un 5 % almacenando en galpón o un 15 a un 17 % si el almacenamiento se produce a la intemperie.

## FORRAJES

En la siguiente tabla, se observan valores orientativos de pérdidas de materia seca en la confección y almacenamiento de henos de alfalfa. En cada oportunidad en que se hagan fardos, las posibles pérdidas variarán respecto de estas cifras, pero la tendencia será que un fardo chico, mojado por lluvia perderá más materia seca que uno secado sin lluvias y esa pérdida podrá ser del orden de un 42 % más que el 21 % del secado sin llover ( $36,6 - 21 / 36,6 = 42,6 \%$ ). Lo mismo pasará con los fardos grandes que no lo menciona el cuadro de pérdidas, para mostrar en cambio las diferencias de tratar al material a enfardar con ácidos que permiten enfardarlo con más humedad, perdiendo así menos hojas. El beneficio, según el trabajo de la Universidad de Florida (área muy lluviosa) sería de algo más del 30 % destacándose la mejora en el “proceso” más que en la “conservación”.

### **Pérdidas de materia seca esperadas en la cosecha y almacenamiento de henos de alfalfa (% base tal cual)**

Método de conservación	En proceso (% pérdidas)	En conservación (% pérdidas)	Total (% pérdidas)
<b>Fardo chico:</b>			
secado, sin llover	17,40	3,60	21,00
mojado por la lluvia	32,60	4,00	36,60
<b>Fardo grande y rollo: (almacenado a la intemperie)</b>			
secado al sol	25,10	14,20	39,20
tratado con ácidos	15,00	10,70	25,70

**Tabla 15:** Valores orientativos de pérdidas de materia seca en la confección y almacenamiento de henos de alfalfa (Rees, 1982).

En la tabla 16 se observan los valores de pérdidas normales en porcentaje, que ocurren en materia seca, proteínas, TND y carotenos, desde el cultivo hasta que se suministra el alimento en el comedero al henificar o al ensilar leguminosas con un correcto procesado:

### **Pérdidas normales, desde cultivo a comedero, de leguminosas bien procesadas**

Parámetro:	Pérdida por henificación (%)	Pérdida por ensilado (%)
Materia seca	20 a 30	16
Proteínas	27 a 30	16
TND	25 a 28	19
Caroteno	90 a 97	81

**Tabla 16:** Pérdidas habituales producidas en el proceso de henificación y de ensilado desde el cultivo hasta el comedero de leguminosas bien procesadas (Jurgens *et al.*, 2014).

Dentro de las fabáceas o leguminosas, algunas especies son más difíciles de henificar que la alfalfa y tienen tendencia a formar mohos. Los tréboles de olor (*Melilotus albus* - especie anual - y *M. officinalis* - especie bianual), son buenos para el pastoreo, pero no tan buenos para henificar ya que presentan muchos tallos; henifican muy despacio y, si desarrollan mohos, generan compuestos de la familia del “dicumarol”, a partir de la cumarina presente en sus hojas, reduciendo su palatabilidad, y además, produce una enfermedad hemorrágica (aumenta el tiempo de coagulación de la sangre).

**Heno de lespedeza (*Kummerowia striata*, sin. *Lespedeza striata*)**

La lespedeza henificada se acerca, en su composición química a la alfalfa, pero de bajo rendimiento por hectárea, pues da un sólo corte por temporada o estación y es difícil henificar bien pues pierde mucha hoja. Es una especie que crece bien en zonas de altas temperaturas en verano (Mc Lean *et al.*, 2018).

Otras especies con las que se hacen henos:

**Vicia** (*Vicia sp.*), contiene entre 12 y 25 % de proteínas sobre base materia seca dependiendo del estado de madurez de la planta.

**Soja** (*Glycine max*), al igual que la vicia son anuales y producen un sólo corte y hay mayor pérdida de material al consumir sus henos ya que sus tallos son difíciles de henificar correctamente, resultando duros y poco palatables. No son de henificación frecuente sino más bien de emergencias sobre todo el de soja que se destinaría a henificar en caso de una falla en las posibilidades de cultivarla para producción de porotos (por una sequía, o un granizo, por ejemplo). Pueden encontrarse comercialmente rollos de cola de soja, de muy baja calidad que se hacen con el remanente a campo de la cosecha del grano. Son de muy baja digestibilidad, aportan una gran cantidad de fibra salvo que presenten algo de chauchas con grano.

Otra especie en esta nómina de leguminosas henificables es el **maní** (*Araquis hipogea*), del que se puede henificar el residuo de la cosecha (chala), es un interesante recurso para la alimentación del ganado de manera que se acondiciona en fardos. Contiene un tenor de PB de alrededor de un 8 %. La calidad de este heno también es muy variable por las condiciones y forma de la recolección o cosecha, el porcentaje de los distintos componentes (hojas-tallos, corona, raíces y frutos) y la cantidad de tierra que puede llegar a contener dada la naturaleza del material. Usando la premisa que todo es bueno en caso de escasez de forraje por cualquier contingencia o calamidad, esta posibilidad de producir heno tiene su valor.

**Henos de poáceas o gramíneas**

Son típicamente inferiores en el contenido proteico que los henos de leguminosas aunque un heno de no leguminosas cortado bien temprano en su ciclo de crecimiento, puede superarlas en proteínas a costa de menor volumen por hectárea. La mayoría de las gramíneas se cortan para henificar más bien tarde en su ciclo de crecimiento para tener granos en el material a henificar lo que hará que el contenido proteico sea menor pero el aporte de energía será mayor (también tendrán más fibra, lignina y/o sílice).

Respecto de cantidad o calidad en cuanto a forrajes conservados o de reserva, la decisión del momento de corte se tomará según el tipo de animal que lo consumirá y las otras posibilidades de alimento que puedan existir en el momento que haya que hacer uso de esas reservas. Para vacunos lecheros primará la decisión de hacer reservas de la mejor calidad posible, en cambio para vacunos de cría, en muchos casos, la decisión de contar con forraje conservado en forma de heno se tomará buscando la mayor cantidad de forraje aunque no sea de la mejor calidad.

Respecto a los henos de leguminosas, los henificados de gramíneas o de no leguminosas presentan menor contenido de calcio y de fósforo y son menos palatables que los de leguminosas y frecuentemente, son más bajos en caroteno sobre todo si se henifican tarde. Por todo esto necesitan más suplementación cuando son suministrados como alimento.

## FORRAJES

Los henos de “no” leguminosas tienen, cuando cortadas temprano, las mismas ventajas sobre los cortes tardíos que las mostradas para las leguminosas y lo mismo vale para la forma de henificación y guardado.

### **Fórmula de Moore para conocer el porcentaje de digestibilidad conociendo el valor de FDA**

$\% \text{ de Digestibilidad} = 88,9 - (0,779 \times \% \text{ FDA})$  (Holland & Kezar, 1990: Undersander, 2002)

Ejemplos: alfalfa, plena floración:  $88,9 - (0,779 \times 29) = 88,9 - 22,59 = 66,31 \%$ .

sorgo sudan:  $88,9 - (0,779 \times 42) = 88,9 - 32,72 = 56,2 \%$

alfalfa en estado vegetativo:  $88,90 - (0,779 \times 22) = 88,90 - 17,14 = 71,76 \%$ :

El contenido celular tiene una digestibilidad del 98 % y el de las paredes celulares, dependerá de la lignificación (FDA), el sílice y el daño por calor.

### **Composición química de algunas especies forrajeras: ( % base materia seca)**

Especie	Contenido celular	FDN <sup>x</sup>	FDA	Fibra bruta	Lignina <sup>xx</sup>
Alfalfa <sup>1</sup>					
estado vegetativo	60	40	29	22	7
inicio de floración	58	42	31	23	8
plena floración	50	50	37	29	10
Trébol rojo <sup>1</sup>	44	56	41	29	10
Cebadilla ( <i>Bromus sp.</i> ) <sup>2</sup>					
estado vegetativo	35	65	35	30	4
estado reproductivo	32	68	43	37	8
Pasto bermuda ( <i>Cynodon sp.</i> ) <sup>2</sup>	24	76	38	33	6
Sorgo sudan <sup>3</sup>	22	68	42	36	6
1: Leguminosas 2: Gramíneas de regiones templadas 3: Gramíneas de regiones tropicales y subtropicales x: FDN: inversamente correlacionada con el consumo voluntario. Notar los menores valores en las leguminosas que en las gramíneas. xx: la concentración de Lignina (parte de la FDA), está inversamente correlacionada con la digestibilidad (los estados vegetativos tienen mejor digestibilidad que los estadios reproductivos, los de plena floración).					

**Tabla 17:** Composición química de algunas especies forrajeras (leguminosas y gramíneas) en base a materia seca respecto al contenido celular FDN, FDA, fibre bruta y lignina.

También los henos de no leguminosas suelen tener una tendencia a constipar (lo contrario del heno de alfalfa) lo cual hay que tener en cuenta con su suministro prolongado y buscar la forma de superar esta dificultad. Todo esto haría pensar que no es necesario tomar en cuenta estos recursos forrajeros, pero donde no se puede tener alfalfa o no hay suficiente abastecimiento de otros henos de leguminosas, estos henos son una buena reserva por lo tanto un seguro para época de escasez y, bien suplementados, cumplen con buena parte de las necesidades en nutrientes y con la función fisiológica como fibra larga para

rumiar: nada es despreciable, todo puede aprovecharse (ver tabla 15). Eso si, quizá habrá que decidir si conviene henificar o ensilar este tipo de forraje. Se pueden henificar, entre otros, a los sorgos, falaris, cereales (la avena sería el mejor de estos henos). Atención!, la avena tiene la tendencia de concentrar nitratos (en campos fertilizados) particularmente en tiempo seco. Los nitratos son reducidos a nitritos en el rumen y son venenosos porque acaparan el oxígeno de la hemoglobina y, según el porcentaje retenido, producen un envenenamiento agudo o crónico. Tenerlo en cuenta para tomar las precauciones necesarias.

El heno y el silaje de avena (*Avena sativa*) rinden más TND por hectárea que cosechado como grano.

#### **Heno de avena, *Avena sativa* (oat hay, en inglés) (IFN 1-09-099)**

El **heno de avena** debe hacerse con avena granada en estado lechoso o levemente pastoso, con proteína entre 6 y 10 %. De este modo se obtiene gran cantidad de materia seca con buena palatabilidad y se mejora el valor nutritivo por la presencia de grano. Si se atrasa mucho la fecha de corte puede perderse gran cantidad de grano al henificar al caerse el grano seco. Otros cereales de invierno pueden henificarse con buenos resultados, como ser: cebada forrajera, trigo, triticale, entre otros.

#### **Heno de moha, *Setaria itálica* y Heno de mijo, *Panicum miliaseum***

Ambas son gramíneas anuales de crecimiento estival (90-120 días). Su calidad al ser henificada depende en gran medida del momento de corte. Para tomar la mejor decisión sobre el momento ideal de corte de estas especies se debe tener en consideración su destino. De este modo, cortes más tempranos aportarán más proteína y fibra con mayor digestibilidad (estado de espiga embuchada o recién emergida). En cortes más tardíos, grano pastoso o posterior, habrá mucha pérdida de granos al momento de armar los rollos, en el transporte y también se observará gran cantidad de grano en bosta (granos pequeños, cubiertas duras, no llegan a ser degradados) al ser consumidos. El cultivo de mijo se defiende en condición de sequía. A continuación, se puede observar en la tabla 18 una comparación entre el valor nutritivo del heno de alfalfa y del heno de moha.

Parámetro	Heno de alfalfa (1)		Heno de moha (2)	
	Promedio	Objetivo*	Promedio	Objetivo*
MS %	85	87-90	87	89
PB %	19 (13 a 20)	18-22	7 (5-12)	11-14
FDN %	54	40-47	68	55-60
FDA %	43	32-36	52	40-44
FDN dig	42	53	sd	sd
DIVMS %	59	+62	52	58-62
EM(Mcal/kgMS)	1.97	+2.46	1.85	+2.15
Rango variación	(1.37 a 2.46)		(1.60 a 2.02)	

## FORRAJES

(1) Henos de alfalfa: botón floral a 25 % de floración, andana poco expuesta a inclemencias climáticas.  
 (2) Heno de moha: estado en grano pastoso  
 FDN dig: Digestibilidad *in situ* de la FDN, 30 horas de incubación  
 DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (método Tilley & Terry).  
 sd: sin datos  
 EM: energía metabolizable calculada de acuerdo con el NRC, 2001.

**Tabla 18:** Valor nutritivo de henos típicos de Argentina: alfalfa y moha, valores promedios y objetivos buscados para lograr una buena calidad de heno. Valores objetivos recomendados por Gaggiotti *et al.* (2008)

### Heno de Gatton panic, *Panicum maximum*

El gatton panic es una pastura perenne megatérmica perteneciente a la familia de las gramíneas, de crecimiento estival. Presenta una marcada estacionalidad en su crecimiento. El henificado de esta especie permite mejorar su aprovechamiento, ya que presenta una “explosión” productiva en primavera verano y una muy rápida pérdida de calidad al avanzar en su ciclo de crecimiento. Los cortes tempranos para henificar evitan la rápida lignificación de los tallos con la consecuente disminución en la digestibilidad.

Habiendo desarrollado el tema de forrajes conservados presentando características y ejemplos de silajes, henolajes y henificados, pasaremos a otro grupo de forrajes que son:

### Pajas y rastros

Por ejemplo: IFN 1-05-175: paja de trigo, (wheat straw en inglés)

Las **pajas o “rastros de fina” de cereales** son los tallos y hojas secas (pocas hojas, mayormente tallos) de cereales después de cosechar los granos. Igual que en el caso de las leguminosas después de cosechar las semillas, se usan poco, salvo en épocas de escasez (sequías, inundaciones) o para acompañar pastos muy aguachentos y con alta proteína (es el caso de pastorear un lote de avena en estado vegetativo, por ejemplo).

Aportan muy baja proteína y sobre todo proteína de baja digestibilidad. Con el advenimiento de los engordes intensivos podrían tener un mayor uso cuando haya necesidad de proveer de fibra larga para efecto fisiológico y favorecer la rumia. Son de alto contenido en celulosa y, debido a la lignificación de las plantas al fin de su ciclo, de poca digestibilidad (alrededor del 20 %) y, consecuentemente, de poco rendimiento en calorías por kilogramo (ver tabla 19).

### Valores comparativos de las diferentes pajas de cereales (expresados en porcentaje base materia seca)

Especie	Proteína bruta	Celulosa	Extractivos no nitrogenados	Proteína digestible	TND	Cantidad para igualar 1kg. De heno: kg (*)
Arroz	4,3	38,3	41,0	1,0	42,3	1,310
Avena	4,3	41,2	45,9	0,9	48,7	1,140
Cebada	4,1	43,5	43,9	1,0	49,4	1,120
Centeno	3,5	42,5	49,4	0,8	44,5	1,250
Trigo	4,2	40,0	45,0	0,3	43,9	1,270

(\*): A manera de referencia, solo desde el punto de vista del aporte de energía, indica la cantidad de paja necesaria para igualar el valor nutritivo de 1 kg. de heno de alfalfa. Es sólo una referencia ya que no es factible la sustitución directa por el desequilibrio proteico resultante. Es más bien una comparación desde el punto de vista del rendimiento de energía.

**Tabla 19:** Valores comparativos de las diferentes pajas de cereales (expresados en porcentaje base materia seca respecto a proteína bruta, celulosa, extractivos no nitrogenados, proteína digestible, TND (Males, 1987; Shaver & Hoffman, 2010).

Tomados en cuenta los valores aritméticos, la paja de cebada sería la mejor opción, seguida por las de avena, centeno, trigo y arroz. Pero teniendo en cuenta la palatabilidad y digestibilidad de estos materiales, el orden de calidad sería: avena, cebada, trigo, centeno y por último arroz. La paja de avena es la de mayor digestibilidad y la más nutritiva. La paja de trigo, por ejemplo, tiene más lignina y es más indicada para usarla como cama en galpones, corrales y boxes; lo mismo respecto de las pajas de centeno y arroz.

En cuanto a las **pajas de leguminosas**, tienen mayor concentración de proteínas y mayores coeficientes de digestibilidad.

En la tabla 20 que sigue se muestran valores de distintas pajas de cereales y de los principales rastrojos. Al compararlos con los valores del cuadro anterior, se podrán notar algunas diferencias que reflejan las variaciones que pueden existir en estos materiales debido a varias causas entre las que pueden estar los tipos de suelo y su fertilidad, la forma en que se hizo el laboreo y posteriormente la cosecha, pero igual se reflejan bien lo que son sus contribuciones con altos valores de fibras y sus bajas energías disponibles.

Las pajas no se consideran en el grupo de los henos pues carecen de semillas o flores. Su palatabilidad es baja y presentan baja digestibilidad de sus nutrientes. También es bajo su aporte en energía neta pues la mayor parte de la misma fue a la semilla que se separó en la cosecha y, además, lo que quedó de la planta se “lavó” por las lluvias y el sol.

**Tabla comparativa de los valores de pajas de cereales (trigo-cebada), de lenteja y de rastrojos (sorgo, mijo, maíz) en porcentaje base materia seca (ver tabla 20)**

Parámetro evaluado	Paja de trigo	Paja de cebada	Paja de lenteja	Rastrojo de sorgo (*)	Rastrojo de mijo(*)	Rastrojo de maíz
% materia seca	91.3b	91.01d	91.5b	91.4bd	91.3b	90.6c
% ceniza	9.7a	13.02f	9.99a	8.7c	5.11c	7.59b
% proteína bruta	7.45e	6.71d	9.40f	6.73d	10.7c	7.68e
% extracto etéreo	1.10ab	1.43b	3.82c	1.48b	2.47d	0.82a
% FDN	71.9f	73.8a	52.0h	76.8b	62.5d	66.4c
% FDA	43.9f	46.7g	32.5c	31.5c	20.6b	37.0e
% lignina (FDA)	6.08ab	6.78bd	19.1e	5.48a	7.60d	18.3e
EM(MJ/kgms)	6.80ce	6.32c	8.39d	7.83b	6.64e	8.51d

(\*) El rastrojo de sorgo y de mijo incluyen los residuos de la trilla.

**Tabla 20:** Tabla comparativa de los valores de pajas de avena, cebada, lentejas y de rastrojos de sorgo, mijo y maíz en % en base a materia seca. Medias con distinta letra son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

Las pequeñas diferencias encontradas respecto a los valores presentados por Shaver & Hoffman (2010), en la página precedente y mayormente en el segundo decimal, no qui-

tan valor a estas cifras de análisis. En este grupo habría que tener en cuenta también el bagazo de caña de azúcar que está descrito al mencionar los subproductos de la extracción de azúcar de caña. Las pajas de cereales son pobres en todo aspecto si las consideramos como único ingrediente de la dieta (alimento único), pero ésta no es la forma de considerarlas para su uso. En ciertas situaciones pueden ser alimentos clave o imprescindibles. Por ejemplo, en años de marcada escasez de oferta forrajera a la salida del invierno en vacunos de cría para aportar forraje. Existen experiencias en Alemania y otros países en donde solubilizan urea en melaza y con ella pulverizan pajas de cereales en épocas de escasez mejorando su utilización. La melaza, siendo un saborizante y fuente de energía (73 % TND) de rápido aprovechamiento, ayuda a la correcta utilización de la urea por la flora ruminal, favoreciendo su accionar y multiplicación produciendo un mejor ataque de la celulosa de la fibra de estos materiales.

Otro tratamiento que se hace en países europeos en momentos de carencia de fibra y de energía costosa, consiste en tratar las pajas de cereales con amoníaco, proceso que tiene influencia positiva sobre el valor proteico y energético del material tratado.

#### **Efecto del tratamiento con amoníaco sobre pajas de cereales (valores en % base materia seca) \_**

Alimentos	Proteína Bruta	TND	EN mantenimiento Mcal/k	EN ganancia Mcal/kg	EN lactancia Mcal/kg
Paja de trigo	3,0	44,0	0,970	0,022	0,948
Paja de trigo tratada	9,0	50,0	1,102	0,264	1,080
Paja de arroz	4,0	40,0	0,926	0,000	0,838
Paja de arroz tratada	9,0	45,0	0,992	0,066	0,970

**Tabla 21:** Efecto del tratamiento con amoníaco sobre pajas de trigo y de arroz respecto a su contenido en proteína bruta, TND, ENm, ENg y ENI (Birkelo *et al.*, 1986; Singh & Oosting, 1993).

Más allá del aumento de los valores de proteína bruta, no parece haber un aumento importante en los valores de energía (14 y 7 % respectivamente), pero es un progreso y seguramente mejorarán eventualmente esos resultados con nuevas técnicas de tratamientos. Tomando en cuenta la necesidad de energía neta de mantenimiento (ENm) de una vaca de cría de 400 kg de peso: 6,89 Mcal, y consumiendo el 1 % de su peso vivo en materia seca (no dan para más las pajas de cereales), cada kg de materia seca de paja, deberá proveer de 1,723 Mcal. y vemos que ninguna paja se acerca más que a poco más de la mitad de esa necesidad, siendo la paja de avena, con 0,968 Mcal/kg., la que más se arrima entre las pajas y, considerando los rastrojos, se equiparan o apenas superan a la paja de avena.

En cuanto a los aportes de proteína, teniendo en cuenta una necesidad de 340g/vaca/día para el mantenimiento de esa vaca de 400 kg., la misma necesitaría comer 7,73 kg. (340g/44 g) de paja de avena, (cosa que no hará) aun asumiendo que toda esa proteína fuera metabolizable para cubrir esa necesidad. Ni aún con rastrojos se acerca a la satisfacción de ese requerimiento. Pero hay variaciones grandes en las contribuciones de estos restos de cosechas. La presencia de vegetación verde y de restos de espigas en el campo (no recogidas por la cosechadora) pueden valorizar estos recursos temporarios de modo que la tabla comentada es una guía para no crear expectativas que pueden no cumplirse,

pero la observación en el lugar, en cada caso y según las necesidades y recursos a mano, dirá la última palabra. Si en un momento, no hay otra cosa a mano pueden significar el poder mantener la hacienda a costa de una pérdida menor de estado (tolerable y de la que se recuperará bien) para esperar tiempos mejores y no deshacerse de un capital formado con años y esperanzas.

Las pajas de cereales son de alto incremento calórico (IC) y este calor es aprovechable en días fríos de invierno cuando la temperatura ambiente está por debajo de la zona de confort corporal de los bovinos (mínimo 5°C para razas de origen europeo). El incremento calórico es una pérdida de energía que se resta a la energía metabolizable para determinar lo que será la oferta de energía neta: (energía metabolizable (EM) – incremento calórico (IC) = energía neta (EN)), salvo en el caso mencionado en la frase anterior en donde parte de lo que se consideraría una pérdida, lo utiliza el bovino para mantener su temperatura corporal.

Los **restos de cosecha de semilla de alfalfa, de arvejas y de tréboles**, entrarían en esta clase y son considerados como fuentes de nutrientes algo mejores que las pajas de cereales (o no leguminosas) pero siempre dentro del grupo de forrajes pobres.

Las pajas y los rastrojos tienen muy bajo valor nutritivo, pero no son bajos sus contenidos de hemicelulosa (mayor cantidad en las gramíneas) y celulosa. En realidad, son los que más componentes de la pared celular poseen: pectinas (más en las leguminosas), hemicelulosas y celulosa, y la razón de su bajo valor alimenticio es debido a la lignificación de esas paredes.

La lignina, como hemos visto, forma una protección de la estructura vegetal asociada con la celulosa para darle sostén, rigidez y resistencia frente a adversidades medioambientales. Cuando las células terminan de crecer, adquieren una forma y función definida que se caracteriza por un tipo particular de pared celular. La nueva pared que eventualmente comienza a depositarse entre la pared primaria y la membrana plasmática se define como pared secundaria. Esta pared secundaria se caracteriza por tener una mayor proporción de celulosa de mayor grado de cristalinidad y contiene además importantes cantidades de lignina. Este polímero aparece fundamentalmente en las paredes secundarias y resulta en una pérdida de la fase acuosa, que es reemplazada por este compuesto hidrofóbico (Vago, 2019). La lignificación se inicia cuando el crecimiento ha cesado: es uno de los cambios que ocurren cuando avanza la madurez. Se inicia en la base de los tallos al ir terminando su crecimiento. La lignina contiene compuestos fenólicos y son éstos los que protegen a los vegetales del ataque enzimático de las bacterias del rumen. La celulosa lignificada es atacada muy poco por los microorganismos (nada, considerándolo desde el punto de vista nutritivo) y es la única porción del alimento que muestra haber resistido el ataque de la digestión cuando se analizan las heces. Se asume que el poco consumo de forrajes lignificados obedece a la actividad microbiana disminuida en el rumen. La prueba de que esto es así, se observa en el aumento de la calidad de forrajes pobres si se los suplementa con energía, proteína adicional y con una mezcla mineral proveyendo los nutrientes no disponibles en los forrajes pobres pero que son necesarios para la actividad microbiana en el rumen. Suplementando así, se ha podido incrementar el valor de pajas de cereales, marlos, etc. hasta equiparar el TND de henos de buena calidad.

**Rastrojo de maíz (*stubble, stover or corn straw*)**

El rastrojo es el material que queda en pie seco y sobre el suelo de un cultivar que fue cosechado para obtener sus semillas. Si el accionar de la cosechadora fue bueno a muy bueno no quedan semillas o restos de ellas. Los ejemplos típicos en nuestro medio son los rastrojos de maíz y de sorgo. El rastrojo de maíz, (IFN 1-28-233) incluye los restos de las plantas luego de la cosecha: tallos (caña), chalas, restos de hojas más las espigas caídas, que no levantó la cosechadora o que voltearon las tormentas, también, incluye las especies naturales que hayan nacido entre los surcos del maíz. Estos dos últimos aportes, espigas caídas o restos de marlos con grano y las especies que hayan brotado en el entresurco, dependiendo de la efectividad de los herbicidas utilizados, hacen que el valor alimenticio de un rastrojo de maíz sea variable de acuerdo con su aporte.

Hay una buena proporción de celulosa aprovechable cuando los tallos conservan aún algo de humedad porque es un signo que hay menos lignina que luego impregnará el material al progresar el envejecimiento de los tallos. El rastrojo de maíz es una buena reserva para época de escasez y su valor se incrementa con los restos de cosecha ya mencionados en párrafos anteriores, que quedaron en el rastrojo no levantados por la cosechadora y por las gramíneas y otras especies silvestres que crecen entre los surcos. Si no se pastorea se puede “enrollar” para épocas de carencias de forraje.

**Análisis orientativo de rastrojo de maíz (maíz dentado), seco al sol (en %) (\*)**

Materia seca	Proteína bruta	Grasa	Fibra bruta	FDN	FDA	Calcio	Fósforo	TND
85	5,00	1,10	29,20	57,00	33,10	0,48	0,08	42,50
100	5,90	1,30	34,40	67,00	39,00	0,57	0,10	50,00

(\*): Estos valores mejoran sobre todo en TND cuando son consumidos por el ganado al terminar la cosecha, con las plantas todavía con humedades de alrededor del 60 %. Pero cuanto más se tarde en su aprovechamiento, habrá mayor contenido de lignina que puede llegar a un 11 % de la materia seca. Se estima un valor energético de entre 76 y 68 % del valor de un silaje de maíz bien espigado pero es de menor valor en proteínas que el silaje que tiene algo más del 8 % en base a 100 % de materia seca.

**Tabla 22:** Rastrojo de maíz: análisis químico orientativo respecto a materia seca, proteína bruta, grasa, fibra bruta, fibra detergente neutro y ácido (FDN y FDA), calcio, fósforo y total de nutrientes digestibles (TND) (Macgregor, 2000).

**Rastrojo de sorgo (*stubble, stover or sorghum straw*)**

El **rastrojo de sorgo** es semejante al de maíz con mayor aporte nutritivo en las plantas y menor aporte de grano. El aporte proteico decrece rápidamente con el secado de las plantas luego de la cosecha ya que no hay tantos vegetales creciendo entre los surcos como en los rastrojos de maíz (depende de la densidad de siembra y de la distancia entre surcos). En el rastrojo de sorgos graníferos, los tallos tienen menos hidratos de carbono solubles que en los rastrojos de sorgos forrajeros y son de menor palatabilidad también, estos rastrojos son pobres en calcio y fósforo, minerales que deberán ser suplementados.

Los rastrojos de sorgos forrajeros tienen un buen contenido de azúcares en los tallos y alto rinde de forrajes y, como especies forrajeras, presentan mayor resistencia a las sequías. Los cultivos verdes de sorgos graníferos se aprovechan mejor como silajes que como forrajes henificables pero las características mencionadas para plantas secas en pie los hacen un forraje para tener en cuenta aun estando secos con sus granos cosechados.

Los rastrojos de cereales (de primavera-verano) aportan menos alimento y, además, con la posibilidad (en las zonas “sojeras”) de cultivar “soja de segunda” no se da con frecuencia la posibilidad de aprovecharlos como es el caso de los rastrojos de otoño nombrados. La soja de segunda se implanta en siembra directa sobre el rastrojo del cereal recién cosechado así que no hay oportunidad para aprovecharlo con animales.

## OTROS FORRAJES SECOS

### Marlos de maíz, *Zea mays (corn cobs)* (IFN 1-28-234)

Constituyen un buen recurso para la alimentación de vacunos para carne como fuente de fibra de buena digestibilidad; se agregan a la dieta quebrados o molidos, como para que los animales no los descarten y lo consuman con el resto de la ración, se pueden agregar con o sin los granos de la espiga respectiva. El valor energético será completamente distinto en función de la presencia o no de grano y de la cantidad del mismo. Es un buen alimento de volumen (con alrededor de 33 % de fibra bruta). Su utilidad es similar a la de la paja de avena pero la mejor forma de aprovecharlo es ofreciéndolo al ganado como espiga molida (ver tabla 23).

#### Composición química de marlos de maíz molidos

Materia seca	proteína bruta	ENm	ENg	FDA	calcio	fósforo	TND
90 %	3,2 % bs	1,07Mcal/kg	0,28Mcal/kg	35,00 %	0,12 %	0,04 %	50 %

**Tabla 23:** Composición química de marlos de maíz molidos (NRC, 1982).

### Cáscara de avena (*oat hulls*) (IFN 1-03-281)

La cáscara de avena presenta muy baja proteína (alrededor del 3 %), baja en energía y alta en fibra (más de 30 %); es un recurso pobre pero un buen vehículo para suministrar melaza por ejemplo, porque la absorbe muy bien (ver tabla 24).

#### Análisis orientativo de cáscara de avena (en %)

Materia seca	proteína bruta	grasa	fibra bruta	FDN	FDA	calcio	fósforo	TND
90	3,50	1,60	30,00	70,20	37,80	0,14	0,14	31,50
100	3,90	1,80	33,40	78,00	42,00	0,15	0,15	35,00

**Tabla 24:** Análisis orientativo de la composición química de cáscara de avena (Macgregor, 2000).

De toda la energía fijada por las plantas del planeta sólo se usa el 5 % para las necesidades alimenticias del hombre y de los animales. Existe pues una tremenda cantidad de material vegetal que no se aprovecha aún para este fin por no poder liberar, convenientemente, la energía que contiene. Hacer progresos en ese sentido es uno de los desafíos que algunos países de menores recursos alimenticios para sus animales que el nuestro, encaran a costos que todavía no son posibles de absorber acá, pero que muestra la tendencia a

aumentar ese bajo porcentaje (5 %) de aprovechamiento actual. De encontrarse la forma de aumentar ese aprovechamiento, el potencial aparece como ilimitado considerando el bajo aprovechamiento actual. Quienes piensan en este objetivo tienen presente el conocimiento que el 40 % del residuo seco vegetal incluyendo pajas, aserrín de madera, entre otros, es “carbono” que es el elemento químico del cual depende el mundo industrial. En el limitado mundo de la nutrición animal (de rumiantes), convertir en energía los restos de cosecha y otros materiales vegetales del ámbito del productor ganadero, tendría la ventaja de hacerlo con materiales de su propia explotación o cercana a la de él. Existen publicaciones en donde se trataban las pajas de cereales y aserrines de algunas especies forestales, con hidróxido de sodio, lo que resulta en un aumento de la digestibilidad y consecuentemente en la liberación de energía neta (Stritzler & Larsen, 1991; Chesson, 1981). También existen publicaciones en donde se empleaba hidróxido de tetrametilamonio, que era más caro que el anterior pero que agrega nitrógeno no proteico al producto tratado como consecuencia de las reacciones que se producen entre este hidróxido de tetrametilamonio y el material forrajero (Hartley & Jones, 1978). Hoy en día se están desarrollando aditivos que contienen microorganismos, que a través de sus enzimas puedan liberar esta energía contenida. (Dean *et al.*, 2005)

Otro tratamiento de restos de cosechas consiste en atacar la lignina con clorato de sodio (agregado de 3 % sobre el material ensilado). A los 30 días la mejora de la digestibilidad pasa de un 58 % inicial a un 90 % final para tallos de alfalfa; del 53 % inicial a un 93 % final para paja de trigo y de un 17 % a un 91 % para cáscara de maní. El costo de este proceso es caro por lo que se estudian variantes para hacerlo más económico y además para corregir algunos efectos indeseables como la emisión de gases tóxicos durante los días de acción del clorato sobre el material tratado y la generación de altas temperaturas que podría derivar en incendio del material. (Goering *et al.*, 1973).

#### **Cáscaras de soja (soybean hulls) (IFN 1-04-560)**

A continuación, en la tabla 25 se observan valores orientativos de este subproducto con dos valores distintos de materia seca:

#### **Análisis orientativo de cáscara de soja (en %)**

Materia seca	Proteína bruta	Grasa	Fibra bruta	FDN	FDA	Calcio	Fósforo	TND
91	10,0	2,0	36,0	61,1	45,5	0,45	0,16	71,0
100	11,0	2,2	39,6	67,2	50,0	0,49	0,18	81,2

**Tabla 25:** Valores orientativos de la composición química de la cáscara de soja con dos valores distintos de materia seca respecto a proteína bruta, grasa, fibra bruta, fibra detergente neutro y ácido (FDN y FDA), calcio, fósforo y total de nutrientes digestibles (TND) (Macgregor, 2000).

Son un subproducto de la industria aceitera que se obtiene luego del procesamiento del poroto de soja cuando se busca producir harina de soja de 50 % de proteínas (incluye el descascarado del poroto) en lugar de la clásica harina de soja de 44 % de proteínas. En la medida que la demanda sea mayor por harina de soja de alta proteína (HiPro), habrá mayor disponibilidad de cáscara de soja para ser utilizada como un buen recurso para rumiantes como se muestra en la tabla anterior. Su valor de fibra bruta debe calificarse como de muy buena digestibilidad por presentar poca lignina (2,5 %). Presenta además buena palatabili-

dad para los rumiantes, especialmente para vacas lecheras. Su FDN es muy fermentescible en el rumen y puede usarse para suplir fibra fermentable en la dieta; permite la incorporación en lactancia temprana de alta FDN y por su moderada cantidad de carbohidratos no fibrosos (13,7 %) permite controlar estos carbohidratos en esta fase. El límite para su incorporación en dietas para lecheras está en su textura voluminosa (liviana) y se recomienda usar aproximadamente 5 kg/vaca/día, pero dependerá de los otros ingredientes de la dieta. Puede reemplazar forraje hasta un 10 % de la materia seca forraje. Su contenido en extractos libres de nitrógeno es bajo (14 %) comparado con el de los granos (75 %).

### **Aserrín de madera (*saw dust*) (IFN 1-07-714)**

La mención de este posible alimento es más una curiosidad que una posibilidad salvo en áreas cercanas a aserraderos y en circunstancias en las que la fibra fuera escasa (otro motivo para calificarlo de curiosidad en nuestro medio!). Pero donde se diera el caso y tratándose de aserrín de maderas blandas (álamos, sauces, pinos) u otras, como roble se pueden utilizar para sustituir parte de la fuente de oferta forrajera en la dieta. Su uso también puede implementarse para limitar el consumo de granos en raciones para vacunos en engorde donde se busque controlar el riesgo de sobreconsumo de concentrados. Incorporado al 25 % de aserrín en una ración de “grano” para novillos a corral y así puede darse a voluntad sin peligro de sobreconsumo de grano. El nivel de aserrín puede llegar a 35-45 % con el resto en forma de grano molido (El-Sabban *et al.*, 1971; Cody *et al.*, 1972; Hossain *et al.*, 2012).

La mención de un alimento potencial como el aserrín de madera, es a sólo objeto de estimular la búsqueda de nutrientes en alimentos no tradicionales además de los clásicos que estén al alcance del área de trabajo. Cuando se descubren fuentes de nutrientes no clásicas y cercanas al lugar de su aprovechamiento, se abre la posibilidad de encontrar (luego de juzgarlos química y biológicamente) costos más bajos. No obstante este producto se utiliza como aditivo en raciones de monogástricos, es decir no se agregan con fines nutritivos sino como aporte físico de fibra teniendo como objetivo la ralentización de la tasa de pasaje, mejorando la salud intestinal y la absorción de los nutrientes de la dieta.

## **FORRAJES VERDES, TAMBIÉN LLAMADOS “FORRAJES EN PIE”**

Quedan incluidos en este apartado los verdeos, pasturas y pastizales (campo natural) y los silajes de planta entera (aun siendo éstos forrajes conservados). Contienen entre 60 y 80 % de humedad salvo campos naturales, pasturas y verdeos al final de su ciclo de crecimiento.

### **Silajes de planta entera (IFN 3-00-000...)**

El silaje de planta entera es el producto de la fermentación ácida de forraje verde que se ha cortado y luego almacenado bajo condiciones de anaerobiosis, en una instalación llamada silo o en un silo bolsa, dependiendo el método de almacenamiento utilizado. Al ensilar, esencialmente, se busca promover una fermentación primero aeróbica rápida y corta, y luego anaeróbica durante la cual algunos azúcares se convier-

ten en ácidos grasos, principalmente ácido láctico, hasta que el contenido de ácido del silaje es suficientemente alto para prevenir fermentaciones posteriores del material ensilado. El primer informe sobre ensilado de forrajes se hizo en 1884 en la Universidad de Pennsylvania y se determinó la pérdida de nutrientes que provocaba el proceso de ensilar. Los silajes son recursos forrajeros valiosos en gran parte debido a la economía en la preparación, en la preservación y en el manejo de los nutrientes en la forma en que están.

El proceso de ensilado sufre, hasta que se agota el oxígeno, una reducida actividad fermentativa aeróbica (por microbios que necesitan ese oxígeno) de los hidratos de carbono solubles del material húmedo recién cortado, ensilado y bien compactado en el lugar en que se depositó. Puede ser en silos horizontales: tipo trinchera o en silo tipo “bunker” o “torta”; antiguamente se utilizaron silos verticales o silos torre: de estructura cilíndrica que normalmente tenían un techo y eran de madera, chapa, incluso existieron vidriados en su interior, de cemento o también de ladrillo. Actualmente los más utilizados son los silo-bolsa, bolsas de plástico llenadas a presión y cerradas herméticamente para provocar el agotamiento rápido del poco oxígeno que queda dentro de esa bolsa y producir así una buena fermentación anaeróbica posterior.

El silo “tipo trinchera” consiste en una excavación longitudinal bajo nivel del suelo con piso y paredes de tierra o de cemento y que normalmente son más angostas en el piso que en su parte superior para facilitar la compactación del material. El piso tiene una inclinación hacia el extremo que no se utiliza para llenarlo, (el extremo opuesto al del llenado) para facilitar el drenaje o escurrimiento de los líquidos provenientes del exceso de humedad del material ensilado que vaya a escurrir. Cuando se llenan, son cubiertos con un material (ordinariamente plásticos) y soportados con pesos para reducir la superficie de deterioro. El uso de cubiertas viejas, de auto u otro rodado, para este fin, se ha popularizado pues son de uso práctico: se pueden usar por varios años, cumplen el objetivo de mantener el plástico adherido al material ensilado, no es engorroso como el tapar con tierra el plástico (y son “limpias”, por comparación).

Los silos “tipo bunker”, se construyen sobre el nivel del suelo y son de la misma forma que los tipo trinchera (paredes laterales con una inclinación hacia afuera de 15 a 25 cm. respecto de la base de las mismas) pero sus paredes deben ser soportadas por materiales rígidos (planchas gruesas de cemento o madera). Los extremos del largo del silo (al igual que en los silos trinchera) se mantienen abiertos lo que permite su llenado y compactación con un tractor que va y viene sobre el material que reparte en capas sucesivas. Se tapa en la misma forma que un silo trinchera. En ambos casos se llenará de modo que el medio del silo lleno quede más alto que en los costados (como una cumbre) y los costados unos 5 cm. más altos que los bordes de las paredes laterales una vez bien compactado y la buena compactación se comprueba cuando las huellas que deja el tractor usado para compactar casi no se notan en el material. Una vez cubierto, preferiblemente con un plástico, la lluvia escurrirá fácilmente por fuera de las paredes.

La cercanía de la primera napa de agua subterránea tiene que ver en la decisión de orientarse por un silo “tipo trinchera” (excavado) o por uno “tipo bunker” (a nivel del suelo). Siendo que cuando se empieza a usar deberá ser habilitado para descargarlo

diariamente (independientemente de los cambios del tiempo) habrá que asegurarse de un piso firme desde el punto de extracción hasta el lugar de su consumo.

El silo “tipo torta” es similar al bunker pero deponiendo el material en sucesivas capas en forma de torta, con mayor altura en el centro y disminuyendo hacia los lados, sin tener paredes que contengan al material. también debe ser correctamente compactado y cubierto con plásticos en toda su superficie expuesta para evitar el ingreso del agua de lluvia y de aire al material ensilado. El repetido consejo de atender a la alimentación de los animales sin cambios bruscos de la dieta obliga a prever el acceso al silo y retiro del silaje bajo todo capricho climático (más fácil decir que ver realizado...).

*La imaginación es la verdadera alfombra mágica.*  
**Norman Vincent Pale**

### **Fases en el proceso biológico-químico de la transformación de un forraje al ensilarlo**

**Fase 1:** Si se realizó una buena compactación del material, esta fase debería ser corta. Las células todavía vivas agotarán por respiración el oxígeno residual. Este tipo de fermentación aeróbica produce calor elevando la temperatura del material ensilado y liberando dióxido de carbono por oxidación de azúcares reduciendo el espacio de aire y predisponiendo a las condiciones de anaerobiosis. El oxígeno es consumido en alrededor de 4 o 5 horas, pero el anhídrido carbónico sigue aumentando durante aproximadamente 48 horas hasta alcanzar el 60 a 70 % del total de gases en el silo. Con el agotamiento del oxígeno se interrumpe la multiplicación de los hongos.

Esta fase es seguida de una fermentación anaeróbica usando hidratos de carbono solubles, ácidos orgánicos y posiblemente, otros materiales orgánicos como sustrato, con producción de ácido acético que se llama **Fase 2**.

Al aumentar la concentración de ácido acético, se inicia la **Fase 3**. Trabajando sobre los mismos sustratos la fase 3 está caracterizada por el comienzo de la producción de ácido láctico a cargo de *Lactobacilos sp.* y *Streptococos sp.* en presencia de suficientes carbohidratos fermentables. Estas tres fases ocurren entre 3 a 5 días y la temperatura de fermentación puede llegar a 32°-33°C. Esta es una temperatura ideal (32,2°C) y el signo de que no se esté manejando bien el proceso de ensilado estaría marcado por temperaturas más elevadas con el consiguiente deterioro del material a ensilar. Si el material presentaba muy alta humedad, se observará una pérdida de líquido que será máxima a los 4-5 días. Durante estos 4 a 5 días, el pH del material en el proceso de fermentación inicial ha descendido de 6.0 a alrededor de 4.2 por la actividad de las bacterias acéticas. Estas tres primeras fases determinan el éxito o el fracaso del silaje. Cuando todo va bien, la fermentación ha sido rápida, se ha producido un mínimo de conversión de proteínas a amoníaco y otras formas muy solubles de desintegración de las proteínas como las aminas que dan al silaje un olor desagradable (pescado podrido) y que pueden llegar a ser tóxicas por un exceso.

Es necesario un mínimo de 15 % de hidratos de carbono solubles para un adecuado proceso de formación eventual de la cantidad necesaria de ácido láctico característico de las fases 3 y 4. Con el inicio de la producción de ácido láctico desaparecen las con-

diciones de desarrollo de las bacterias acéticas y las productoras de ácido láctico hallan sustrato y pH adecuados para su multiplicación comenzando la **fase 4** que dura entre 15 y 20 días y es en este momento en donde el pH llega a alrededor de 3.8 y la temperatura ronda los 28,8-29°C. Las bacterias fermentan los hidratos de carbono disponibles a ácidos orgánicos logrando la acidez del medio que eventualmente inhibe el desarrollo de las mismas bacterias productoras de ácido láctico preservando el material en un estado sin cambios posteriores por la preservación debida al ácido láctico y que además lo hace palatable a los animales.

Se llega así a la **fase 5** o etapa de conservación del material en las condiciones en que se encuentra si todo ha transcurrido bien en las fases anteriores y esto estará indicado por la existencia de cantidad suficiente de ácidos acético y láctico, para impedir una actividad bacteriológica posterior. Si no fue suficiente, se empezará a formar ácido butírico y la proteína puede llegar a descomponerse en amoníaco y aminas con mal olor, perdiendo valor alimenticio y palatabilidad. Un buen silaje está generalmente asociado a la presencia de suficiente ácido láctico (gran concentración, en poco tiempo), y un mal silaje con una mala fermentación, asociado con la presencia de ácido butírico. La eficiencia para producir los ácidos acético, láctico o butírico favorece a las bacterias productoras del ácido láctico, siendo las más eficientes en el gasto de energía, en cambio las productoras de ácido acético son las menos eficientes y además producen mayor temperatura en el material sufriendo el proceso de ensilado.

### Síntesis

En la siguiente síntesis, se pueden observar los procesos químicos que ocurren en cada fase:

**Fase I:** Proceso de respiración aeróbica: no debe durar más de 2 a 5 horas.

**Fase II:** Fermentación aeróbica de tipo acética: la duración no debe exceder las 48 a 72 hs.

**Fase III:** Etapa de transición: inicio de la formación de ácido láctico

**Fase IV:** Incremento de la producción de ácido láctico (aproximadamente 15 o 20 días).

**Fase V:** Estabilización del silo: esta fase dura hasta que se abre el silo para comenzar el suministro.

Podríamos hablar de una:

**Fase VI:** Respiración y oxidación secundaria por la apertura del silo: en esta fase ocurren las mayores pérdidas del proceso, pudiendo llegar al 40 %.

En un silaje de planta entera de maíz que presenta un pH menor a 4 es probable encontrar: ácido láctico entre 6-10 %, ácido acético entre 0.5-1.5 %, menos del 0,1 % de ácido butírico y nitrógeno amoniacal como porcentaje del nitrógeno total preferentemente que no exceda el 5-8 %. Un silaje bien fermentado tiene olor avinagrado, a ácido láctico, que es agradable. Si en cambio está mal fermentado, el olor es fuerte, ofensivo, rancio.

Si el silo ha sido suficientemente compactado y sellado para excluir rápidamente el aire del material no habrá cambios posteriores y se preservará con muy pocas pérdidas, casi intacto. El ingreso de aire por mala compactación o mal sellado o por la combinación de ambas cosas, generará excesiva temperatura por oxidación resultando en pérdidas. Los

hidratos de carbono se convierten en  $\text{CO}_2$  + agua (vapor) y calor. El forraje “se pierde en humo” (que es inodoro e incoloro, no se ve lo que se está perdiendo), al decir de un extensionista de la publicación especializada en lechería “Hoard’s Dairyman”. Un mal sellado o mala compactación permitirá el desarrollo/entrada de hongos que podrán usar el ácido láctico de la fase 4 produciendo la baja de la acidez del material y esto a su vez permitirá luego la acción de bacterias indeseables. Esta actividad indeseable hace uso de energía del material para producir calor reduciendo la disponibilidad de energía para cuando se utilice como alimento. Una rápida acidificación del medio previene la alteración de las proteínas y el aumento de ácido butírico.

En la “**fase de alimentación**” o “**fase de consumo**” del silaje de planta entera logrado, al sacar el material para su distribución, el silaje vuelve a ponerse en contacto con el aire (oxígeno) y esto hace que se produzca una nueva fermentación aeróbica. Que el alimento sea consumido lo más rápido posible reducirá la pérdida de nutrientes y el correcto retapado del silo luego de la extracción del material reducirá las pérdidas dentro del silo.

Resumiendo, los factores que afectan favorablemente a la fermentación y subsecuente calidad del silaje son:

- contenido de humedad del forraje al momento del ensilado
- rapidez del llenado del silo. Llenarlo lo más rápido posible
- hidratos de carbono disponibles
- compactación del material en el silo.

#### **Sellado del silo para reducir la exposición al aire**

El largo teórico del picado ( $3/8$  de pulgada  $\sim 0,95$  cm que da un picado efectivo de  $1/2$ ” a  $1$ ” =  $1,27$  a  $2,54$  cm) parece ser el más recomendable: suficientemente fino y uniformemente picado (evitando pedazos grandes, marlos grandes, hojas sin cortar porque tienden a crear bolsones de aire que favorecen focos de calor y excesivo moho). Cuando el silaje va a ser utilizado como parte de una dieta forrajera, con otro forraje de fibra larga como ser: pasturas o henos, puede pensarse en un picado más fino del silaje cuya ventaja será una mejor compactación del material y lograr así un mejor silaje. El corte se debe realizar con cuchillas bien afiladas, sin desgarros porque rompen más células y originan mayor escurrimiento. Un largo de corte teórico de  $3/8$ ” ( $0,95$  cm) dará un  $15$  a un  $20$  % de material de más de  $1,5$ ” =  $3,8$ cm que es bueno para provocar la rumia (Bal *et al.*, 2000; Mertens, 2005).

El silaje realizado en estas condiciones se puede mantener por varios años sin cambios significativos en su composición.

Resumiendo, los objetivos, al hacer un ensilado luego de la cosecha, corte y picado, son realizar una compactación efectiva del material para reducir el oxígeno retenido, reducir el calor de fermentación y maximizar la cantidad de ácido láctico producido durante la fermentación, llegando a un silaje con pH de alrededor de  $4$  para maíz y un pH de menos de  $5$  para silajes de leguminosas. El silaje no va a tener mayor calidad que el material que fue usado para ensilar, el proceso de ensilado conserva nutrientes a cambio de una pérdida relativamente menor de hidratos de carbono solubles y de proteína (si se hace bien).

Los silajes con mayores valores de pH que los mencionados (menos ácidos) son más propensos a desperdicio excesivo y corta permanencia sin descomposición en el comedero al servirlo para comer. Es muy importante la correcta limpieza diaria de los comederos adecuando la cantidad a consumir ya que lo que no se consumió y queda en el comedero provocará el rechazo de los animales (especialmente en días calurosos). Barriendo el “alimento viejo”, no consumido, se estimula el consumo.

Ya se mencionó que para tener una fermentación exitosa hace falta una proporción de azúcares fermentables. Varios de los forrajes ensilables (la alfalfa, por ejemplo) tiene la mayoría de sus carbohidratos en forma de polímeros fibrosos (celulosa, hemicelulosa) que constituyen buena parte de la pared celular y que no son fácilmente fermentables para obtener ácido láctico. Esto impulsa el estudio de la posibilidad del agregado de enzimas (celulasas, hemicelulasas, y pectinasas) para ayudar a degradar la pared celular y liberar azúcares fermentecibles. Existen resultados que indicarían la factibilidad práctica de estos agregados pero que necesitan mejorarse antes de su aplicación extensiva.

Cuando se usa material muy joven, en activo crecimiento, con mucha proteína soluble y bajo porcentaje de azúcares solubles, el pH no baja suficientemente rápido y se multiplican rápidamente los *Clostridium*s (bacterias) que producen más ácido butírico y otros ácidos grasos volátiles a partir de los aminoácidos e hidratos de carbono solubles que dan un olor característico a los silajes de pasturas. La conversión de ácido láctico a ácido butírico significa una pérdida de 20 % del valor energético. Esto llevaría a pérdidas de materia seca y de calidad de nutrientes.

Ordinariamente estas pasturas tienen menos de 20 % de materia seca o a veces mucho menos. Se puede controlar en parte este problema ensilando ese material “aguachento” con 30 % de materia seca lo que implica dejarlo orear cortado, en el campo, para que pierda esa humedad que tiene en exceso. Por lo dicho anteriormente, ya sabemos que esto es un mal menor y su precio es una pérdida de nutrientes solubles mientras las plantas siguen respirando. La mejor solución sería agregar una proporción de grano molido (3 a 5 %), o melaza donde ésta sea obtenible (alrededor de un 5 %) lo que compensará la falta en el forraje de hidratos de carbono solubles.

También se resuelve el problema de alta humedad con el agregado de ácidos como el propiónico y el fórmico combinaciones de ambos (desde 25 y 75 % de cada uno hasta 75 a 25 % de los mismos). Esto es común en Europa y en algunas zonas de EE. UU. donde se ensila preferentemente gramíneas de mucha humedad (70 % o más). Se usan al 0,15 % del peso tal cual del material. Con esto se elimina el gran deterioro de proteínas a nitrógeno no proteico que sucede y que no se aprovecha bien en el rumen por su rápida transformación a amoníaco.

Una precaución a tener en cuenta al ensilar pasturas previamente pastoreadas, es la de evitar tierra y bosta (estiércol) en el material que se corta pues favorecen la multiplicación de bacterias dañinas como *Clostridium* (que afectan la calidad del silaje) y *Listeria* (que afectan a la salud humana y a la de los vacunos).

Comparando un silaje de pasturas (mezcla de gramíneas y leguminosas) con heno del mismo material producido contemporáneamente, el silaje tiene algo más de valor nutritivo en base a consumo voluntario (su acidez limita, en parte, su consumo), de performance de crecimiento y de digestibilidad. La utilización del nitrógeno es menor por el efecto de aumento de nitrógeno no proteico sobre el consumo voluntario y sobre la performance.

Durante una estación lluviosa la producción de silaje a partir de mezclas de pasturas presenta ventajas sobre la henuficación del mismo material porque el forraje cortado está menos tiempo en el suelo y consecuentemente tiene menor probabilidad de dañarse por las lluvias. Es lo que se observa en los países lluviosos del norte de Europa. La energía por kilogramo de materia seca es más o menos igual en el silaje que en el heno de una misma especie producidos contemporáneamente pero el silaje tiene más agua (ver tabla 24). Las vacas comiendo a voluntad ambas formas de forraje comen, aproximadamente, 3 kg de silaje (con 30 % de materia seca) por kilogramo de heno por lo tanto 3 kg de silaje equivalen a 1 kg de heno.

### Valores de energía de heno y silaje de alfalfa (base materia seca) para vacunos en crecimiento

Alfalfa, <i>Medicago sativa</i>	TND %	Energía digestible (Mcal/kg)	Energía Metabolizable (Mcal/kg)	Energía neta mantenimiento (Mcal/kg)	Energía neta ganancia (Mcal/kg)	Materia seca %
Heno	60	2,65	2,17	1,31	0,74	90,6
Silaje	63	2,78	2,28	1,41	0,83	44,10

**Tabla 26:** Valores de materia seca, energía digestible, metabolizable, neta de mantenimiento y de ganancia de henos y silajes de alfalfa (NRC, 2000).

### Silaje de planta entera de maíz, *Zea mays* (corn silage, en inglés) (IFN 3 -28-248)

El **silaje de planta entera de maíz**: es el principal silaje utilizado en nuestro país. Presenta muy buena palatabilidad, es alto en total de nutrientes digestibles (TND) en base a su materia seca y puede preservarse bien. Se obtiene mayor TND por hectárea ensilando la planta entera que usando la producción de grano de ese maizal.

La mitad del valor nutritivo de la planta de maíz corresponde a las hojas y a los tallos y la otra mitad lo aportan las mazorcas y no debería considerárselo exclusivamente como forraje ya que provee una generosa cantidad de energía aportada por el grano (hasta el 10 % del peso del silo, con su humedad).

Se ha definido al silaje de planta entera de maíz como el resultado de “dos cosechas”: la espiga que es mayormente de un grano de alta calidad y el resto de la planta que es un pasto de no tan buena calidad. Obviamente, si la cantidad de grano varía resultará una considerable variación en su calidad alimenticia: un material para ensilar, bien espigado presenta, en base a materia seca, alrededor de 50 % espiga y 50 % tallo, hojas e inflorescencia (flor masculina). Pero no todos los silajes de maíz presentan esta proporción. Debido a esta característica (mezcla de grano y forraje), las vacas lecheras alimentadas con silaje de maíz necesitan menos suplementación en carbohidratos no fibrosos para balancear su dieta que si se alimentaran con pasturas o heno. La digestibilidad de la materia seca puede ir de 55 a 75 % pero su promedio es >65 %, los tallos contribuyen con 20 % de hidratos de carbono solubles (Bragachini *et al.*, 2018).

De cada hectárea de maíz de la cual se cosecha solo el grano, queda en el campo la mitad de su valor nutritivo (planta). Algo se salva por el pastoreo del rastrojo que puede realizarse posteriormente, pero es poco, al compararlo con el beneficio de consumir la planta entera preservada en el silo.

**Silaje de maíz: momento óptimo de corte/picado**

Estadio del grano y línea de leche <sup>(1)</sup>	Humedad del grano %	Humedad del follaje %	Tiempo entre estadios del grano <sup>(2)</sup>
Grano lechoso	48	74	-
			11 días
½ línea de leche	40	68	-
			6 días
¼ línea de leche	35	64	-
			7 días
Madurez fisiológica (sin línea de leche)	32	60	-

<sup>(1)</sup>: La línea de leche es el límite entre el endosperma líquido y el endosperma sólido del grano. La línea de leche avanza desde la parte superior del grano hacia la inserción del mismo con el marlo. Por ejemplo, un grano con ¼ de línea de leche tendrá sólo la punta cercana al marlo con endosperma líquido. La línea de leche permite estimar el contenido de humedad del grano y la planta y en base a ello elegir el momento adecuado para cortar la planta a ensilar.

<sup>(2)</sup>: Notar que en pocos días se pasa de un estadio al siguiente hasta sobrepasarse el momento ideal de corte.

**Tabla 27:** Momento óptimo de corte y picado de la planta entera de maíz para ensilado (Crookston & Kurle, 1987).

Entre “grano lechoso” y “½ línea de leche” pasan 11 días y luego 6 días entre “½ línea de leche” y “¼ línea de leche”. Cuando la línea de leche está en la mitad del grano, el follaje de la planta tiene aproximadamente un 68 % de humedad que es alrededor del límite máximo necesario para la producción de un buen silaje de planta entera de maíz. Cuando la línea de leche llega al límite con el marlo la humedad de la planta será de 60 %, límite más bajo con el cual aún puede hacerse un buen silaje de planta entera de maíz.

El silaje de maíz presenta un alto contenido de humedad, es altamente palatable, su contenido de proteína es bajo, es un forraje de relativamente alta energía sobre materia seca. La recomendación es ensilar las plantas de maíz cuando tengan entre 60 y 65 % de humedad. La presencia de 3 o 4 hojas secas en la base del tallo de la planta, indica en la práctica que la planta entera (follaje y espiga) presenta entre 60 y 65 % de humedad salvo las variedades que se mantienen verde durante más tiempo “stay green”. De este modo se asegura una buena relación entre digestibilidad, porcentaje de humedad, contenido de grano y azúcares.

Si se corta y pica con “½ línea de leche” o menos, habrá una pérdida de líquidos/jugos que contienen entre 5 y 8 % de materia seca con valiosos nutrientes solubles. La pérdida por escurrimiento de líquidos/jugos de las plantas está ligada a la cantidad de materia seca inicial del material ensilado y al tamaño del picado (esta será mayor cuanto más fino sea el picado). La madurez fisiológica se logra cuando la línea de leche llegó al marlo. Aparecerán, entonces, en ese lugar (en la unión del grano con el marlo) las “células negras” (o “capa negra” o “rafe”): células muertas que cortan el flujo de savia al grano (“zona de abscisión”). Cuando se ven las células negras o la capa negra ya será tarde para hacer un buen silaje, se habrá perdido mucha humedad en la planta y la compactación será más difícil, puede mejorarse cortando las plantas a mayor altura para evitar la parte más baja de la planta que presenta mayor materia seca y menor digestibilidad.

Dependiendo de la capacidad operativa para cortar, picar y ensilar se calculará en qué momento empezar a cortar el lote a ensilar: teniendo maquinaria para hacer un silo en una semana, por ejemplo, se debería empezar cuando el promedio de las muestras obtenidas

en el lote estén entre  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{1}{4}$  línea de leche (el material cosechado se habrá recogido con un promedio de entre 65 y 60 % de humedad = buena perspectiva de obtener un buen silaje = buen comienzo, al menos). Si se necesitaran dos semanas, empezar cortando y picando cuando el lote está en media línea de leche para lograr el máximo potencial del material en su momento ideal (ver tabla 26).

#### **Análisis orientativo de un silaje de maíz bien espigado y uno con pocas espigas<sup>4</sup>**

Materia seca	Proteína Bruta	Grasa	Fibra Bruta	FDN	FDA	Calcio	Fósforo	TND
Silaje de maíz bien espigado								
35	2,80	1,00	8,30	17,80	9,80	0,08	0,07	24,50
100	8,10	3,10	23,7	51,00	28,00	0,23	0,22	70,00
Silaje de maíz con pocas espigas								
35	2,90	1,00	11,30	18,50	10,50	0,12	0,06	21,70
100	8,40	3,00	32,30	53,00	30,00	0,34	0,19	62,00

**Tabla 28:** Análisis orientativo de un silaje de maíz bien espigado y uno con pocas espigas respecto a materia seca, proteína bruta, grasa, fibra bruta, FDN, FDA, calcio, fósforo y total de nutrientes digestibles (Macgregor, 2000).

#### **Materia seca en la planta de maíz y en su grano para decidir el momento óptimo de corte-picado**

Estadio de la planta	% de materia seca En la planta total y su humedad	% de materia seca del grano en el total del silaje
Grano lechoso	20 (humedad:80 %)	6
$\frac{1}{2}$ línea de leche	25 (75 %)	16
$\frac{1}{4}$ línea de leche	35 a 40 (65-60 %)	46

**Tabla 29<sup>a</sup>:** Relación entre el porcentaje de materia seca de la planta de maíz y sus granos para tomar la decisión del momento óptimo de corte y picado.

	Grado de madurez		
	1/3 línea de leche	2/3 línea de leche	llenado (capa negra)
Materia seca (%ATC)	25.9	29.0	33.1
FDN (%MS)	56.0	60.8	64.2
FDA(%MS)	35.0	38.7	41.3
Hemicelulosas (%MS)	21.0	22.2	22.9
Celulosa (%MS)	28.2	31.0	33.4
Lignina (%MS)	3.48	4.14	4.63
Dig materia seca in situ 24hs	51.2	47.1	45.9

**Tabla 29<sup>b</sup>:** Composición química de la fracción fibrosa de silaje de planta entera de maíz con distintos grados de madurez. Relación entre el grado de madurez del grano de maíz y el valor nutritivo del silaje expresado en base al porcentaje de materia seca expresado sobre el alimento tal cual (ATC), y los porcentajes de fibra detergente neutro, ácido, hemicelulosas, celulosas, lignina y digestibilidad in situ a 24 hs expresados en base a materia seca (Mertens, 2005; Ferraretto *et al.*, 2018).

4 Puede suceder por un año seco u otro trastorno climático o baja fertilidad del lote.

El momento ideal del corte para ensilar será cuando el porcentaje de materia seca del grano respecto del total de la planta esté cercano al 46 % (y la planta total entre 60 y 65 %). Más tarde significará una pérdida de algo del follaje (hojas inferiores de la planta) que se habrá secado y perdido además de la mayor dificultad para lograr una buena compactación con esa humedad de la planta (ver tabla 27). Se puede ensilar con un 45 a 50 % de humedad, pero requiere un manejo muy exacto y el equipo adecuado. Con esta humedad es difícil hacer una buena compactación para eliminar el oxígeno de la mejor manera posible para asegurar la anaerobiosis en las primeras horas luego de una buena compactación. El oxígeno es el enemigo del silaje.

Con un buen manejo del material se busca mantener la calidad, el máximo de palatabilidad y así tener un buen consumo. El TND del silaje de maíz con su humedad (64 %) (o sea “tal cual” o “as fed”) es de 26 %. Con materia seca igual al maíz grano (88 % = 12 % de humedad), tiene 64 % de TND (el grano tiene 81 a 82 % de TND). El TND del silaje con 64 % de humedad tendrá 36 % de materia seca y si se equipara su materia seca a la del grano de maíz con 12 % de humedad, resulta en 64 % de TND de  $(88 \times 26 / 36 = 63,55)$ . Para evaluar estos valores, tener presente que el grano de avena tiene 68 % de TND y el heno de alfalfa, un promedio de 52 %. La cantidad de grano en el silaje de maíz le da ese valor alto de TND que lo acerca, por su energía, a alguno de los concentrados energéticos.

Existen distintas formas de ensilar el material cosechado, en forma aérea (silo torta-bunker o puente) o almacenados en bolsas plásticas (silo-bolsa). Las pérdidas referidas a gases de fermentación aeróbica hasta que se acabe el oxígeno será mayor cuanto mayor sea la superficie de exposición. Un silo trinchera ofrece una superficie expuesta mientras se lo va llenando de alrededor de 10 metros de ancho por 30 metros de largo = 300 m<sup>2</sup>. Se debe tratar de minimizar la superficie expuesta y adecuar la tasa de extracción diaria para minimizar las pérdidas y hacerlo de la mayor altura posible de acuerdo con el sistema de extracción con el que se trabaja. Se deben tapar los silos con mantas plásticas (toda su superficie expuesta: superficie superior y laterales) teniendo cuidado en las uniones entre las mantas y sujetando esas mantas con cubiertas o similar para evitar voladuras (ver tabla 28).

Silo-bolsas: es un sistema de almacenaje en bolsas plásticas de generalmente tres capas (una capa filtro rayos ultravioletas) de 100 a 200 micrones de espesor, con una capacidad variable de 100 a 350 toneladas que se están usando no sólo para ensilar forrajes picados, puros o mezclas, restos de pastoreos (el tamaño de las bolsas lo permite) sino también granos húmedos, subproductos húmedos de industrias de origen agrícola (de manzana, de citrus, de cerveza, de molienda húmeda de maíz y otros).

El proceso que sufre el material embolsado es similar al de ensilar en silos horizontales tradicionales con las ventajas de ser más fáciles de ubicar para el uso posterior del silaje (más cerca de los animales a suplementar) y requieren menos trabajo para asegurar una buena acidificación y compactación del material, reemplazada esta operación por la maquinaria que llena las bolsas que se sellan (cierran bien y fácil) cada vez que se termina la jornada de trabajo.

Repasando las recomendaciones para hacer un buen silaje observamos:

- sacar cuanto antes el oxígeno retenido en el forraje,
- reducir la cantidad de calor generado durante la fermentación picando bien el material y apisonándolo bien, (esto ayuda a extraer el oxígeno)

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

- crear la mayor cantidad posible de ácido láctico durante la fermentación y
- llegar a un pH de alrededor de 4.

*Todo lo que le ocurra a la Tierra, le ocurrirá a los hijos de la Tierra.*  
**(del Jefe piel roja de Seattle, Estado de Washington, EE. UU., al referirse al mal trato de la Tierra por exceso de extracción de nutrientes que no se reponen).**

**Pérdidas de materia seca según tipo de silo hecho con plantas enteras, picadas adecuadamente:**

Tipo de silo y humedad del forraje	Pérdida en la superficie	Gases	Escurrimiento	Pérdida total en el silo	Pérdida en el campo	Pérdida total de corte a consumo
Trinchera bunker puente			(abierto)			
80 %	6	10	7	23	2	25
70 %	10	10	1	21	2	23

**Tabla 30:** Pérdidas de materia seca según el tipo de silo utilizado (trinchera-bunker-puente (abierto)) en la obtención de silajes de plantas enteras picadas adecuadamente.

**Comparación de silajes de maíz de distintas variedades y de cultivo afectado por sequía**

La fibra detergente neutro es un indicador del consumo y la fibra detergente ácido es un indicador de la digestibilidad, cómo se explicó anteriormente se relacionan en forma inversa con el consumo voluntario y el coeficiente de digestibilidad respectivamente.

Variedad de maíz	1	2	3	4	5	6
Humedad %	66	71	63	64	64	74
Materia seca	34	29	37	36	36	26
Proteína bruta	8,2	8,0	9,2	8,6	8,9	9,0
Hidratos de carbono no fibrosos	39	28	40	28	21	14
FDA	24	33	23	26	41	35
FDN	45	56	42	45	63	69
EN lactancia (Mcal/kg)	1,653	1,389	1,653	1,609	1,168	1,212
Calcio	0,21	0,28	0,23	0,23	0,28	0,29
Fósforo	0,20	0,20	0,21	0,22	0,30	0,22
Magnesio	0,15	0,20	0,21	0,17	0,20	0,13
Potasio	1,22	0,98	1,16	1,33	1,51	1,42

**Tabla 31:** Comparación de la calidad nutritiva de silajes de planta entera de maíz de distintas variedades y de cultivares afectados por sequía respecto a humedad, materia seca, proteína bruta, hidratos de carbono no fibrosos, fibra detergente neutro y ácido (FDN y FDA), EN de lactancia, calcio, fósforo, magnesio y potasio, todos informados en porcentaje salvo la energía neta de lactancia en Mcal/ kg.

Los análisis de silajes de planta entera de maíz que se presentan en la tabla 29 muestran un rango amplio en sus composiciones químicas. Los silajes “1” y “3” se desarrollaron en condiciones favorables de clima: tienen alta proporción de grano:forraje (ver porcentaje de hidratos de carbono no fibrosos). Presentan bajos porcentajes de FDA, 24 y 23 % respectivamente y sus porcentajes de FDN están dentro de lo esperado para maíces

con mucho grano (45 y 42 %). Los valores de hidratos de carbono no fibrosos se presentan en niveles altos: 39 y 40 %, lo que reduce la cantidad de grano adicional a agregar en la dieta.

Los silajes “2” y “4” son de variedades de menos grano o que florecieron en época de calor seco que produjeron espigas chicas o de formación incompleta de granos. En situaciones donde no hay oferta estacional de otro forraje estos silajes pueden usarse como única fuente de forraje pues permiten cubrir los niveles necesarios de FDN y FDA de la dieta, además de hidratos de carbono no fibrosos. El silaje “6” es un ejemplo de maíz tropical y el silaje “5” es un ejemplo de un cultivo que fue afectado por clima seco y enfermedades de las plantas. El nivel bajo de hidratos de carbono no fibrosos de este silaje “5” afectado (21 % contra 39 y 40 % en los mejores silajes o 28 y 38 % del segundo grupo) indican un bajo contenido de grano y los valores altos de FDA (41 %) y FDN (63 %) son el resultado de pérdida de mucha hoja, pero sigue siendo una buena fuente de forraje si se compensan estas deficiencias con otro forraje en la dieta. En cuanto al silaje de maíz tropical, es de plantas más altas (más follaje) que otras variedades, son más bajos en rendimiento de granos y tienen más resistencia a insectos y enfermedades de la planta. El silaje resultante es de mayor humedad (74 %), alta FDA (35 %) y muy alta FDN (69 %) porque presentan más lignina y más pared celular y bajos niveles de hidratos de carbono solubles no fibrosos (14 %). Los forrajes de climas cálidos tienen más pared celular que los de climas templados y en consecuencia son de digestibilidad más reducida. Aun así, son una buena opción en cuanto a volumen de forraje.

Estos párrafos muestran la necesidad de tener un buen análisis del volumen forrajero que representan los silajes en lugar de estimar su oferta de energía y nutrientes. Es una medida económica teniendo en cuenta el volumen almacenado y que los resultados son extensivos a esa cantidad ensilada, contrariamente a lo que sucede, por ejemplo, con una pastura cuyos valores varían constantemente a lo largo de su crecimiento y desarrollo.

Respecto al picado del material a ensilar y sus consecuencias en la alimentación con un picado regular (corte teórico de 3/8” – 0,95 cm.) que da lugar a una porción de entre 15 y 20 % del material de 1,5” (3,8 cm) y un picado fino (menor a un corte teórico de 3/8”), estos últimos pueden ser inadecuados para mantener la actividad ruminal normal si son usados como única fuente de forraje. En la tabla 30, se observan los valores de fibra efectiva de dos silajes de maíz comparados con otras fuentes de fibra. FDA es el porcentaje de fibra detergente ácido de todos los alimentos que se comparan. La “FDA efectiva” resulta del producto del valor de la FDA, como porcentaje de la materia seca multiplicada por el “factor de fibra efectiva” (por ejemplo: para silaje picado fino:  $29 \times 0,75 = \sim 22$ ) que asigna al heno de alfalfa largo (es decir sin picar) el valor “1”.

Todos estos datos nos dicen cómo pierde el silaje de maíz picado fino (menor a 3/8 de pulgada = menos de 0,95 cm) capacidad de provocar la rumia medida en “minutos por kilogramo de materia seca” (39,6 versus 79,2 minutos) respecto del silaje picado más grueso, datos que se reflejan en diferencias importantes en la cantidad de “FDA efectiva” (22 % vs. 29 %) lo cual explica la menor capacidad de generar saliva que controlará el pH del rumen.

### Valores de fibra efectiva de dos silajes de maíz comparados con otras fuentes de fibra

Fuentes de fibra	%FDA(MS)	Tiempo de rumia (minutos/kg/MS)	Factor fibra Efectiva	% FDA efectiva (MS)
Heno de alfalfa, largo	40	61,6	1,00 *	40
Heno de alfalfa en comprimidos	40	37,4	0,35 *	14
Silaje de maíz regular	29	79,2	1,00	29
Silaje maíz picado fino	29	39,6	0,75	22
Subproductos (largo de partícula: menos de 0,4" = 1,02cm.				
Hez de malta	24	15,4	0,68	16
Cáscara de algodón	73	30,8	0,90	66
Semilla de algodón	29	28,6	0,85	25
Pulpa de citrus	22	30,8	0,70	15
Cáscara de soja	50	8,8	0,30	15
Afrechillo de trigo	12	8,8	0,92	11

**Tabla 32:** Valores de FDA, factor fibra efectiva, tiempo de rumia y fibra efectiva, de dos silajes de maíz con distinto tamaño de picado comparados con otras fuentes de fibra (Mowrey *et al.*, 1999).

Cuando en la literatura técnica se menciona “fibra larga” o “fibra efectiva” se interpreta como picado de 3 a 4” (7,6 a 10,2 cm) de largo. En las dietas muy concentradas en energía se insiste en la necesidad de un mínimo de 2,3 a 2,7 kg/cabeza/día de forraje de “fibra larga o efectiva”. Esta fibra efectiva será la que asegurará una determinada rumia que aportará la cantidad de saliva y sustancias buffer naturales (bicarbonatos y fosfatos) al rumen para mantener un adecuado nivel de pH evitando la acidosis.

Otra observación es la diferencia notable entre la “FDA efectiva del heno largo” con la del mismo heno pero procesado en comprimidos para lo cual hubo que molerlo primero: (1\* vs. 0,35\* en la tabla).

Respecto de los subproductos, la mayoría con FDA parecidas al silaje de maíz y algunos hasta más alta (excepto la de la cáscara de algodón), como sus tamaños promedio son de 0,4” = 1,02 cm, son inadecuados para estimular la rumia al compararlos con el heno patrón.

## FORRAJES

### Resumiendo, ¿qué ventajas presenta el silaje de maíz?

- Una elevada producción de materia seca por hectárea,  
Es un alimento que perteneciendo a los forrajes aporta alta energía,
- posee muy buena digestibilidad (aportada por fibra de calidad y por el grano),
  - presenta muy buena palatabilidad (es importante que se haya ensilado bien),
  - constituye una reserva de fibra y energía que mantiene su calidad en el tiempo,
  - puede usarse en cualquier momento del año,
  - puede utilizarse como base forrajera en las dietas para no tener tantos cambios en el año,
  - puede aprovecharse para cubrir los baches de producción de pasto/pasturas,
  - aporta fibra "efectiva" para lograr un rumen sano (ver largo corte),
  - aporta fibra para equilibrar verdeos y rebrotes de pastura aguachentos de otoño e invierno.

Donde los suelos no son aptos o el régimen de lluvias no es suficiente el silaje de sorgo es una alternativa (con más volumen de forraje pero de menor calidad: menor % de grano).

En la siguiente tabla se puede observar el aporte energético y nutritivo de la planta entera de maíz o de alguna de sus partes (espigas alta humedad, espigas más chalas y tallos) y maíz grano con alta humedad.

### Aporte energético y nutritivo de silajes de planta entera de maíz o de sus partes

Análisis	1: planta entera	2: espigas con alta humedad	3: espigas con chala y tallos	4: maíz grano de alta humedad
% materia seca	32/35	65/70	65/70	70/75
Relación aproximada: %forraje: %grano	50:50	80:20	75:25	100:0
% proteína bruta	8,0	8,9	9,0	10,0
% FDA	24,9	12,0	14,5	4,0
Eng (Mcal/kg)	1,014	1,322	1,168	1,455
Calcio %	0,23	0,02	0,02	0,02
Fósforo %	0,25	0,23	0,25	0,28

- (1): Más kg por ha que ningún otro forraje. La relación forraje:grano, en nuestro país, suele ser algo menor en la proporción de grano por ser de cultivos sin riego artificial.
- (2): Se trata de espigas de maíz de alta humedad, (marlo + grano) cosechadas y molidas al ensilarlas.
- (3): Espigas completas (marlo y granos), más las chalas adheridas y parte de tallos y hojas cercanas a la espiga. Son cosechadas y molidas en una operación.
- (4): Grano cosechado con alta humedad (sólo el grano). Proporciona la mayor cantidad de energía por hectárea (pero la menor cantidad de carne por ha al compararla con los otros silajes) si se están alimentando novillos. Las ventajas de esta forma de cosecha: cosecha temprana, con menos pérdidas al cosechar y ningún gasto de secado. Pero da menor flexibilidad de comercialización respecto de la cosecha de grano seco: al extraerlo del silo tiene muy poco tiempo de conservación de calidad, sólo el necesario para su consumo inmediato. No es de condiciones cámara.

**Tabla 33:** Aporte energético y nutritivo de la planta entera de maíz y de sus partes: espigas con alta humedad, espigas con chala y tallos y maíz grano de alta humedad.

Las vacas comen entre 2,2 y 2,66 % de su peso vivo (en materia seca) cuando se las alimenta sólo con silaje de maíz (planta entera), mientras que se consiguen consumos de más de 3 % del peso vivo cuando comen sólo heno de leguminosas de excelente calidad. Esta diferencia en el consumo de alimentos fermentados es el resultado de la presencia de ácidos orgánicos, aminos y nitrógeno amoniacal o sus precursores que acortan el tiempo de consumo y la cantidad de comida (Clancy *et al.*, 1977; Conrad *et al.*, 1977). Se puede aumentar el consumo de silaje de maíz mediante su suplementación con proteínas, urea u otros compuestos amónicos.

El contenido de humedad de la dieta también afecta el consumo de materia seca que decrece cuando el contenido de humedad excede el 50 %. El efecto de la humedad es menor sobre el consumo de materia seca cuando está presente en la forma de pastura que cuando está como silaje u otros alimentos fermentados.

#### **Silaje de sorgo granífero, *Sorghum sp.* (*sorghum silage*) (IFN 3-04-323)**

El silaje de sorgo granífero, es apenas inferior en calidad que el silaje de maíz cultivado en una zona maicera y esto es relativo pues en una zona donde el sorgo, por clima (área de restricción agroecológica para el maíz) da mejor que el maíz, no vale esta comparación. (El silaje de maíz es superior al silaje de sorgo en la zona maicera y no en la zona donde las lluvias son insuficientes para el maíz y adecuadas para el sorgo). Donde es posible la comparación, el silaje de planta entera de sorgo aporta en valor alimenticio un 85 a un 95 % del aporte de un silaje de maíz. Aun cuando los sorgos aportan gran cantidad de grano, un alto porcentaje de ellos no son digeridos ya que el sorgo presenta granos chicos, con pericarpio duro (si no son masticados, no se produce la ruptura del pericarpio) y se facilita su paso por el tracto gastrointestinal sin ser aprovechados. Sin embargo, el porcentaje de grano que es digerible contribuye a aumentar el valor nutritivo de este silaje. Se recomienda la utilización de cracker en el momento del picado para mejorar el aprovechamiento de los granos.

Los silajes de planta entera de maíz son superiores a los silajes de planta entera de sorgo en suelos óptimos y sin limitantes medioambientales. Las características agronómicas y los valores alimenticios varían más en las distintas variedades de sorgo que en las de maíz. Algunas variedades de sorgos forrajeros dan rendimientos de material fresco en toneladas por hectárea comparables a los de maíz pero no tienen la misma materia seca. Se mencionan los sorgos “sileros” de nervadura marrón (gen BMR) como prometedores de mayores ganancias y eficiencia de conversión por su mayor aporte de materia seca, de proteína y mejor digestibilidad que los otros sorgos ensilados en la zona central de la provincia de Córdoba (Mombelli, 2003).

Aprovechando la planta entera de sorgo granífero en lugar de solamente el grano, aumenta la producción de carne por hectárea, en alrededor de un tercio. El silaje de maíz produce ganancias más rápidas y mayores consumos que el sorgo forrajero, siendo el silaje de sorgo granífero, intermedio entre los otros dos. El valor alimenticio relativo es reflejo de diferencias en materia seca y contenido de grano de los silajes (y lo que implica en energía y nutrientes la presencia de ese grano).

En cuanto al agregado de materiales para incrementar la proteína de estos silajes, el silaje de maíz es más compatible que los de sorgo con las fuentes de nitrógeno no proteico (urea y otros compuestos nitrogenados). Es muy importante hacer análisis de los silajes

de sorgo (proteína, energía estimada) para una formulación más ajustada en raciones, de crecimiento sobre todo (Buxton *et al.*, 2003).

El **silaje de sorgo forrajero** (*Sorghum bicolor saccharatum*) (IFN 3-04-499) es similar al silaje de mezcla de leguminosas y gramíneas, y el silaje de sorgo granífero es más parecido al silaje de maíz con las observaciones hechas respecto del aprovechamiento de sus granos ver Tabla 32).

### **Análisis comparativo de sorgo forrajero y silajes de maíz planta, grano en estado lechoso y grano bien maduro (valores s/base materia seca)**

Silajes de planta entera	Fibra bruta	% FDN	% FDA	%TND	ENm Mca/kg	ENg Mcal/kg	ENI Mca/kg
Sorgo forrajero	30	61	41	58	1,278	0,573	1,278
Maíz con grano lechoso	26	54	32	65	1,455	0,815	1,455
Maíz con grano maduro	23	47	27	70	1,609	0,970	1,565

**Tabla 34:** Análisis comparativo de sorgo forrajero y silajes de maíz planta en estado de grano lechoso y grano bien maduro (valores sobre base materia seca de fibra bruta, fibra detergente neutro y ácido (FDN, FDA), TND y energía neta de mantenimiento, ganacia y lactancia respectivamente (ENm, ENg y ENI) (Schmid *et al.*, 1976; Getachew *et al.*, 2016).

### **Silajes de forraje henificable (*hay crop silage*)**

Cualquier forraje que puede ser henificable, puede ser usado para ensilar. Comparando estos silajes con los de maíz o sorgo, son generalmente más altos en proteínas, pero algo más bajos en TND, sobre la base de su materia seca, que el heno hecho de buena calidad a partir de la misma especie. De todos los forrajes henificables, los más usados son los de alfalfa (IFN 3-08-150), de tréboles y de mezclas de los anteriores con gramíneas y otras especies.

Pensando en la calidad del forraje preservado a lograr donde es más difícil hacer heno, es más fácil hacer silaje (principalmente pensando en problemas climáticos: lluvias, falta de sol: horas de sol).

Se ha demostrado que hay poca diferencia en el valor alimenticio de silaje de alfalfa al compararlo con el heno de la misma especie. Cuando se comparan sobre la base de kilogramos de leche por hectárea de alfalfa, el silaje rinde más que el heno. Esto es por el mayor porcentaje de hoja que permanece en las plantas ensiladas que en las que se henifican.

Se ha comparado el valor alimenticio del silaje de otras forrajeras con silaje de maíz. En la mayoría de los experimentos se obtuvo más leche con silaje de maíz debido a que tiene más TND y energía neta estimada (debido esto a que el maíz aporta grano). Cuando se usan los otros silajes, se necesitan menos proteínas en la suplementación que con silaje de maíz. Para vacas lecheras en producción, por ejemplo, será necesario dar una fuente suplementaria de granos (energía) si se suministra silaje de forrajeras en lugar de silaje de maíz, excepto cuando se agregue grano o melaza al material en el momento de ensilarlo o si se ensila forraje marchitado previamente, es decir con pérdida de algo de humedad y en consecuencia, con más materia seca.

**Silajes de cultivos de cereales****Silajes de planta entera de cereales (granos finos), cortados para ensilar con granos en “estado lechoso”**

Especie cultivada	Materia seca	Proteína bruta	Fibra bruta	%FDN	%FDA	% calcio	% fósforo	%TND
Cebada	45	7,80	12,90	26,10	16,60	0,17	0,13	28,70
	100	17,30	28,70	58,00	36,90	0,38	0,29	63,90
Avena	45	7,60	12,40	26,10	16,20	0,21	0,14	27,60
	100	16,90	27,60	58,00	36,00	0,47	0,31	61,40
Trigo	45	7,40	12,70	26,30	16,40	0,11	0,12	29,10
	100	16,40	28,20	58,50	36,50	0,24	0,27	64,70
Centeno	45	8,00	13,40	26,50	17,30	0,17	0,17	26,90
	100	17,80	29,80	59,00	38,50	0,37	0,38	59,80
Triticale	45	7,70	12,20	25,20	16,10	0,15	0,15	28,40
	100	17,10	27,10	56,00	35,80	0,33	0,33	63,20

**Tabla 35:** Composición química de silajes de cereales cortados en “grano lechoso” respecto a materia seca, proteína bruta, fibra detegente neutro y ácido (FDN y FDA), calcio, fósforo y total de nutrientes digestibles (TND) expresados en porcentaje base materia seca (Macgregor, 2000).

Los valores de los análisis son sorprendentemente parecidos y la recomendación es cosechar estos cultivos no más allá del estado “grano lechoso”, para obtener el mayor valor alimenticio de los mismos. El rendimiento por hectárea será menor que si se cosecharan con los granos más allá del estado lechoso pero su calidad será mayor (más proteína y energía, menos fibra y de mejor palatabilidad). Los rumiantes comerán mejor el material ensilado como el descrito en los análisis que los cosechados posteriormente, sobre todo las vacas lecheras en producción. Cosechados más tarde, y esto puede ser sólo unos pocos días más tarde, serán buenos silajes para vacas secas u otras categorías de menores exigencias que las lecheras en lactancia.

**Silajes de malezas** (cortes de limpieza, cardos): es la mejor forma de sacarles algún valor alimenticio. Si se trata de cortes con cardos, el proceso de fermentación ablanda las espigas que ya no hieren al comerlas.

Tratándose de forrajes que no aportan semillas, cuanto más jóvenes se corten para ensilar, mejor será el valor alimenticio del silaje resultante, pero puede haber un problema a encarar con el exceso de humedad que escurrirá y producirá también una fermentación pobre. El agregado de granos al material a ensilar corregirá estos problemas. Si se ensila material muy seco se correrá el peligro de obtener un silaje mohoso ya que será más difícil su compactación (es un material elástico) y también la extracción del aire de ese material.

No hay nada mágico en el resultado del ensilado. No mejora el valor alimenticio del forraje (excepto en el caso de ensilar las malezas) y en realidad hay una pérdida (entre el 10 y el 40 %) dependiendo de cómo fue el proceso del ensilado. El silaje no mejora el contenido de los nutrientes, los preserva, para un consumo posterior. Como norma general, la mejor humedad para ensilar es de 65 a 78 % (35 a 22 % de materia seca). Según quien haga esta aseveración puede que ponga más énfasis en valores más bajos o en los

más altos de la humedad: tendrá que ver de qué especie se trata, de qué ubicación geográfica – climática y con qué posibilidades (equipos mecánicos y recursos) se cuenta.

Al descargar silaje para ser suministrado a los animales lo ideal es remover 8 a 10 cm de profundidad diariamente; en la práctica serán entre 5 y 50 cm por la forma en que se desprenderá el material al manejarlo que será el resultado de una o más de los siguientes motivos: falta de uniformidad en la compactación, forma de llenado, especie ensilada, largo del picado, o contenido de humedad, entre otros.

### ***Inoculantes y aditivos para silajes y sus efectos***

Existen en el mercado distintos productos que pueden agregarse al momento de confeccionar el silaje que se utilizan con diversos fines como ser: acelerar la acidificación del medio, evitar la proliferación de hongos, reducir la producción de micotoxinas, mejorar la preservación del forraje cosechado, disminuir las pérdidas o mejorar el aprovechamiento posterior del silaje entre otros.

Al hablar de aditivos, nos referimos al agregado de sustancias sin el fin de aportar un determinado nutriente sino para mejorar alguna característica del alimento, su conservación o su posterior aprovechamiento. Una manera de clasificar a los inoculantes u aditivos utilizados en los silajes es como estimulantes o promotores, inhibidores y como enriquecedores del silaje.

Dentro de los **estimulantes o promotores** se encuentran los inoculantes bacterianos que son los más difundidos y usados en mayor cantidad. Los inoculantes bacterianos aportan bacterias específicas que complementan a las bacterias naturales del cultivo buscando una reducción rápida del pH del medio (silo) favoreciendo una fermentación láctica, tratando de disminuir pérdidas de nutrientes, preservando el forraje lo más parecido a su estado natural. Esta baja marcada del pH inhibe el crecimiento de hongos y el desarrollo de micotoxinas. Una correcta fermentación asegurará una buena palatabilidad, aroma y un buen consumo. No corrigen malos manejos previos del forraje.

Cuando se usan bacterias como aditivos (con o sin agregado extra de enzimas) producen gran cantidad de ácido láctico a partir de los hidratos de carbono solubles del material vegetal picado y así estabilizan el silaje más rápido y con menor consumo de nutrientes porque se ahorran los que otras bacterias presentes consumirían sin provecho para la estabilización del silaje.

La mayoría de los productos comerciales aportan un amplio porcentaje de bacterias lácticas como ser:

- *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus* y *Lactobacillus buchneri*
- *Lactococcus lactis* • *Pediococcus acidilactici* • *Enterococcus faecium*

Es muy importante realizar una correcta aplicación y mezclado de los inoculantes para que estén uniformemente distribuidos dentro del silaje.

Es común encontrar inoculantes bacterianos que también aportan enzimas. Estos inoculantes enzimáticos de naturaleza proteica buscan degradar compuestos de las paredes celulares, fundamentalmente celulosas y hemicelulosas que aprovecharán las bacterias acidolácticas (*Lactobacillus sp.* Por ejemplo) acelerando el proceso de ensilado, llegando más rápido a un pH de estabilización. Las enzimas más comúnmente utilizadas son:

celulasas (degradan celulosa), hemicelulasas (degradan hemicelulosas), pueden existir amilasas (degradan almidón) y pectinasas (degradan pectinas) dependiendo del cultivo a ensilar (Bragachini *et al.*, 2018). El aporte enzimático es muy beneficioso en forrajes cortados con una humedad superior al 70 % y con relativamente bajo contenido de carbohidratos solubles en agua (pastos maduros o alfalfa). Existen publicaciones que muestran una reducción en el contenido de FDN y FDA en silajes de alfalfa tratados con una combinación de inoculantes enzimáticos y bacterianos mejorando así la digestibilidad y el consumo voluntario (Kautz & Mahanna, 1993). Además, cuando el silaje es alto en nitratos, las bacterias inoculantes ayudan a convertir el nitrógeno de los nitratos en nitrógeno amoniacal durante el ensilado.

Dentro de los aditivos considerados como **inhibidores**, se encuentran compuestos cuya función es la de retardar la degradación de ciertas sustancias (proteínas) o inhibir en forma selectiva el crecimiento de microorganismos no deseados dentro del silaje (aeróbicos) o inhibir procesos anaeróbicos no deseados (clostridios). Dentro de los aditivos inhibidores se incluyen el ácido propiónico y el ácido fórmico o sus sales y otros ácidos fuertes: formaldehído/fórmico, fosfórico (en Europa estos últimos) para bajar el pH rápidamente. Se inhibe así el desarrollo de esporas de clostridios, levaduras y mohos especialmente en silajes de muy alta humedad. Esto redundará en menor temperatura de fermentación, menores pérdidas de energía y menor producción de nitrógeno amoniacal por menor destrucción de proteínas. Menos de 5 % de amoníaco sobre el total de nitrógeno indica un silaje excelente; si es entre 5 y 10 % es bueno y si es mayor del 10 % no es satisfactorio, indica un deterioro continuo que no se logra estabilizar. La utilización de ácidos extiende la estabilidad del silaje en el comedero cuando están expuestos nuevamente al oxígeno del aire (Bragachini *et al.*, 2018).

Existen nuevos productos en el mercado comercializados como enriquecedores de silajes que combinan el aporte de levaduras, el agregado de ácido acético, minerales y vitaminas para promover una rápida estabilización del silaje por el rápido consumo del oxígeno producido por las levaduras sumado a un efecto bactericida de las bacterias acéticas. Esto permite cortar y almacenar el forraje con mayor humedad y también aperturas tempranas de los silajes con escasas pérdidas. Promueven un ensilado rápido del material.

### **Pasturas (grazed pasturage, o también pastures) (I.F.N.: 2-xx-xxx )**

El valor nutritivo de las pasturas va a depender en gran medida del manejo de las mismas. El momento de implantación, la correcta preparación de la cama de siembra, la fertilidad de los suelos, y temperaturas y precipitaciones adecuadas son de vital importancia. Por otra parte, la presencia y control de malezas y el comienzo, intensidad (carga) y duración de los pastoreos sumados a los ítems anteriores impactarán en la duración en el tiempo de esas pasturas aparte de incidir en su valor nutritivo.

Son consideradas como la fuente natural más económica de energía y de nutrientes para el ganado vacuno, lanar y equino. En muchos aspectos son la mejor fuente, la más económica también, ya que son los mismos herbívoros quienes eligen y cosechan los forrajes por sí mismos.

Los programas de aprovechamiento de pasturas deben realizarse regionalmente por lo tanto deben elaborarse para cada caso y en todos estos casos, el análisis de una pastura

## FORRAJES

cambia constantemente (casi a diario, sobre todo si hay fuertes variaciones del clima, con sus consecuencias). Como ejemplos, una helada a destiempo o una sequía o un golpe de calor: en todos estos casos, se frena el crecimiento y se acelera el proceso de lignificación y con ello la pérdida de digestibilidad. Un golpe de calor hace que se pierdan más hojas y aumente la lignificación en los tallos (acelera el envejecimiento de las plantas) y una sequía acelera los cambios fisiológicos hacia una granazón anticipada, pero disminuida, en granos.

Comparando pasturas con forrajes conservados, se observa que las pasturas son más económicas, pero los forrajes conservados permiten mantener en el tiempo un aporte continuo y sostenido de nutrientes de cierta calidad, si son bien manejados, asegurando los rendimientos (carne o leche) al anular los efectos de los distintos estados fisiológicos por los que atraviesan las pasturas hasta la madurez – fructificación, así como también los altibajos estacionales climáticos o de otro orden (plagas por ejemplo) (ver tabla 36). Por esto las pasturas requieren una evaluación periódica. La utilización de las pasturas y sus reservas (feliz combinación), trae al campo argentino la solución de la mayor parte de los problemas de alimentación del ganado mayor en explotaciones extensivas y semi-intensivas. Quedan exceptuados de la alimentación exclusivamente en base a pasturas y reservas, las vacas lecheras de más de 18 a 20kg leche/día (20 kg solamente en caso de muy buen manejo del forraje), y engordes de novillos, ambos casos necesitan ser suplementados con concentrados energéticos y nutrientes para obtener esos mayores rindes cuando la ecuación económica lo justifica.

### **Efecto de la madurez sobre el rinde y valor alimenticio de sorgo forrajero (verano)**

Rendimientos:	Estado vegetativo (1)	Pre-floración (2)	Grano pastoso (3)
Materia seca %	20-25	23-28	34-36
Rinde (Tn/Ha(MS))	9,6-10,1	13,46-14,35	14,81-19,74
Proteína bruta %	13-18	10-13	5-9
FDA %	32	34	38
DIVMS	66	63	56
(1): Desarrollo de hojas y tallos en contraste con flores y semillas. (menor % de MS y de rinde por Ha, pero mejor digestibilidad). (2): Pimpollos por abrir. (3): Semillas inmaduras y blandas (mayor % de MS y rinde por Ha, pero menor digestibilidad (según el destino de la pastura será la decisión de su aprovechamiento).			

**Tabla 36:** Efecto de la madurez sobre el rinde y el valor alimenticio de sorgo forrajero pastoreado en verano en relación con el contenido de materia seca, rinde en Tn/Ha, proteína bruta, FDA y Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) (Jurgens *et al.*, 2014).

### Contenido nutricional de cultivos de cereales<sup>(1)</sup>, según estado de madurez y relación grano - forraje

Análisis	De pimpollos a primeras flores	Grano lechoso <sup>(2)</sup>	Grano pastoso
Materia seca	16-22	21-27	28-40
Proteína bruta	10-22	8-16	5-15
% de TND	62-72	50-60	50-60
(1): Se trata de cereales rindiendo 4,5 a 6,7 Ton de MS/Ha (con cebada ocurre generalmente la mayor relación grano:forraje, seguida por trigo, centeno, avena).			
(2): Se considera "grano lechoso" al momento después de la floración cuando las semillas empiezan a formarse.			

**Tabla 37:** Aporte nutricional de cultivos de cereales de invierno según su estado de madurez y relación grano:forraje respecto a materia seca, proteína bruta y TND en porcentaje base materia seca (Jurgens, 1997).

Si en vez de consumirlos pastoreando, se los corta para ensilar, con alta relación "grano: forraje", su valor será cercano al silaje de maíz y, si se corta florecido o antes de florecer, será cercano a un heno de más o menos igual valor de proteína. En otro ejemplo que sigue a continuación se muestra la influencia del estado de maduración de una gramínea sobre el aprovechamiento de sus nutrientes.

### Consumo por parte de ovejas de *Phalaris tuberosa* en distintos estados de madurez

Condicionantes del consumo:	Estado de madurez		
	I	II	III
% componentes pared celular (*)	43,60	68,80	74,90
% celulosa	23,0	33,50	36,70
% lignina	3,0	4,10	7,40
% proteína bruta	21,60	19,90	11,30
Consumo de materia orgánica: kg/día	1,05	0,96	0,83
% digestibilidad de la materia orgánica	80,0	74,0	54,0
(*): al aumentar el porcentaje de pared celular, disminuye la tasa de pasaje por el tracto gastrointestinal (por disminución de la digestibilidad del forraje que está así más tiempo en los pre-estómagos).			

**Tabla 38:** Consumo de *Phalaris tuberosa* en distintos estados de madurez por ovejas de acuerdo con sus porcentajes de digestibilidad de materia orgánica, componentes de la pared celular, celulosa, lignina y proteína bruta (Hogan *et al.*, 1969).

Para la hacienda tampera, las pasturas abundantes aportan la mayor parte de los requerimientos de una dieta económica, hasta cierta producción, como veremos al hablar de la producción lechera. Con las mejores pasturas bien manejadas se obtienen hasta 22-25 kg de leche por vaca Holando argentino por día. Como promedio a nivel país, se puede hablar de alrededor de 18 a 20 kg/vaca/día con pasturas, si bien la capacidad de producción de la raza Holando es mucho mayor pero se ve opacada por la falta de tecnificación, la situación del país que hace muy difícil las planificaciones a corto, mediano y largo plazo y los problemas climáticos que afectan la calidad y cantidad de forrajes y reservas forrajeras (Este juicio puede dar lugar a muchos comentarios, discusiones y explicaciones en que entrarán a jugar opiniones de políticas lecheras, economía de la producción, situación financiera del sector y muchos otros

aspectos, todos atendibles, pero en la situación actual y como se hace “producción lechera”, las pasturas están produciendo leche con promedios como los mencionados y afortunadamente hay un espacio importante para superar el techo de sus posibilidades).

Para prestar la mayor utilidad, para las lecheras por sobre todo, las pasturas deben ser: jóvenes y en crecimiento activo; de alta proteína (15 % o mayor sobre materia seca) y muy digestibles. También deberán ser densas y abundantes para facilitar al ganado el trabajo de cosecharlas. Una vaca de 650 kg de peso (ya lo mencionamos en párrafos anteriores) puede comer en el día hasta 90kg de pasto con su humedad natural o “tal cual” (18kg de materia seca si la pastura tiene 80 % de humedad = 20 % de MS => 90kg x 20 % = 18kg y buena digestibilidad). Si es tierna y abundante: ¡significa una pila de pasto de dos metros de diámetro y de un metro de alto!

También como condición para obtener consumos abundantes, las pasturas deberán tener una altura adecuada: alrededor de 15 cm de alto (según la especie forrajera). Así puede cortarla en la forma que lo hace una vaca, envolviendo el manojito de pasto con su lengua y entre la lengua y los incisivos inferiores y el rodete dentario, apretarlo y arrancar esa porción con un movimiento de la cabeza, teniendo la porción de pasto sujeta entre lengua y dientes. A menos de esa altura la cantidad de pasto que se toma por vez es mucho menor y no llega a acumular tanto consumo como a la altura adecuada y, si la altura es mayor, el material de la mayoría de las forrajeras ya no presenta mayor proporción de hoja sobre tallo, lo que la hace una pastura excelente. Son una excepción cultivos altos como los de maíz, sorgos y pasturas tropicales, de mayor altura al pastoreo.

La palatabilidad y la digestibilidad determinarán cuánto comerán y cuánto podrán convertir en leche.

Se necesitan todas estas condiciones, todo el tiempo, para mantener una producción de leche pareja.

Las tasas a las cuales los alimentos se desintegran en el rumen influyen en su consumo. Los vacunos comen más leguminosas que gramíneas consumidas con el mismo grado de madurez. En general, las leguminosas tienen paredes celulares más finas y mayor contenido celular soluble. El resultado es mayor contenido de materia seca y de digestión de fibra y de tiempo de retención acortado del material en el rumen. En otras palabras, las leguminosas desalojan el rumen más rápido.

Aunque las gramíneas contienen más material de pared celular digestible (menos lignina pero más distribuida), el pasaje de las gramíneas hacia afuera del rumen es más lento. Las vacas consumen hasta un 20 % más de material seco en forma de leguminosas que lo que consumen como gramíneas probablemente porque hay un mayor % de fibra detergente neutro en las gramíneas (NRC, 2001).

Con cualquiera de estos tipos de pasturas, se cumple en nuestro medio al consumirlas, con la función de formar un entramado o “esterilla” de material de fibra efectiva (“fiber mat”, en inglés) que flota en el rumen y que provocará la rumia y con ello favorecerá un rumen sano (con un pH favorable, por la producción de saliva con acción buffer) si la cantidad consumida es suficiente. Es fundamental cuando la producción de las vacas justifica la suplementación con grano y más aún si este grano es de rápida digestión en el rumen.

En nuestro país, la producción de reservas forrajeras en base a pasturas en zonas de crecimiento favorable sirve para asegurar un nivel parejo de suministro de alimento todo el año en rodeos de producción de carne. Cabe recordar que siempre es nutritivamente mejor armar una cadena forrajera que permita el pastoreo directo de las pasturas a lo largo del año.

La suplementación de la alimentación cuando ello es necesario es de gran importancia, lógicamente pero, a la vista de las condiciones en que se pueden alimentar a los herbívoros en la Argentina, no debe ser relegada a un segundo término la importancia de optimizar al máximo la utilización de las pasturas salvo en lugares del país de campos muy caros para la ganadería como podría ser, por ejemplo, Mendoza u otros lugares donde la presencia de vacunos podría estar justificada por el aprovechamiento temporario de restos de otras producciones.

En los casos en los que los requerimientos de los rodeos no llegan a cubrirse con la utilización de forrajes, se suplementa generalmente con granos cuya función principal es la de aportar energía y otros nutrientes para satisfacer esos requerimientos. Por ejemplo, en vacas lecheras que han sido seleccionadas genéticamente para producciones lácteas que superan las posibilidades de cubrir los requerimientos con el consumo de forrajes son suplementadas con granos. No obstante, los forrajes siguen siendo el alimento de elección para los rumiantes y otros herbívoros en su función como alimento económico y protector de su aparato digestivo. Y las pasturas son, en nuestro medio, los forrajes más económicos, porque los cosechan las propias vacas.

El uso de pasturas provee la mayor parte de la energía y proteína de la dieta y el volumen o efecto fisiológico y depende de las condiciones de las pasturas en cada lugar. Tratándose de pasturas buenas a muy buenas, las vacas consumen entre 45 y 90 kg de forraje por día (material tal cual) con un contenido de 15 a 25 % de materia seca. El 15 % y 25 % respectivamente de materia seca de un consumo de 45 kg de pastura (material tal cual) son 6,75 y 11,25 kg de materia seca. Para 90 kg de consumo serán: 13,5 y 22,5 kg de materia seca respectivamente. Ejemplo: Para 90 kg:  $90 \times 15/100 = 13,5$  kg materia seca.

La calidad de las plantas consumidas depende del estado de madurez de las mismas y de la parte de la planta consumida. Las plantas jóvenes, inmaduras, contienen más energía y proteínas (y menos lignina) y son consumidas en mayores cantidades que las plantas maduras. Las hojas tienen más energía y proteínas que los tallos y menos lignina.

Existen distintos sistemas de aprovechamiento de las pasturas para hacer un uso más eficiente de las plantas. Habitualmente se combinan distintas especies para formar mezclas complementarias de pasturas ya que con una sola especie (en la mayoría de las veces) no se consigue suficiente producción de pasto/forraje por más de una estación o, dicho de otro modo, una pastura polifítica (varias especies) puede asegurar la producción a lo largo del año.

El sistema de pastoreo rotativo es uno de los sistemas más utilizados para optimizar el uso de las pasturas, bien realizado permite el mejor aprovechamiento de las plantas en el mejor momento para consumirlas, considerando un periodo de recuperación de las mismas y del suelo que las sustenta. Existen otros sistemas de pastoreo a considerar como ser el Voisin y el holístico. (Voisin, 1959; Hawkins, 2017)

Durante el período de alimentación de un rumiante en que el consumo está limitado por el efecto de llenado de la dieta, el consumo de materia seca, con digestibilidades de dieta variables, pueden ser predecibles con la fórmula de Conrad *et al.* (1977):

$$\text{Consumo de materia seca (kg/día)} = 5,4 \times \text{Peso} / 500 \times F.$$

F = % de materia seca indigerible. Con esta fórmula la materia seca predicha varía de 2,25 %\* del peso vivo con 52 % de digestibilidad (48 % indigerible) a 4,32 %\* con 75 % de digestibilidad (25 % indigerible).

## FORRAJES

Para vacas de 650kg:

$5,4 \times 650 / 500 \times 48 \% = 14,62$  y  $/ 6,5 = 2,25 \%*$  y  $5,4 \times 650 / 500 \times 25 \% = 28$  y  $/ 6,5 = 4,32 \%*$ . En estos cálculos el total de consumo de materia seca se dividirá por 6,5 (el peso de las vacas expresados en cientos) para dar el consume por cada 100kg de peso vivo

### FORRAJES OCASIONALES VARIOS

Los forrajes ocasionales están ligados a la oportunidad y cercanía a plantas elaboradoras de frutas o verduras cuyos restos no comercializables para uso humano, pueden utilizarse en la alimentación de vacunos y otros rumiantes. El contenido de humedad de estos materiales hace que la oportunidad de su aprovechamiento se limite por el costo de transporte al lugar de su consumo. A modo de comparación con harina de hojas de alfalfa se citan en la tabla 38 los valores de proteína y fibra bruta de unos pocos ejemplos de materiales igualmente deshidratados de uso ocasional:

#### Composición de harinas de hojas de varios forrajes de ocasión, comparados con harina de hojas de alfalfa

Harinas de:	Humedad	Proteína	Fibra bruta
Hojas de alfalfa	7,90	20,20	24,80
Hojas de arvejas	6,50	17,20	16,50
Hojas de porotos (Lima)	3,20	11,90	5,80
Hojas de coliflor	6,90	32,40	7,10
Hojas de zanahorias	8,90	13,00	8,90

**Tabla 39:** Comparación respecto a humedad, proteína y fibra bruta en porcentaje de hojas deshidratadas de diversos forrajes de ocasión (arvejas, porotos, coliflor y zanahorias) comparados con harina de hojas de alfalfa.

El alimento se ofrecería con su humedad tal cual. La tabla de valores es al único efecto de mostrar sus aportes en relación con los de la forrajera de comparación: la alfalfa (en este caso sus hojas).

Los forrajes son motivo de un curso especial (una materia de la carrera) para cubrir las posibilidades de nuestros campos y lo que se ha mencionado de ellos, en este curso de alimentos y alimentación es solo un complemento para una introducción al uso de los mismos en la alimentación animal.

### Clasificación de los forrajes sobre la base de la energía disponible

De acuerdo con la energía disponible, hay seis subgrupos dentro de los forrajes que difieren en 5 % de TND entre cada uno (ver tabla 39). Los pastos (pasturas) en plena producción ocupan el primer lugar en energía disponible que puede ser equivalente al de la energía de granos de avena liviana o al de la energía de alguno de los subproductos de cereales como, por ejemplo, el afrecho de trigo.

Si son analizados químicamente, mostrarán más fibra que los granos o subproductos con los que se los compara en energía. El forraje consumido de este primer grupo es acep-

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

tado sin reservas por los herbívoros y si se trata de vacas lecheras, (de unos 600/650kg de peso vivo), pastando, comerán hasta 90kg por cabeza y por día mientras dure con esas condiciones de excelencia, equivalentes a casi 23kg de materia seca si su contenido de materia seca fuera de 25 %) y casi 14 kg de TND, no requiriendo suplementación en vacas lecheras de hasta alrededor de 18kg de producción de leche.

### Energía disponible de distintas fuentes forrajeras

Forraje	TND %	ED/kg	EM/kg	CV % <sup>(1)*</sup>	Probable suplementación <sup>(2)*</sup>
Pastura en pleno crecimiento y bien manejada	60-65	2750	2250	3 o +	P
Silaje de forrajes (ej. Alfalfa) henificables incluidos los cereales. Silajes de maíz con grano pastoso	55-60	2550	2075	3.0	EM-P <sup>(3)*</sup>
Heno de forraje bien cortado y henificado de lotes de alfalfa, trébol, <i>Phleum</i> ; puros o mezclas. Silajes promedio	50-55 <sup>(4)*</sup>	2350	1900	2,5-3	EM-P
Henos de pasturas casi maduras de las especies mencionadas en el grupo anterior (puros o sus mezclas) y pasturas en descanso	45-50 <sup>(4)*</sup>	2100	1725	1,5	EM-proteínas-P-Ca
Henos de pastos varios a menudo c/malezas. Algunos forrajes henificables semillados y henos de pastos de praderas	40-45 <sup>(5)*</sup>	1850	1525	1,5-1	EM-proteínas-P-Ca
Pajas de cereales. Rastrojos, pastos de campos inundables, pantanosos	35-40 <sup>(5)*</sup>	1650	1350	1 o menos	EM-proteínas-P-Ca

(1)\*: CV: Consumo voluntario diario de materia seca en por ciento del peso de la vaca.  
 (2)\*: Probable suplemento necesario para vacunos en producción (según sus requerimientos)  
 (3)\*: Para vacas lecheras de alta producción  
 (4)\*: La mayor diferencia entre estas dos categorías (heno de forraje y heno de pasturas), está más en el consumo que harán de cada una (así decían los autores y hoy, los valores de FDN y FDA pueden corroborar esas diferencias de consumo).  
 (5)\*: mayormente para mantenimiento de animales adultos, (si no se suplementan, hasta perderán peso, según las circunstancias (sequías, por ejemplo)

**Tabla 40:** Energía disponible de distintas fuentes forrajeras respecto a: porcentaje de TND, energía digestible (kcal/kg), energía metabolizable (kcal/kg), consumo voluntario en porcentaje del PV y probable suplementación (EM, calcio (Ca), fósforo (P) y proteínas (Crampton & Harris, 1956).

El primer grupo en su rendimiento en energía metabolizable (EM) es equivalente a algunos de los granos vestidos más livianos (avenas livianas) o algunos subproductos como afrecho de trigo. Una clasificación hecha en el país, que actualiza la anterior, eleva a 65–72 % de TND a estos forrajes del primer grupo. Las vacas de cría continentales (más pesadas que las británicas) comerán hasta 90 kg/vaca/día equivalente a casi 23 kg de alimento seco al aire o 13/14 kg de TND (total de nutrientes digestibles). Esto no requiere suplementación para condiciones promedio de producción. En casos de muy buen manejo de buenas pasturas (sobre todo si son fertilizadas) es posible superar el rendimiento en TND mientras se mantengan las condiciones que permiten esos buenos rendimientos.

En el segundo grupo habrá algo más de tallos con alguna lignificación (tallos algo lignificados) que el vacuno evita cuando pastorea y puede elegir. Los silajes de forrajes henificables y el de maíz en estado post-lechoso o pastoso, (al presionar el grano con la uña, éste cede observándose su contenido pastoso) son un poquito menos valiosos. Cualquier disminución de su rinde en energía metabolizable es debido a una mayor proporción de tejido más lignificado en los tallos que el vacuno normalmente evita cuando pasta. Hoy

día se aconseja dar no más de la mitad del forraje que puede comer en forma de silaje a una vaca lechera (esto en el caso que por razones de faltante de pasturas hubiera que recurrir sólo a reservas: silajes y henos). Es evidente que reemplazando la mitad del heno (por ejemplo) con el equivalente en materia seca de silaje, no reduce el valor alimenticio del total de forraje consumido. Probablemente hay más valor alimenticio en 1kg de materia seca de silaje, que en 1kg de la mayoría de los henos, porque tienen más hojas. La limitación al consumo de silaje cuando se trata de animales de altos requerimientos de nutrientes, es una cuestión de palatabilidad a esos consumos altos (nivel de acidez del material consumido).

En la tercera categoría los henos de leguminosas deben ser de muy buena calidad para integrarla. Las categorías 2 y 3 agrupan a la mayoría de los forrajes. En las categorías 3 y 4 es donde empiezan los problemas. Estas categorías abarcan la mayoría de los forrajes secos típicos para herbívoros junto con los cuales es necesario dar energía adicional y quizá proteína adicional (teniendo como objetivo lograr las máximas producciones, es decir, buscando satisfacer los máximos requerimientos de acuerdo con sus capacidades genéticas).

En la cuarta categoría se incluyen los henos de gramíneas maduros henificados, y por lo tanto menos digestibles de lo que serían si fueran cortados en estadios previos. Se encuentran también en este grupo las pasturas en descanso (hacia fines de verano, o de invierno, en pie, que presentan en este estadio menor digestibilidad). Se trata de pasturas en descanso disponibles en verano (período seco), cuando hay poco crecimiento y también pasturas de invierno que son pastoreadas directamente. En la práctica, la diferencia entre estas dos categorías se nota más en la cantidad que comen de una y otra que en los respectivos análisis químicos. En la tercera categoría comerán 2,5 a 3 % y en la cuarta, 1,5 % del peso vivo de las vacas. Esta diferencia de consumo es el principal factor en determinar la cantidad de suplementos a proporcionar.

En las dos últimas categorías estamos hablando del mantenimiento de vacas de cría secas en invierno o en otro momento con baja exigencia de energía. Los materiales (alimentos) a consumir son normalmente baratos y se intenta convertirlos en algo útil y, como ya se mencionó, puede elevarse significativamente su valor si se suplementan adecuadamente. Los forrajes son, en definitiva, fuentes económicas y nutricionalmente importantes en la dieta de volumen, energía y proteínas y su factor limitante es el rendimiento en energía disponible, y a veces en proteínas (por aprovechamiento anterior inadecuado, o por sequía, o por ataque de plagas: isoca de la alfalfa, o encañado de las plantas, entre otras tantas causas).

Comparados con los alimentos concentrados energéticos, los forrajes en su mayoría y en base a materia seca, rinden menos del 65 % de energía metabolizable. Por todos los factores que pueden afectar el aprovechamiento de los forrajes, su aporte nutritivo frente a los requerimientos de los rumiantes es a menudo incierto dando una idea equivocada de su valor alimenticio. Es muy variable su contenido en nutrientes: en proteínas: van de 3 a 4 % en pajas de cereales y cáscaras de semillas (avena, cebada, arroz); hasta más de 30 % en pastos de cereales inmaduros y fertilizados. El contenido en TND varía de 60-65 % (ahora actualizados a 65-70 %) y a veces más (en pasturas inmaduras), hasta 45 % en las mismas pasturas sobremaduras y bajando a menos de 20 % en cáscaras. Con excepción de henos de baja calidad de plantas no leguminosas, los forrajes tendrán suficiente proteína para el mantenimiento de vacas lecheras secas hasta tres semanas previas

al parto o vacas de cría si tienen acceso a suficiente cantidad de forraje para satisfacer esos requerimientos. Sin embargo, tratándose de vacas lecheras en producción, con la misma dieta no recibirán suficiente cantidad de proteínas aún con heno de buena calidad de no leguminosas pero sí recibirán suficiente cantidad de proteínas con pasturas y/o silaje y/o heno de leguminosas, hasta producciones de 18kg de leche/vaca/ día ya mencionados.

### **Valor nutritivo de los forrajes**

El valor nutritivo de un forraje depende de cuánto contribuye a satisfacer las necesidades diarias de energía y de los nutrientes necesarios del animal al que queremos alimentar que a su vez depende casi enteramente de cuánto de ese forraje será consumido voluntariamente. El consumo voluntario de un forraje está limitado primariamente por la velocidad de digestión de sus paredes celulares, más que por sus nutrientes o de la utilización completa de los mismos.

La velocidad de la digestión ruminal puede ser retardada por alguna de las numerosas circunstancias que interfieren con el número o actividad de la microflora ruminal que son los agentes activos de la degradación de esas paredes celulares. Esto incluye la lignificación debido a madurez avanzada del forraje, inacción parcial de la microflora por deficiencia de nitrógeno o de minerales y la presencia de agentes bacteriostáticos.

Siguiendo a la digestión, vuelve el hambre como consecuencia del grado en que la carga ruminal ha sido reducida por la digestión microbiana y por la absorción (mayormente “*in situ*”) de los productos finales. El vigor del ataque microbiano sobre el material ingerido incide en la velocidad o el ritmo de la reducción de la carga ruminal; de ahí la frecuencia en la recurrencia del hambre y de ahí, en gran medida, el consumo de forraje por unidad de tiempo.

La carga ruminal se reducirá hasta el punto en que el hambre vuelve en períodos característicos según el forraje del que se trate. Diferencias intrínsecas entre especies forrajeras o variedades de las mismas, o diferencias extrínsecas, harán que el forraje suministrado “*ad libitum*” sea ingerido a diferentes ritmos y de ahí consumido en distintas cantidades en veinticuatro horas. Las diferencias extrínsecas que pueden presentarse entre muestras de la misma especie o variedad pueden ser causadas por la molienda, el picado, las partes de la planta que son consumidas, el estado de madurez, la suplementación de nutrientes, entre otros.

El valor alimenticio efectivo de un forraje depende entonces, conjuntamente, de cuánto consumirá voluntariamente un animal por día y de la digestibilidad de su energía. De ahí que ambos términos (consumo voluntario y digestibilidad) deberían integrar la descripción del valor alimenticio de un forraje.

### **Harina de alfalfa (*dehydrated alfalfa meal*) (IFN 1-00-022 a 024)**

(Se incluyen los números para cuatro tipos de harina de alfalfa de acuerdo a sus niveles de proteína de 15-17-20 y 22 % y TND de 59 a 67 %; en base a 92 % de materia seca).

Por su análisis de fibra sigue siendo un forraje pero, desafía a la clasificación de alimentos al valorarla por su nivel de xantófilas (entre 100 y 300mg/kg tal cual es decir con su humedad del 7 al 12 %). Esto le da un valor comercial basado en su capacidad pigmentante (por su xantófila que imparte color amarillo a la piel de pollos y a la yema de los huevos) y no por sus nutrientes, aunque en las condiciones de compra se mencionan también niveles mínimos de proteínas (17 %) y máximos de fibra (27 %). Además, deberá ser de color verde

## FORRAJES

oscuro, sin tintes marrones (que indicarían áreas quemadas por exceso de calor al deshidratarla). La molienda se exige que sea pasando por malla #16 (16 mallas por pulgada).

La producción consiste en secar la planta con el calor generado por combustible que calienta el aire que circula a 100°C por un máximo de 40 minutos en la maquinaria de deshidratación, a contra corriente de la circulación del forraje. Con este proceso no hay pérdida de hojas pues el material cortado llega, recién cortado, al horno secador y es tratada de modo de reducir la humedad sin alterar el pigmento que es motivo de su valor. De este modo se rescata también su proteína y el caroteno o pro-vitamina A. Si fuera con temperaturas de secado de alrededor de los 160°C (320°F), el porcentaje de xantófila descendería, por destrucción parcial, en un 50 %. Debido al proceso del deshidratado una parte menor de la proteína bruta es digerida en el rumen lo que la hace una fuente de proteína no degradable en el rumen o de pasaje, o de “by pass”.

El nivel de fibra limita su uso en los alimentos para pollos parrilleros y gallinas ponedoras de huevos de consumo y alimentos para truchas y salmones que son los demandantes de xantófila. Los pigmentantes sintéticos (cantaxantina y etil éster del ácido beta apo 8 carotenoico, entre otros) y el gluten meal, compiten por este mercado. Tienen la ventaja de no perder efectividad durante el almacenamiento como sucede con la alfalfa deshidratada. El uso de antioxidantes en la harina de alfalfa, disminuye esa pérdida al igual que lo hace su almacenamiento en silos en que se puede desplazar el oxígeno insuflando gas inerte (no usual en nuestro medio).

La harina de alfalfa se ofrece en comprimidos lo cual contribuye a preservar mejor los pigmentos. Además, mejora la energía metabolizable por presentarse comprimida.

Nutrientes y xantófilas	Harina de alfalfa deshidratada		Heno de alfalfa secado al sol	
Humedad	9,00 %	7,00 al 12,00	10,00 %	9,50 al 12,50
Proteína	17,00	16,00 a 22,00	13,00	12,00 a 16,50
Grasa	2,00	2,00 a 3,00	2,00	1,30 a 3,50
Fibra	26,00	24,00 a 27,00	33,00	28,00 a 36,00
Cenizas	11,00	9,50 a 12,00	9,00	6,50 a 9,50
Calcio	1,40	1,30 a 1,80	1,20	1,00 a 1,50
Fósforo	0,20	0,18 a 0,25	0,20	0,15 a 0,40
Xantófila(luteína)	(*)150mg/kg	100 a 300	65mg/kg	30,00 a 100
(*) : Si fuera xantófila del maíz: sería 18 a 30 mg/kg (con predominancia de zeaxantina-de Zea mays-). Si fuera gluten meal: tendría 260 a 350 mg/kg. La zeaxantina imparte color anaranjado colorado a piel y yemas.				

**Tabla 41:** Análisis comparativo de harina de alfalfa (secada artificialmente), con heno de alfalfa (secado al sol). Valores promedios y rangos.

Una harina de algas tiene hasta 2000 mg/kg de xantófila, pero no está disponible en nuestro país. Al transcurrir el tiempo desde la fecha de obtención se produce una pérdida gradual de xantófila así como de varios nutrientes y visualmente se nota en la pérdida del fuerte color original tanto en las harinas de alfalfa como en los maíces y en el gluten meal.

En las aves se aprecia la intensidad del color de la piel o de la yema de los huevos por “colorimetría” confrontándolo con piezas de colores de intensidad definida. Son como abanicos de piezas cada una de las cuales es de un tono que responde a un número de intensidad.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Alimento:	Xantófilas en mg/kg del alimento
Harina de alfalfa de 15 % de proteína	110 mg/kg
Harina de alfalfa de 18 % de proteína	154
Harina de alfalfa de 20 % de proteína	198
Harina de alfalfa de 22 % de proteína	242
Maíz amarillo	19,80
Gluten meal de 41 % de proteína	121
Gluten meal de 60 % de proteína	264

**Tabla 42:** Contenido de xantófilas biológicamente aprovechable en harinas de alfalfa de distintos porcentajes de proteínas comparadas con otras fuentes.

El productor de aves decide cuántas xantofilas debe agregar a la ración para obtener el número de color deseado por el mercado, esto varía según los países, siendo más intenso en los países latinos y menos en los no latinos hasta exigir el color natural de la piel en países de Europa del norte y en países árabes. Si se crían para el mercado local o para exportación habrá que tenerlo en cuenta.

Las gallinas de postura acumulan color en la piel y alrededor de los ojos y a medida que transcurre el período de postura van perdiendo los pigmentos en esas áreas al ir transfiriéndose a las yemas de los huevos al transcurrir el ciclo de postura. El mecanismo de deposición de pigmento en la yema es más fácil que la deposición en la piel. Los carotenoides distribuidos en la yema se asemejan más a la presencia de los mismos en la dieta que lo que sucede con la piel. El procesamiento de la alfalfa hace variar el contenido de xantófilas. Otra fuente de xantofilas con presencia en el país, producida en el Noroeste es la de “Tagetes, o Marygold” (también conocida como “flor de Zempachuli”, en México) que rinde hasta 7000 mg de xantófilas por kg de flores secas.

Para superar el problema del aporte de fibra que limita el uso de la harina de alfalfa en algunos monogástricos (aves), se produce harina de hojas de alfalfa que aporta un 25 % de proteína y un máximo de fibra del 17 %, la separación de las hojas se hace por ventilación forzada del material ya deshidratado. Las hojas corresponden al ¼ superior de la planta de alfalfa.

*“El hombre es una criatura de esperanza e inventiva y ambas desmienten la idea que las cosas no se pueden cambiar”.*

**Tom Clancy, en “Deuda de Honor”**

## Henolaje

El henolaje es un tipo de forraje conservado en el que se utiliza como método de conservación un pre-marchitado previo y luego una fermentación similar a la del ensilado tradicional. Se cortan las pasturas en momento óptimo y se las deja secar hasta llegar al 40-60 % de materia seca. Este material luego se enrolla y empaqueta o se pica y embolsa buscando una buena compactación para crear rápidamente una condición de anaerobiosis, y así promover el desarrollo de bacterias lácticas que en forma similar a lo que ocurre en el proceso de ensilado bajarán el pH asegurando la conservación del material empa-

## FORRAJES

quetado/embolsado. La fermentación que se produce en este tipo de material es fría, sin elevación marcada de temperatura.

Permite liberar los lotes antes, en comparación con los henificados (menor tiempo de permanencia en el campo). Es ideal en zonas en donde las condiciones climáticas dejan una ventana estrecha de trabajo para lograr buenos henificados o cuando se necesita liberar los lotes para siembras tempranas. El henolaje obtenido presenta mayor contenido de humedad, menores pérdidas de hojas (muy importante en el caso de alfalfa y otras leguminosas), presenta bajas pérdidas en el almacenaje siempre y cuando no se produzcan roturas en los embolsados, ya que en ese caso las pérdidas pueden ser muy importantes. El material a utilizar debe estar limpio y sin tierra, para evitar contaminaciones y fermentaciones indeseadas.

Existen publicaciones en donde se observan preferencias respecto al consumo de henolajes por sobre los henificados de las mismas especies (Müller & Uden, 2007). No mejora la digestibilidad, pero sí la performance respecto del heno de las mismas especies o el silaje corriente de más humedad.



Ilustración 1: A: Pastura de alfalfa pura; B: pastura de alfalfa cosechada y arrollada; C: Rollos de heno de alfalfa. Fotos gentileza de: De Palma, M. (A) y Iglesias, M. (B y C).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN



**Ilustración 2:** A: Pradera de alfalfa pura; B: pradera de alfalfa-cebadilla, cinco cortes; C: pradera de festuca alta; D: pastura de festuca-*lotus corniculatus*-cebadilla; E: pastura de rye grass-trébol blanco; F: pastura tangola (gramínea perenne, que surge de la cruce de dos braquiarias, *Brachiaria arrecta* y *Brachiaria mutica*). Fotos gentileza de: Arrazate Benta, S.(A); Calvo, T.(B); Scally, T.(C); Corti Maderna, A. (D); Gardey, S. (E); Fasán, B. (F); Girado Smart, A. (G).

## FORRAJES



**Ilustración 3:** A: Verdeo de invierno de avena en estado óptimo previo al pastoreo, detalle del crecimiento alcanzado; B: verdeo de avena pastoreado, detalle de las plantas al sacar los animales del lote; C: verdeo de avena strigosa, aspecto general del cultivo; D: Pastoreo de rollo de avena. Fotos gentileza de: Galazi, I.(A) y (B); Veronesi, T. (C); Diz, L. (D).

Estado óptimo (corte picado media línea de leche)



Corte con alta humedad (corte-picado plantas más verdes)



## Silajes de planta entera de maíz



Cortado largo y con baja humedad en la planta (corte-picado tardío)



Cortado corto y con baja humedad en la planta (corte-picado tardío)

Siempre el mismo alimento pero su composición química puede ser muy distinta! Sus aportes y funciones al ser agregados a una dieta pueden variar por muchos motivos. El momento de corte (cosecha) y el tamaño de picado son dos aspectos muy importantes a tener en cuenta según el animal a alimentar, ya que pueden definir el mayor o menor grado de digestibilidad de la fibra, distinto efecto sobre la salud ruminal (por el aporte de fibra efectiva), un mayor o menor aporte proteico, entre otros factores a considerar.

**Es muy importante analizar químicamente este alimento previo a su suministro**

## Bibliografía

- Albersheim, A., Darvill, A., Roberts, K., Sederoff, R., Staehelin A. (2011) Plant Cell Walls, from Chemistry to Biology. In: *Garland Sc. New York*
- Bal, M. A., Shaver, R. D., Jirovec, A. G., Shinnors, K. J., & Coors, J. G. (2000). Crop Processing and Chop Length of Corn Silage: Effects on Intake, Digestion, and Milk Production by Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 83(6), 1264–1273.
- Bragachini, M. A., Giordano, J. M., Sanchez, F., Peiretti, J., Urretz Zavalía, G., Cattani, P. (2018). Manual Técnico de forrajes conservados. Tecnologías para producir alimentos de alta calidad y aspectos relacionados a la eficiencia del uso de la maquinaria agrícola y el manejo nutricional. *1ª Edición Manfredi, Córdoba. Ediciones INTA* 502 p.
- Bragachini, M. A., Cattani, P., Gallardo, M., Peiretti, J. (2008). Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. *Precoop II Manual técnico Nro.: 6 330p. Edición Manfredi, Córdoba. Ediciones INTA, ISBN 1667-9199*
- Birkelo, C. P., Johnson, D. E., & Ward, G. M. (1986). Net energy value of ammoniated wheat straw. *Journal of animal Science*, 63(6), 2044-2052.
- Buxton, D. R. (1996). Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology*, 59(1-3), 37–49.
- Buxton, D. R., Muck, R. E., Harrison, J. H., Bolsen, K. K., Moore, K. J., Coblenz, W. K. & White, J. S. (2003). Sorghum Silage. *Agronomy Monograph*. doi:10.2134/agronmonogr42.c13
- Chandler, J. A., Jewell, W. J., Gossett, J. M., Van Soest, P. J. & Robertson, J. B. (1980) *Predicting methane fermentation biodegradability*. United States: N. p., Web.
- Chesson, A. (1981). Effects of sodium hydroxide on cereal straws in relation to the enhanced degradation of structural polysaccharides by rumen microorganisms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32(8), 745-758.
- Clancy, M., Wangsness, P. J., & Baumgardt, B. R. (1977). Effect of silage extract on voluntary intake, rumen fluid constituents, and rumen motility. *Journal of Dairy Science*, 60(4), 580-590.
- Cody, R. E., Morrill, J. L., & Hibbs, C. M. (1972). Effect of dietary screened sawdust on health, feed intake and performance of the bovine. *Journal of animal science*, 35(2), 460-465.
- Conrad, H. R., Baile, C. A., & Mayer, J. (1977). Changing meal patterns and suppression of feed intake with increasing amounts of dietary nonprotein nitrogen in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 60 (11), 1725-1733.
- Crampton, E. W. (1957). Interrelations between digestible nutrient and energy content, voluntary dry matter intake, and the overall feeding value of forages. *Journal of Animal Science*, 16(3), 546-552.
- Crampton, E. W., & Harris, L. E. (1956). Applied animal nutrition. San Francisco: Ed.
- Crookston, R. K., & Kurle, J. E. (1987). Corn kernel milk line: Use it as a key for harvesting silage. *Crops and soils magazine (EE. UU.)*.
- Dean, D. B., Adesogan, A. T., Krueger, N., Littell, R. C. (2005). Effect of fibrolytic enzymes on the fermentation characteristics, aerobic stability, and digestibility of bermudagrass silage. *Journal Dairy Science*;88(3):994-1003.
- Dita, M. A., Rispaíl, N., Prats, E., Rubiales, D. & Singh, K. B. (2006). Biotechnology approaches to overcome biotic and abiotic stress constraints in legumes. *Euphytica* 147: 1–24.
- El-Sabban, F. F., Long, T. A., & Baumgardt, B. R. (1971). Utilization of oak sawdust as a roughage substitute in beef cattle finishing rations. *Journal of Animal Science*,32(4), 749-755.
- Escaray F. J., Menendez A. B., Gárriz A., Pieckenstein F. L., Estrella M. J., Castagno L. N., Carrasco P., Sanjuán J., Ruiz O. (2012). Ecological and agronomic importance of the plant genus *Lotus*. Its application in grassland sustainability and the amelioration of constrained and contaminated soils. *Plant science: an international journal of experimental plant biology* 182:121–33.
- Ferraretto, L. F., Shaver, R. D., & Luck, B. D. (2018). Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. *Journal of dairy science*, 101(5), 3937-3951.
- Gaggiotti, M. C.; Romero, L. A.; Bruno, O. A.; Comeron, E.; Quaino, O. R. (2008). Tabla de composición química de los alimentos. *INTA EEA Rafaela. Rafaela; Argentina*.

- Getachew, G., Putnam, D. H., De Ben, C. M., & De Peters, E. J. (2016). Potential of sorghum as an alternative to corn forage. *American Journal of Plant Sciences*, 7(7), 1106-1121.
- Goering, H. K., Smith, L. W., Van Soest, P. J., & Gordon, C. H. (1973). Digestibility of roughage materials ensiled with sodium chlorite. *Journal of Dairy Science*, 56(2), 233-240.
- Graham, P. H. & Vance, C. P. (2003). Update on legume utilization. *Legumes: importance and constraints to greater use*. 131: 872-877.
- Hawkins, H-J., (2017). A global assessment of Holistic Planned Grazing™ compared with season-long, continuous grazing: meta-analysis findings; - Issue 2: Special Issue: Does Holistic Planned Grazing™ Work on Native Rangelands?; *African Journal of Range & Forage Science*, Volume 34.
- Hartley, R. D., & Jones, E. C. (1978). Effect of aqueous ammonia and other alkalis on the in vitro digestibility of barley straw. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 29(2), 92-98.
- Holland, C., & Kezar, W. (1990). Pioneer Forage Manual - A Nutritional Guide. *Pioneer Hi-Bred International, Inc., West Des Moines, Iowa 50266*
- Hogan, J. P., Weston, R. H., & Lindsay, J. R. (1969). The digestion of pasture plants by sheep. IV\*. The digestion of *Phalaris tuberosa* at different stages of maturity. *Australian journal of agricultural research*, 20(5), 925-940.
- Horrocks, R. D., & Vallentine, J. F. (1999). *FIELD-HARVESTING HAY. Harvested Forages*, 245-277.
- Hossain, M. E., Rahman, M. J., & Islam, K. M. F. (2012). Nutritive value of sawdust. *Online J. Anim. Feed Res*, 2(3), 288-291.
- Jurgens, M. H., Bregendahl, K., Coverdale, J., & Hansen, S. (2014). *Animal feeding & nutrition*.
- Jurgens, M. H. (1997). *Animal feeding and nutrition*. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt.
- Kautz, W. P., & Mahanna, W. C. (1993). Current trends in forage preservation and storage. In *American Association of Bovine Practitioners Proceedings of the Annual Conference* (pp. 40-49).
- Kawas, J. R., Jorgensen, N. A., & Danelon, J. L. (1991). Fiber requirements of dairy cows: optimum fiber level in lucerne-based diets for high producing cows. *Livestock Production Science*, 28(2), 107-119.
- Macgregor, C. A. (2000). Directory of feeds & feed ingredients. *Hoard's Dairyman Books*.
- Males, J. R. (1987). Optimizing the utilization of cereal crop residues for beef cattle. *Journal of Animal Science*, 65(4), 1124-1130.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. (2006). *Nutrición animal* 6ª ed.
- Mc Lean, G.; Barbera, P. (2018) *Lespedeza, leguminosa forrajera para los sistemas agrícola ganaderos de la región INTA ediciones Noticias y Comentarios. N° 558 ISSN N° 0327-3059*
- Mertens, D. R. (2005). *Particle size, fragmentation index, and effective fiber: Tools for evaluating the physical attributes of corn silages*. Pages 211-2
- Mombelli, J. (2003). Una revisión bibliográfica sobre silajes de sorgo. *Rev. Sociedad Rural de Jesús María*, 137:19-23.
- Mowrey, A., Eilersieck, M. R., & Spain, J. N. (1999). Effect of fibrous by-products on production and ruminal fermentation in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 82(12), 2709-2715.
- Minson, D. (2012). *Forage in ruminant nutrition*. Elsevier.
- Müller, C. E., & Udén, P. (2007). Preference of horses for grass conserved as hay, haylage or silage. *Animal feed science and technology*, 132(1-2), 66-78.
- National Research Council. (1982). *United States-Canadian Tables of Feed Composition: Nutritional Data for United States and Canadian Feeds, Third Revision*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/1713>
- National Research Council. (2000). *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9791>.
- National Research Council. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9825>.
- Rees, D. V. H. (1982). A discussion of sources of dry matter loss during the process of haymaking. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 27(6), 469-479.
- Rotz, C. A., & Abrams, S. M. (1988). Losses and quality changes during alfalfa hay harvest and storage. *Transactions of the ASAE*, 31(2), 350-355.

- Shaver, R. D., Nytes, A. J., Satter, L. D., & Jorgensen, N. A. (1988). Influence of feed intake, forage physical form, and forage fiber content on particle size of masticated forage, ruminal digesta, and feces of dairy cows. *Journal of dairy science*, 71(6), 1566-1572.
- Shaver, R. D., & Hoffman, P. (2010). Use of straw in dairy cattle diets. *Focus on Forage*, 12(2).
- Schmid, A. R., Goodrich, R. D., Jordan, R. M., Marten, G. C., & Meiske, J. C. (1976). Relationships among agronomic characteristics of corn and sorghum cultivars and silage quality. *Agronomy Journal*, 68(2), 403-406.
- Singh, G. P., & Oosting, S. J. (1993). Nutritive value of straw. In *Proc. workshop Indo-Dutch BIOCON project: Feeding of ruminants on fibrous crop residues*, Kiran Singh, JB Schiere (eds.). ICAR, New Delhi, India (pp. 141-147).
- Sniffen, C. J., O'Connor, J. D., Van Soest, P. J., Fox, D. G., & Russell, J. B. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of animal science*, 70(11), 3562-3577.
- Stritzler, N. P., & Larsen, T. (1991). Efecto del tratamiento húmedo con NaOH sobre la desaparición de materia seca y carbohidratos de paja de cebada incubada in sacco. *Semiárida*, 6(1), 27-34.
- Undersander, D. (2002). Relative Forage Quality: An Alternative to Relative Feed Value and Quality Index. *Proceedings 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium*, pp 16-32.
- Vago, M. E. (2019) Influencia del estrés abiótico y biótico sobre la composición de la pared celular de *Lotus tenuis*. *Escuela para graduados Jorge Soriano FAUBA Tesis Doctoral*; 164 p.
- Van Soest, P. J. (1971). Estimations of nutritive value from laboratory analysis. In *Cornell Nutr Conf Feed Manufacturers Proc.*
- Vignolio, O. R., & Fernández, O. N. (2006). Bioecología de *Lotus glaber* Mill (Fabaceae) en la Pampa Deprimida (Pcia de Bs As, Argentina), *Revista de producción animal* 26:113/130.
- Voisin, A., (1959). Grass productivity: Rational Grazing, Midwest Journal Press
- Wilson, J. R., & Minson, D. J. (1980). Prospects for improving the digestibility and intake of tropical grasses. *Tropical grasslands*, 14(3), 253-259.
- Yari, M., Valizadeh, R., Naserian, A. A., Ghorbani, G. R., Moghaddam, P. R., Jonker, A., & Yu, P. (2012). Botanical traits, protein and carbohydrate fractions, ruminal degradability and energy contents of alfalfa hay harvested at three stages of maturity and in the afternoon and morning. *Animal feed science and technology*, 172(3-4), 162-170.

## Índice de tablas

- Tabla 1:** Comparación química de forrajes de leguminosas y de gramíneas a lo largo de su ciclo de crecimiento (National Research Council 2000, 2001).
- Tabla 2:** Comparación de la composición química de forrajes de zonas templadas y forrajes tropicales en porcentaje base materia seca (Van Soest, 1971).
- Tabla 3:** Digestibilidad del contenido celular y de distintas fracciones componentes de la fracción fibra (Chandler *et al.*, 1980).
- Tabla 4:** Efectos del momento de corte en la calidad nutricional de henificados de gramíneas y leguminosas (Jurgens, 1997).
- Tabla 5:** Porcentaje de hojas y tallos según el contenido de humedad en henos de alfalfa.
- Tabla 6:** Efecto de la lluvia sobre la calidad nutricional del heno.
- Tabla 7:** Solubilidad y degradabilidad de las proteínas de heno de alfalfa, silaje de alfalfa de baja y alta digestibilidad y de silaje de maíz (Sniffen *et al.*, 1992).
- Tabla 8:** Variaciones en la composición química de henos de alfalfa según el estado vegetativo de la planta al momento del corte, expresado en porcentaje base materia seca.
- Tabla 9:** Pérdidas de valor alimenticio de proteínas, total de nutrientes digestibles (TND) y energía neta de lactancia (ENeta lactancia) de gramíneas y de leguminosas según el momento de corte para henificado o para consumo como pastura (Jurgens, 1997).
- Tabla 10:** Efecto del estado de madurez del heno de alfalfa observado según el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) sobre el rendimiento en litros de leche (Kawas *et al.*, 1991).
- Tabla 11:** Efecto del forraje considerando la especie forrajera, su composición en carbohidratos (carbohidratos no fibrosos, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA)), consumo, llenado ruminal y rendimiento en kg de leche por día teniendo en consideración el porcentaje de forraje utilizado en relación con el concentrado (Shaver *et al.*, 1988).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

- Tabla 12:** Variación de la composición química de henos de alfalfa (proteína bruta, celulosa, lípidos, extractivos no nitrogenados, proteína digestible y total de nutrientes digestibles (TND)) de acuerdo con el corte y su conservación.
- Tabla 13:** Aporte energético (energía bruta, energía digestible y energía neta) del heno con digestibilidad muy alta, alta moderada y baja. (Buxton, 1996).
- Tabla 14:** Proporción en peso de hojas y tallos en henificados de trébol rojo según su estado de madurez al momento de corte (Crampton, 1957, aún muy vigente por los datos aportados en esta publicación).
- Tabla 15:** Valores orientativos de pérdidas de materia seca en la confección y almacenamiento de henos de alfalfa (Rees, 1982).
- Tabla 16:** Pérdidas habituales producidas en el proceso de henificación y de ensilado desde el cultivo hasta el comedero de leguminosas bien procesadas (Jurgens *et al.*, 2014).
- Tabla 17:** Composición química de algunas especies forrajeras (leguminosas y gramíneas) en base a materia seca respecto al contenido celular FDN, FDA, fibra bruta y lignina.
- Tabla 18:** Valor nutritivo de henos típicos de Argentina: alfalfa y moha, valores promedios y objetivos buscados para lograr una buena calidad de heno. Valores objetivos recomendados por Gaggiotti *et al.* (2008).
- Tabla 19:** Valores comparativos de las diferentes pajas de cereales (expresados en porcentaje base materia seca respecto a proteína bruta, celulosa, extractivos no nitrogenados, proteína digestible, TND (Males, 1987; Shaver & Hoffman, 2010).
- Tabla 20:** Tabla comparativa de los valores de pajas de cereales (avena, cebada, trigo y arroz) y de rastrojos (maíz, sorgo y soja) en % en base a materia seca.
- Tabla 21:** Efecto del tratamiento con amoníaco sobre pajas de trigo y de arroz respecto a su contenido en proteína bruta, TND, ENm, ENg y ENI (Birkelo *et al.*, 1986; Singh & Oosting, 1993).
- Tabla 22:** Rastrojo de maíz: análisis químico orientativo respecto a materia seca, proteína bruta, grasa, fibra bruta, FDN, FDA, calcio, fósforo y TND (Macgregor, 2000).
- Tabla 23:** Composición química de marlos de maíz molidos (NRC, 1982).
- Tabla 24:** Análisis orientativo de la composición química de cáscara de avena (Macgregor, 2000).
- Tabla 25:** Valores orientativos de la composición química de la cáscara de soja con dos valores distintos de materia seca respecto a proteína bruta, grasa, fibra bruta, FDN, FDA, calcio, fósforo y TND (Macgregor 2000).
- Tabla 26:** Valores de materia seca, energía digestible, metabolizable, neta de mantenimiento y de ganancia de henos y silajes de alfalfa (NRC, 2000).
- Tabla 27:** Momento óptimo de corte y picado de la planta entera de maíz para ensilado (Crookston & Kurle, 1987).
- Tabla 28:** Análisis orientativo de un silaje de maíz bien espigado y uno con pocas espigas respecto a materia seca, proteína bruta, grasa, fibra bruta, FDN, FDA, calcio, fósforo y total de nutrientes digestibles (Macgregor, 2000).
- Tabla 29A:** Relación entre el porcentaje de materia seca de la planta de maíz y sus granos para tomar la decisión del momento óptimo de corte y picado.
- Tabla 29B:** Composición química de la fracción fibrosa de silaje de planta entera de maíz con distintos grados de madurez. Relación entre el grado de madurez del grano de maíz y el valor nutritivo del silaje expresado en base al porcentaje de materia seca expresado sobre el alimento tal cual (ATC), y los porcentajes de fibra detergente neutro, ácido, hemicelulosas, celulosas, lignina y digestibilidad in situ a 24 hs expresados en base a materia seca (Mertens, 2005; Ferraretto *et al.*, 2018).
- Tabla 30:** Pérdidas de materia seca según el tipo de silo utilizado (trinchera-bunker-puente (abiertos)) en la obtención de silajes de plantas enteras picadas adecuadamente.
- Tabla 31:** Comparación de la calidad nutritiva de silajes de planta entera de maíz de distintas variedades y de cultivar afectado por sequía respecto a humedad, materia seca, proteína bruta, hidratos de carbono no fibrosos, FDN, FDA, EN de lactancia, calcio, fósforo, magnesio y potasio, todos informados en porcentaje salvo la energía neta de lactancia en Mcal/ kg.
- Tabla 32:** Valores de FDA, factor fibra efectiva, tiempo de rumia y fibra efectiva, de dos silajes de maíz con distinto tamaño de picado comparados con otras fuentes de fibra (Mowrey *et al.*, 1999).
- Tabla 33:** Aporte energético y nutritivo de la planta entera de maíz y de sus partes: espigas con alta humedad, espigas con chala y tallos y maíz grano de alta humedad.
- Tabla 34:** Análisis comparativo de sorgo forrajero y silajes de maíz planta en estado de grano lechoso y grano bien maduro (valores sobre base materia seca de fibra bruta, FDN, FDA, TND, ENm, ENg y ENI) (Schmidt *et al.*, 1976; Getachew *et al.*, 2016).
- Tabla 35:** Composición química de silajes de cereales cortados en "grano lechoso" respecto a materia seca, proteína bruta, FDN, FDA, calcio, fósforo y TND expresados en porcentaje base materia seca (Macgregor, 2000).
- Tabla 36:** Efecto de la madurez sobre el rinde y el valor alimenticio de sorgo forrajero pastoreado en verano en relación con el contenido de materia seca, rinde en Tn/Ha, proteína bruta, FDA y Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) (Jurgens, 1997).

## FORRAJES

- Tabla 37:** Aporte nutricional de cultivos de cereales de invierno según su estado de madurez y relación grano:forraje respecto a materia seca, proteína bruta y TND en porcentaje base materia seca (Jurgens, 1997).
- Tabla 38:** Consumo de *Phalaris tuberosa* en distintos estados de madurez por ovejas de acuerdo con sus porcentajes de digestibilidad de materia orgánica, componentes de la pared celular, celulosa, lignina y proteína bruta (Hogan *et al.*, 1969).
- Tabla 39:** Comparación respecto a humedad, proteína y fibra bruta en porcentaje de hojas deshidratadas de diversos forrajes de ocasión (arvejas, porotos, coliflor y zanahorias) comparados con harina de hojas de alfalfa.
- Tabla 40:** Energía disponible de distintas fuentes forrajeras respecto a: porcentaje de TND, energía digestible (ED/kg), energía metabolizable (EM/kg), consumo voluntario en porcentaje y probable suplementación (EM, calcio (Ca), fósforo (P) y proteínas (Crampton & Harris, 1956).
- Tabla 41:** Análisis comparativo de harina de alfalfa (secada artificialmente), con heno de alfalfa (secado al sol). Valores promedios y rangos.
- Tabla 42:** Contenido de xantófilas biológicamente aprovechable en harinas de alfalfa de distintos porcentajes de proteínas comparadas con otras fuentes.

## Índice de figuras

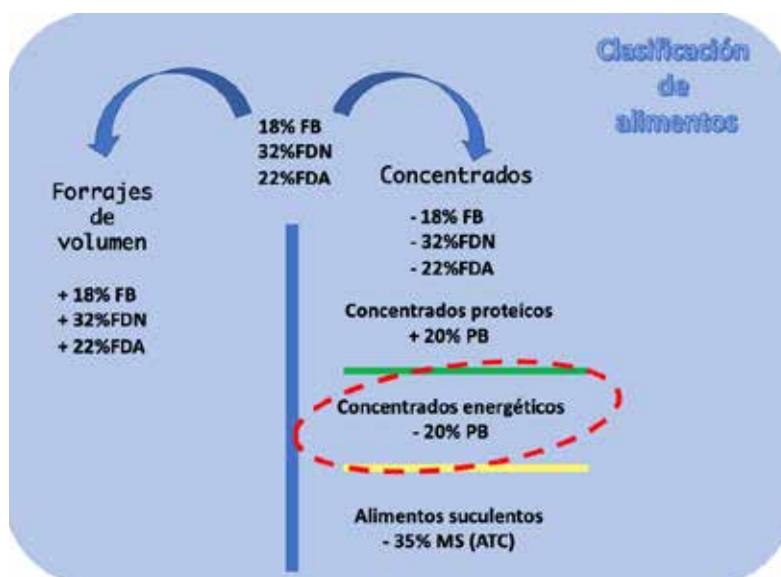
- Figura 1:** Relación entre los kilogramos producidos y la digestibilidad en distintos estadios de crecimiento de leguminosas (adaptado de Blaser, 1985) (Horrocks & Vallentine, 1999).
- Figura 2:** Relación entre digestibilidad de la planta entera de alfalfa y la relación hoja/tallo (Christian, Jones & Freer extractado de Bragachini *et al.*, 2008).
- Figura 3:** Contenido energético (NRC) de henos de alfalfa cortados en tres estadios de crecimiento diferentes (EB, prefloración temprana, LB, prefloración tardía y EF, floración temprana) por la tarde (PM: 06:00 pm) y a la mañana siguiente (AM: 06:00 am). (Yari *et al.*, 2012).



# CONCENTRADOS ENERGÉTICOS: (CE)

(IFN 4-Xx-xxx)

Los alimentos concentrados de acuerdo a la clasificación de alimentos tienen menos de 18 % de fibra y por ser energéticos tienen menos de 20 % de proteínas.



Los CE más utilizados son los granos de los cereales y las semillas. También se incluyen algunos subproductos del procesamiento de las oleaginosas, de los cereales, algunos frutos, raíces, tubérculos, las grasas y los aceites.

Todos los granos de cereales son de la familia de las poáceas (gramíneas) anuales cultivados por sus semillas altas en energía. Los granos y las semillas son reservas en miniatura de energía y nutrientes para sus embriones.

Por la proporción en la que participan en las dietas se los utiliza como fuente principal de energía y también aportan una buena proporción de proteínas.

Los concentrados energéticos son altos en el total de nutrientes digestibles (TND) y energía neta (EN). Provistos mayormente por almidón y por aceites, en algunos de ellos. El almidón es de buena solubilidad y digestibilidad y se encuentra en forma granular. Los gránulos se encuentran compuestos de amilosa y amilopectina (que son polímeros de la glucosa).

Los cultivares para grano están en un momento de clara revolución genética, se esperan así obtener una amplia selección de granos con valores agregados representados por una mejora en su valor nutricional, ya existen en el mercado por ejemplo granos de maíz con alto contenido de aceite o con mayor proporción de lisina. Se esperan muchas otras mejoras.

## Concentrados energéticos (CE) (IFN 4-xx-xxx)

A continuación, comenzaremos a repasar las características generales de los concentrados energéticos habitualmente utilizados en el armado de raciones para alimentación animal. Como su nombre lo indica la función del agregado de este tipo de alimento a una dieta es la de aportar en forma concentrada energía. Este aporte concentrado de energía puede hacerse mediante el aporte de hidratos de carbono de rápido aprovechamiento o por el agregado de lípidos (grasas-aceites) o la combinación de ambos.

Los alimentos que aportan un gran contenido de hidratos de carbono en poco volumen son los granos, fundamentalmente los granos de cereales. Alrededor de dos tercios de su peso corresponde a almidón, que es un polisacárido de reserva de las plantas de alta digestibilidad (alrededor de un 95 %). El aporte de hidratos de carbono no sólo distingue a este grupo de alimentos, sino que la variación en el contenido de almidón y su disponibilidad en los distintos concentrados energéticos y sobre todo entre los cereales, es responsable de las diferencias a considerar al momento de tener que sustituir un grano por otro en una ración (ver tabla 1).

Especie	% almidón
Maíz	75,70 %
Sorgo	71,30 %
Trigo	70,30 %
Cebada	64,30 %
Avena	58,10 %

**Tabla 1:** Contenido promedio de almidón de los granos de maíz, sorgo, trigo, cebada y avena.

Debido a la importancia de este aporte, es útil saber cómo es la degradabilidad del almidón para los distintos granos. En la tabla 2, se presentan los datos de la degradabilidad “*in vitro*” del almidón de los granos más utilizados obtenida en incubadora durante sesenta minutos con el agregado de la enzima “glucoamilasa”:

Orden	Especie	% de degradabilidad
Primero	Almidón de avena	28 %
2°	de trigo	24 %
3°	de cebada	18 %
4°	de maíz	13 %
5°	de sorgo	9 %

**Tabla 2:** Degradabilidad “*in vitro*” del almidón de los granos de avena, trigo, cebada, maíz y sorgo.

En la tabla 3 se observan los datos de degradabilidad “*in situ*”, medida a nivel ruminal utilizando vacunos fistulados. Las muestras de granos a analizar se colocan en bolsas de “Dacron” de porosidad conocida y se introducen dentro del rumen a través de la fístula. La degradabilidad “*in situ*” se determinó para materia seca, proteína cruda y almidón, en una misma unidad de tiempo.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Disponibilidad ruminal	Trigo	Avena	Cebada	Maíz	Sorgo
Para materia seca	88 %	87 %	78 %	54 %	38 %
Para proteínas	95 %	98 %	91 %	70 %	57 %
Para almidón	95 %	98 %	90 %	62 %	49 %
Orden de degradabilidad (*)	2°	1°	3°	4°	5°

(\*): Confirma los datos de degradabilidad "in vitro". Los valores para almidón coinciden en grado de degradabilidad con la degradabilidad "in vitro".  
Se determinó el almidón degradado midiendo la glucosa resultante al tiempo dado para la hidrólisis. El contenido de almidón de los distintos granos estudiados fue el promedio de 23 muestras de cada uno, tomados como % de materia seca: (Se asume que la tasa de pasaje al abomaso ("cuarto estómago" es del 6 % por hora).

**Tabla 3:** Degradabilidad "in situ" de la materia seca, las proteínas y el almidón de granos de trigo, avena, cebada, maíz y sorgo en una misma unidad de tiempo (Herrera-Saldana *et al.*, 1990).

La cantidad de proteínas y almidón degradados "in situ", a las 12 horas de consumo, para trigo, cebada y avena, era de más del 98 %, sugiriendo que la mayoría de las proteínas y del almidón de esos granos estaba disponible para la microbiota ruminal. A las 12 horas, menos del 80 % de la proteína cruda y menos del 66 % del almidón del maíz y del sorgo se degradaron lo que indicaría que una cantidad considerable de esa proteína y almidón de estos dos granos quedará disponible para su digestión post ruminal. En el caso de caballos y cerdos, si pasa grano sin digerir al intestino grueso fomentará allí una fermentación bacteriana con pérdidas de gases (metano, anhídrido carbónico mayormente) y en el caso de los caballos podrá traer trastornos digestivos.

Esta información ayuda a combinar granos y fuentes de proteínas con degradación ruminal similar y, con esto, obtener un uso más eficiente de la energía y la proteína en las dietas para rumiantes, especialmente para el rendimiento de lecheras de alta producción.

En la tabla 4 se presenta la composición química de los granos de maíz, sorgo, trigo, cebada y arroz en base a materia seca:

Análisis:	Maíz	Sorgo	Trigo	Cebada	Avena
Materia orgánica	98,50	98,30	98,30	97,00	97,70
Proteína bruta	9,70	9,80	15,80	11,00	12,80
Fibra detergente neutro	9,30	15,60	11,30	19,50	24,00
Fibra detergente ácido	3,30	5,30	4,20	7,80	16,50
NIDA (*)	1,10	3,60	1,10	0,60	0,30
Contenido de almidón (promedio de 23 muestras)					
Almidón (% de MS)	75,70	71,30	70,30	64,30	58,10
Rango %	72 / 78	68 / 78	67 / 77	60 / 74	52 / 69
Desvío estándar	1,80	2,70	2,90	3,30	4,30
Coefficiente de variación	2,40	3,70	4,10	5,20	7,10

(\*): NIDA: nitrógeno insoluble en detergente ácido (de ADIN: acid detergent insoluble nitrogen, en inglés): es el % del nitrógeno insoluble por tratamiento con detergente ácido: indica el % de nitrógeno que no será aprovechado por la digestión animal.

**Tabla 4:** Composición química de los granos de maíz, sorgo, trigo, cebada y arroz en base a materia seca respecto a su porcentaje de: materia orgánica, proteína bruta, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) en la parte superior y en la parte inferior el porcentaje de almidón base materia seca, rango, desviación estándar y coeficiente de variación de las muestras analizadas.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Los datos que se presentan en la tabla 4 permiten comparar los valores nutricionales de los principales cereales, pero se deben tomar como información didáctica más que como valores absolutos ya que en la práctica, pueden sufrir diversos tratamientos que podrán hacer variar su valor al compararlos por ejemplo con el maíz, tratamiento con calor y humedad –copos-, aplastado o el despuntado (avena y cebada) que aumentarán su contribución nutritiva. Por otro lado, granos de sorgo si son con alto tanino no llegarán al equivalente del 95 % respecto del grano del maíz.

A continuación, en la tabla 5 se observan las diferencias en la digestión ruminal del almidón de distintos granos y con distintos tratamientos:

Procesamiento	Avena	Trigo	Cebada	Maíz	Sorgo
Grano de alta humedad, ensilado, molido fino	99 %	99 %	98 %	85 %	- (*)
Grano tratado con vapor y arrollado en copos finos	99	98	97	86	84
Grano ensilado con alta humedad, arrollado grueso	-	-	-	82	80
Grano seco, molido fino	94	93	91	78	72
Grano seco, molido mediano	89	88	87	74	68
Grano seco, molido grueso	79	78	77	65	61
Grano seco, entero (*)	-	-	-	60	-

(\*): los autores no recogieron datos.

**Tabla 5:** Diferencias en la extensión de la digestión ruminal de los almidones basadas en cómo son afectadas por su origen y por su procesamiento; expresadas en porcentaje de digestión en el rumen (Nocek & Tamminga, 1991; Knowlton *et al.*, 1998).

En la siguiente tabla (tabla 6), se presentan los resultados de un experimento en donde se puede observar el efecto del tratamiento de grano de maíz dentado aplastado (por calor y arrollado) y extrusado (por calor humedad y presión) comparado con el rendimiento del grano entero alimentando novillos a corral durante 148 días con raciones conteniendo 62 % de maíz:

Mediciones	Copos	Extrusado	Entero
Peso promedio inicial kg	294	296	299
Ganancia diaria promedio kg	1,35	1,38	1,39
Consumo promedio diario kg	9,4	9,72	10,62
Kg alimento / 100 kg de peso vivo ganado	697	704	762
Coefficiente de Digestibilidad:			
Energía %	72,8	70,1	62,1
Proteína %	54,8	51,8	41,2

**Tabla 6:** Efecto del tratamiento de grano de maíz dentado aplastado (por calor y arrollado) y extrusado (por calor humedad y presión) comparado con el rendimiento del grano entero en la ganancia de peso diaria, el consumo promedio, los kilogramos consumidos por 100 kg de peso ganado en engorde de novillos a corral durante 148 días con una ración conteniendo 62 % de maíz, se indican los coeficientes de digestibilidad respecto a la energía aportada y a la proteína para los tres tratamientos (Pond *et al.*, 2004).

Se menciona este experimento con el objeto de mostrar el efecto del cambio en la digestibilidad de la energía y proteína sin tener en cuenta su costo que sería significativo en nuestro medio. A los efectos de poder interpretar bibliografía técnica en inglés, cuando

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

se hace referencia a la forma de expresar el peso de un volumen de grano que se hace en “bushels” (medida de volumen) se acompaña el peso de esa medida de varios granos y de la semilla de soja en libras (lb) y en kilogramos (kg), ver tabla 7.

Grano	Libra/bushel	Kg/bushel	Grano	Libra/bushel	Kg/bushel
Cebada	48	21,8	Arroz con cáscara	45	20,4
Maíz	56	25,4	Centeno	56	25,4
Sorgo	56	25,4	Trigo	60	27,2
Avena	32	14,5	Soja, poroto	60	27,2

**Tabla 7:** Tabla comparativa del peso de un bushel (medida de volumen) de granos de cebada, maíz, sorgo, avena, arroz con cáscara, centeno, trigo y soja en libras y en kilogramos.

El grano seco, entero, tarda más en fermentar en el rumen que el grano arrollado (aplastado) y éste tarda más en fermentar que el molido fino. El grano arrollado y el de alta humedad fermentan más rápido que el grano seco. Los que fermentan más rápido son más susceptibles a provocar acidosis, pero dan más eficiencia cuando son usados en condiciones de no acidez (tomadas las precauciones necesarias para evitarla: mayores cuidados, mejor manejo).

La tasa y extensión de la digestión del almidón en el rumen está directamente relacionada con su tasa de digestión y varía con el origen del almidón (de qué material procede: grano o raíz, por ejemplo) y el procesamiento sufrido por parte del almidón (ver tabla: 8).

Cuando más de un grano (u otra fuente de almidón) forma parte de la ración, la performance del vacuno sometido a esta dieta que combine un grano de fermentación rápida (por ejemplo: avena) con otro de fermentación más lenta (por ejemplo: sorgo) puede ser superior a la de un grano único. Cuanto más rápido fermenta un grano en el rumen mayor es el potencial de ocurrir “acidosis” especialmente durante los primeros quince días de alimentación con concentrados (período de acostumbramiento ruminal).

Consumos y sitios de digestión	Maíz molido	Cebada arrollada
Consumo de materia seca	23,72 kg / día	20,64 kg / día
Consumo de almidón	10,61	8,39
Digestión del almidón en rumen (1)	5,17	6,49
Digestión en % de lo consumido	48,80 % de 10,61	77,40 % de 8,39
Almidón que escapa del rumen	5,44 kg / día	1,90 kg / día
Digestión postruminal del almidón (2)	4,63	1,59
Digestión en % de lo escapado	85,11 % de 5,44 kg	83,68 % de 1,90 kg
Digestibilidad de todo el aparato digestivo	93,20 %	96,80 %

(1): Fermentación ruminal (flora ruminal).  
 (2): Digestión enzimática (en intestino delgado).

**Tabla 8:** Consumo de materia seca, almidón, lugares de digestión y digestibilidad de granos de maíz molido y de cebada arrollada suministrados a vacas lecheras Holstein en lactancia temprana (McCarthy *et al.*, 1989).

El maíz fermenta más despacio que la cebada. El almidón que escapa del intestino delgado es fermentado en el en el intestino grueso en las porciones ciego-colon.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

La dieta completa de este experimento incluía: silaje de alfalfa - gramíneas: 26 %; silaje de maíz: 19 %; maíz molido: 45 %, o cebada arrollada: 49 % (todo expresado en base a materia seca)

Existe una mayor posibilidad de que se presenten casos de acidosis cuando se usan trigo o cebada que cuando se use grano de maíz seco porque son digeridos más rápido y extensivamente en el rumen. Cuando se usen granos de rápida digestión mezclados con maíz grano, seco, quebrado, se puede optimizar la performance y minimizar los problemas digestivos (ver tabla: 9). Siempre es necesario realizar un acostumbamiento previo al suministrar raciones con alto contenido de grano teniendo en cuenta también, el aporte de fibra efectiva y de proteínas para mantener la salud ruminal.

Alimento:	Tasa y extensión	Alimento:	Tasa y extensión
Avena	88 a 91 % (*)	Papas	82 a 84
Trigo	88 a 90 (*)	Arroz	80 a 82
Cebada	86 a 88 (*)	Maíz	75 a 77 (**)
Tapioca	84 a 86	Sorgo	66 a 70 (**)

(\*): rápida digestión en el rumen. Favorece la reproducción microbiana (bacterias amilolíticas y lácticas) y la producción de ácidos grasos volátiles propiónico y también de ácido láctico. Un exceso baja el pH, si las dietas presentan bajo aporte de fibra, hay poca insalivación y esto lleva a que se produzca acidosis (por falta de capacidad buffer dentro del rumen).

(\*\*): mayor pasaje al intestino. Límite para almidón en la dieta de lecheras 1,1 % del peso vivo/día o menos del 30 % de la dieta/ día. Con un grano (maíz) con 75,7 % de almidón significarán:  $100 \times 30 / 75,7 = 39,6$  % de maíz. Con un sorgo de 68 % de almidón sería:  $100 \times 30 / 68 = 44,12$  %

**Tabla 9:** Tasa y extensión de la digestión de distintos concentrados energéticos en el rumen en forma decreciente (Mertens 1991).

El procesamiento de los granos y en general de cualquier alimento altera su aprovechamiento, y esta alteración se puede producir por métodos físicos (corte-picado-molienda-temperatura), químicos (agregado de bases o de ácidos), o microbiológicos. El propósito del procesamiento que altera la forma o el tamaño de partícula o aísla una parte específica del alimento es el de aumentar la palatabilidad, o mejorar la digestibilidad, o modificar el aporte de nutrientes. Por ejemplo, al separar las cáscaras o las glumas de un grano vestido puede aumentar el valor/proporción de los nutrientes más buscados al eliminar un porcentaje importante de fibra bruta. El procesado puede favorecer la desintoxicación, por ejemplo, en el pulido del grano de sorgo “anti pájaro” o de alto tanino, se realiza el pulido de la testa para disminuir el contenido de taninos. Tanto el proceso de quebrado como el de rolado o la molienda aumenta la tasa de digestión ya que aumenta la superficie de ataque por parte de las enzimas de la digestión y la eficiencia de utilización en el rumen por la microbiota ruminal. La molienda, además, mejora las posibilidades de un buen mezclado de las fórmulas de las raciones.

Como contrapartida, los granos quebrados o molidos no se conservan bien durante el almacenamiento como los granos enteros. Cualquier método de procesamiento que exponga a un alimento al aire (oxígeno), humedad, calor o luz por un tiempo prolongado, resultará en alguna pérdida de vitaminas, favorecerá el enranciamiento de las grasas y aceites y deberá prestarse especial atención respecto a la humedad para evitar la proliferación de hongos y el aumento de micotoxinas.

Se debe planificar con tiempo el procesamiento de granos para maximizar el aprovechamiento de sus ventajas y disminuir las pérdidas. Una temperatura alta de secado del grano puede disminuir la extensión y la tasa de digestión del almidón en 10 a 20 % y puede alterar también la conformación de su proteína. Comparando las moliendas de calibre mediano y grueso (o el arrollado contra la molienda gruesa), las moliendas gruesas pueden disminuir la extensión y la tasa de digestión del almidón en un 5 a 10 % respecto de las moliendas de calibre mediano.

Los granos tratados con alta humedad, arrollados gruesos también tienen tasas de fermentación que son 10 a 20 % más altas que los granos secos, molidos medianos y que pueden mejorarse más aún si la molienda se hace de calibre fino.

Por tratamiento con calor seco o con calor húmedo se produce una gelatinización del almidón que mejora su utilización especialmente en los rumiantes (ver referencia acá) ver relación costo beneficio (Huntington, 1997; Gómez *et al.*, 2016).

Hasta este punto se presentó información relacionada al aporte de hidratos de carbono de rápido aprovechamiento, de alta digestibilidad. De acuerdo con lo presentado en la introducción existe otro grupo de hidratos de carbono de origen vegetal que forman parte de las paredes celulares vegetales, constituidos principalmente por polisacáridos que presentan una baja digestibilidad para los animales monogástricos (salvo los equinos) y total o parcialmente aprovechables por los rumiantes que se los engloba habitualmente bajo el término “fibra”. Estos hidratos de carbono son las pectinas, hemicelulosas y celulosa (ver descripción detallada en el capítulo 1 (forrajes de volumen). Se los determina por el método proximal o de Weende en la fracción fibra bruta, más utilizada en la alimentación de monogástricos y por el método de Van Soest en los parámetros fibra detergente neutro y fibra detergente ácido relacionados en forma inversa con el consumo voluntario y la digestibilidad respectivamente en la alimentación de animales rumiantes.

Los concentrados energéticos presentan un promedio de fibra de un 6 % pero muchas muestras individuales pueden variar considerablemente respecto de este promedio. Suele dividirse a los concentrados energéticos respecto a su contenido en fibras en granos “desnudos” y granos “vestidos” siendo éstos últimos los que conservan adheridas sus glumas a madurez por lo cual su contenido de fibra es más alto. Los granos “desnudos” que aportarán más energía presentan entre 2.5 a 3 % de fibra bruta (FB) y son los granos de: maíz, trigo, sorgo, centeno y triticale entre otros. Los granos “vestidos” o de baja energía presentan entre 5 y 12 % de FB, entre los que se destacan los granos de: avena, cebada, arroz, mijo, alpiste y moha entre otros.

Los granos de avena y de cebada son los alimentos que pueden mostrar variaciones más grandes en cuanto al aporte de fibra debido al mayor contenido de “cáscara/glumas” o al mayor contenido de almidón en el grano.

Un aumento en la proporción de fibra de estos granos puede darse cuando se pastorean los cultivos antes de dejarlos semillar para cosechar. Si las plantas no reponen suficientes reservas puede suceder que los granos no se llenen bien de almidón por lo cual proporcionalmente resultan con mayor contenido de fibra. Estas diferencias afectan marcadamente su contenido energético y por lo tanto su valor alimenticio.

Al sustituir un concentrado energético por otro en una ración se debe prestar especial atención al contenido de fibra bruta, en los alimentos a intercambiar ya que en una forma indirecta se podría decir que a mayor fibra menor será el aporte de almidón. Las glumas

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

y cáscaras que protegen a las semillas presentan diferentes valores nutricionales para los rumiantes, (ver tabla 10).

Se debe tener en consideración también que de acuerdo con el proceso de industrialización que sufren los granos y semillas puede mejorarse la digestibilidad de su fibra, en especial en los casos en los que el grano es remojado, por ejemplo, en la industrialización del maíz para la separación de la harina para consumo humano o para la separación del almidón.

Fibra bruta	% digestibilidad para rumiantes	Comentarios:
Del trigo grano	33 %	
Afrecho de trigo	36 %	Hay un efecto de la humedad agregada en el proceso y de calor generado por la molienda
Semita de trigo**	60 %	En razón que la fibra está constituida por celulosa pura y hemicelulosa con menos lignina que en el afrecho. La fibra es originalmente la misma en estos tres alimentos, pero los procesos a que se sometió cada uno, les cambia la digestibilidad, mejorándola.
De la avena grano	32 %	
Avena arrollada	80 %	Avena arrollada
Cáscara de avena	40 %	Por efecto de humedad y calor para separarla
De la cebada grano	45 %	
Cáscara de cebada	18 %	Sólo hay separación mecánica de la cáscara
Brote de malta	83 % (*)	Existe el efecto acumulado de humedad, temperatura y actividad biológica (brotado) es un concentrado proteico
Del maíz grano	30 %	
Afrecho de maíz	63 %	Efecto de humedad y temperatura por fricción
Germen de maíz desgrasado	64 %	Efectos anteriores (separación junto con el afrecho) y presión o solvente o ambos.
Gluten feed	78 % (*)	(*) Estos alimentos son concentrados proteicos y no energéticos, pero a los efectos de mostrar la variación. De la digestibilidad de sus fibras se mencionan en esta tabla. Lo mismo cabría para la comparación de las fibras de burlanda, soja y su harina.
Burlanda de maíz	82 % (*)	
Del poroto de soja	37 % (*)	
Harina de extracción de soja	68 % (*)	
(*) No son concentrados energéticos, pero se ubican junto al grano de origen porque muestran el efecto de un tratamiento similar sobre la fibra original.		
(**): Es un subproducto del proceso de molienda del grano de trigo que se proviene de la moltura del último cilindro liso del molino, luego de retirada la harina aprovechable. Contiene harina y fibra alimentaria, que le aporta gran valor nutricional.		

**Tabla 10:** Digestibilidad de la fibra bruta de varios granos y de sus subproductos industriales al ser utilizadas por rumiantes.

El tratamiento de extracción del aceite utilizando solventes también mejora la digestibilidad de la fibra del subproducto resultante (observar la mejora en la digestibilidad de la fibra de la harina de soja en relación con la que presenta la fibra del poroto de soja sin procesar, aunque este ejemplo, estrictamente, corresponde al grupo de los concentrados

proteicos y no para el de los concentrados energéticos). Las cifras son de ensayos de digestibilidad usando rumiantes.

Las fibras no procesadas tienen una protección que puede deberse principalmente a lignina, ceras o sílice. Estas protecciones defienden a las plantas de las inclemencias climáticas y las hacen resistentes al ataque de bacterias, hongos y otros microorganismos del medio ambiente y a los microorganismos ruminales y a las bacterias del intestino grueso (equinos, cerdos).

En el procesamiento de los granos, con la obtención de subproductos, parte de la protección de los granos es desintegrada o es disuelta, exponiendo a la celulosa al ataque de los microorganismos del aparato digestivo. La fibra digerida rinde tanta energía al huésped como los almidones. Es fácilmente demostrable en los ensayos de alimentación que fibras de distinto origen afectan al valor alimenticio de la ración de distinto modo: agréguese 25 % de afrecho de trigo (digestibilidad de su fibra: 36 %) a una ración de engorde de cerdos y el ritmo de ganancia de peso decrecerá; agréguese brote de malta (digestibilidad de su fibra: 83 %) en igual nivel de fibra que el aportado por el 25 % de afrecho en el alimento anterior, y se aumentará el consumo de alimento y la ganancia de peso aumentará. Agréguese cáscara de cebada (digestibilidad de su fibra: 18 %) a otra ración similar y su aceptación se verá disminuida. (Asumiendo que, al hacer los reemplazos mencionados, se respetan los aportes de los otros nutrientes para hacer comparables los efectos de las distintas fibras).

En general, la cantidad de fibra bruta y de energía disponible están inversamente correlacionadas: elevando el % de fibra habrá mayor volumen en la ración y menor % de energía asimilable lo que hará necesario suministrar esa ración en mayor cantidad para satisfacer los requerimientos de energía. La fibra da lugar al volumen o “bulto” de un ingrediente y eventualmente de la ración en que participa. Los alimentos de mayor fibra son recursos relativamente menos eficientes en energía productiva.

Todos los ingredientes de una dieta contribuyen, con su peso unitario, al peso de la ración final, pero como los concentrados energéticos (en las dietas de monogástricos y en, algunos casos, de dietas para rumiantes), contribuyen con más del 50 % del total de los ingredientes de las raciones balanceadas en harinas o en comprimidos, su influencia en la dieta es mayor que la de otros ingredientes individuales en lo que respecta a su volumen o sea su densidad de nutrientes.

Un ingrediente voluminoso tiene, por unidad de volumen, relativamente poca cantidad de energía biológicamente disponible. El total de nutrientes digestibles (TND) o la energía digestible están positivamente relacionados con el peso por unidad de volumen, con su densidad. La razón de esta relación hay que buscarla en la proporción de fibra porque ésta es la menos digestible de las cuatro fracciones potencialmente fuentes de energía (proteínas, grasas, hidratos de carbono solubles y fibras, en rumiantes éstas últimas).

Existe una tendencia que muestra que al aumentar en un 1 % el porcentaje de fibra, se observa una disminución de 2.5 % de TND y una disminución de 70 gramos por litro del volumen del concentrado energético. Esta tendencia depende en parte del contenido de grasa del alimento ya que la grasa es relativamente liviana en peso en relación con su aporte en energía digestible.

Resumiendo, si reemplazamos un alimento con alto % en TND o más denso, por uno de mayor volumen, existirá una disminución del TND y por lo tanto requerirá mayor cantidad del nuevo alimento para responder al total de energía que un determinado animal

necesite. Dicho de otra manera, cuando se mide la eficiencia de un alimento en base a la cantidad requerida para obtener una unidad de ganancia de peso o de producción, los alimentos de mayor volumen serán menos eficientes (en cuanto a la cantidad que se necesita). Esto por supuesto cuando se persigue el propósito de alta producción o crecimiento acelerado y el producto final cubre bien el costo de producción. Cuando el costo es más un factor limitante para ingredientes más densos, o los menos densos son relativamente más económicos, la menor eficiencia está compensada por un costo menor. Se tardará más tiempo para lograr el resultado y esa demora se evaluará frente a la rentabilidad que se espere obtener.

Hay circunstancias en las que se prefiere utilizar un alimento de mayor volumen (menor densidad) con respecto a uno más denso como por ejemplo en la alimentación de animales que no deben engordar en exceso, o animales adultos en mantenimiento de su peso, es decir, que se busca que no engorden ni que pierdan peso.

El suministro de los alimentos puede afectar el comportamiento animal, sobre todo si están manejados en grupos (en corrales, no individualmente), pueden sufrir las consecuencias de la restricción en el total de alimento suministrado. Si están con hambre permanentemente estarán nerviosos (esta es una de las consecuencias) y hasta irritables, lo que puede derivar en peleas por el alimento y con la consecuencia de un mayor consumo por parte de los animales más agresivos y menor consumo de los sometidos. La solución que puede implementarse es la de suministrar una dieta de mayor volumen en cantidades suficientes para satisfacer el llenado estomacal, aunque no se satisfaga el apetito (restringiendo el consumo de TND). De este modo un alimento como el afrecho de trigo, o el afrechillo de trigo (o cáscara de avena o alfalfa molida, etc.) son a veces incorporados deliberadamente en las dietas por ser bajos en energía disponible y dietas de este tipo podrán ser suministradas a discreción, (sin limitarles la cantidad) y sin las consecuencias indeseables de consumos muy elevados de alimentos más concentrados en energía, o de peleas entre los animales si se les restringe y sólo los agresivos comen a satisfacción, en perjuicio de los desplazados creando lotes desperejados de menor valor comercial.

Generalmente, los alimentos de más volumen son más baratos por kilogramo que los más densos. Si el precio está en relación con el TND, no es de mucha importancia decidir cual alimento usar, pero a veces no es así como sucede casi permanentemente con la avena en grano, por ejemplo, que la escasez la hace más cara sobre todo en la vecindad de los haras y studs de caballos de carrera y de polo, alejados de las zonas más importantes de producción de este grano (Tres Arroyos y partidos vecinos, de la provincia de Buenos Aires). No siendo éste el caso, la mayor cantidad de un alimento de menor volumen, para suplir la energía digestible necesaria será compensada por su menor costo por kilogramo.

El grano de avena puede variar en su TND de acuerdo con la variedad sembrada, fecha de siembra y condiciones de crecimiento (en esto se incluye si se pastorea previamente a la época de espigazón o se le permite desarrollar, sin ser consumido por la hacienda, todo su follaje). Su TND puede variar desde un 60 hasta un 75 %.

El problema de volumen del alimento debe considerarse también en animales muy chicos debido a su capacidad gástrica limitada que no les permite consumir suficiente cantidad de un alimento de volumen para recibir la energía necesaria para su ritmo de crecimiento. También puede suceder con el suministro de leche un problema semejante por la dilución de la energía en un volumen, en este caso de agua de su constitución. Al suministrar leche descremada, que por su contenido alto de agua y relativamente baja

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

energía, no aporta suficiente energía para satisfacer las necesidades de crecimiento de animales lactantes como la tiene la leche entera (es decir, con toda su grasa, nata o crema).

Continuando con el aporte de nutrientes de los concentrados energéticos en las dietas, se presentará a continuación información respecto al aporte de grasas y aceites. Esta fracción queda determinada en el método de análisis proximal o de Weende en el extracto etéreo. La determinación de extracto etéreo (EE) se realiza en un equipo Soxhlet por lavados sucesivos de la muestra del alimento molido y seco con un solvente orgánico (éter de petróleo). De este modo se separa de las muestras una fracción de elevado contenido calórico si el extracto está conformado principalmente por grasas y ésteres de ácidos grasos.

Los concentrados energéticos presentan normalmente entre un 1.5 y un 5 % de extracto etéreo, presentando mayor proporción la avena, luego el maíz, sorgo, trigo y mijo. Presentan un alto contenido de ácidos grasos insaturados, principalmente ácido linoleico (aproximadamente un 50 % de esa cantidad). En algunos casos hay subproductos con hasta 1 % o más aún, como es el caso del afrecho de arroz (subproducto del pulido del grano de arroz descascarado para consumo humano). Existen en el mercado nuevas variedades de algunos de estos granos que tienen mayores cantidades de grasa, con menores contenidos de almidón y a veces mayores de proteína. Las calidades son variables por lo cual se recomienda analizar su composición en forma previa al agregado en una ración. Los valores citados (1,5 a 5 %), son los promedios habituales.

La avena pelada tiene 7 a 8 % de EE pero con el grano vestido de sus glumas, presenta alrededor de 4,5 / 5 %, lo cual sigue siendo alto al compararlo con los otros granos excepto el maíz que tiene cerca de la misma cantidad.

La grasa de las semillas no oleaginosas se encuentra en el germen y cualquier proceso que les extraiga una proporción apreciable de la proteína y/o de hidratos de carbono, pero no el aceite, produce un subproducto de mayor contenido en grasa o extracto etéreo que el contenido en el grano que le dio origen. Por ejemplo, cuando se quiebra el grano de maíz con molinos a rolos, para producir harina de maíz para consumo humano (polenta), se separa el germen y las capas externas del grano o afrecho, en los cuales se concentra la grasa, fibra y proteína del grano de maíz, a los cuales se agrega algo del almidón del mismo que queda adherido a sus capas exteriores, todo lo cual hace un subproducto llamado rebacillo o también afrecho de maíz, según la costumbre de la provincia donde se produce (hominy feed, en inglés). Por sus características resulta de igual valor alimenticio, sobre todo para rumiantes, que el maíz y, por su mayor cantidad de fibra, es más voluminoso, lo que es ventajoso para este grupo de animales (ver tabla 11). En las plantas donde se extrae el aceite del germen de maíz el subproducto resultante tiene menos energía que el maíz en grano, pero es igualmente un buen alimento, para rumiantes, sobre todo.

Alimento	Proteína	EE	Fibra	Cenizas	ENN	TND
Maíz, grano	8,80	4,30	1,90	1,50	75,0	83,
Rebacillo o afrecho de maíz	11,50	6,50 (*)	4,70	2,70	65,40	63,90

(\*): este valor puede subir hasta 8 % o más, de acuerdo con la variedad de maíz procesadas originalmente.

**Tabla 11:** Comparación de los valores analíticos obtenidos de muestras de maíz grano y rebacillo o afrecho de maíz respecto a su porcentaje de proteína, extracto etéreo (EE), fibra bruta, cenizas, extractivos no nitrogenados (ENN) y total de nutrientes digestibles (TND).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

En la alimentación de animales monogástricos (aves y cerdos, por ejemplo) se debe considerar el aporte de ácidos grasos esenciales (linoleico, linolénico y araquidónico) de los ingredientes utilizados en el armado de sus raciones ya que no pueden sintetizarlos. Por ejemplo, ver lo que aporta el grano de maíz en base a alimento tal cual en la tabla 12:

Ácidos grasos	C <sub>14:0</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	C <sub>≥20</sub>
% Grasa verd.		11.0		2.0	27.0	56.0	1.0	
% Alimento		0.33		0.06	0.80	1.66	0.03	

**Tabla 12:** Aporte del grano de maíz en base a alimento tal cual de ácidos grasos esenciales según FEDNA (de Blas Beorlegui *et al.*, 2019).

No todas las semillas se procesan igual pero el principio es el mismo: sacando almidón (la harina). o grasas (extracción de aceite de maíz, del germen, por ejemplo) del grano, el residuo tendrá más de las fracciones restantes que no se tocaron, respecto del grano original (proteína, fibra, en este caso). El conocimiento del proceso que determina la producción de estos subproductos es útil para deducir las propiedades alimenticias de los mismos.

La denominación de cada subproducto define, en parte, el proceso que le dio origen. Por ejemplo, gluten de maíz (gluten feed), se obtiene por separación de la fracción almidón, para producir fructosa, de este modo queda un subproducto con la proteína del maíz en tres veces mayor cantidad que en el grano original. Del mismo modo, la separación del germen y las coberturas exteriores del grano de maíz para producir polenta deja un subproducto con más proteína, más grasa y más fibra que el que presentaba el grano original (ver tabla 11). La fracción remanente de cada proceso tendrá un mayor valor que el grano original en los nutrientes no extraídos.

En la próxima tabla (tabla 13) se encuentra la composición química promedio de distintos concentrados, los más comúnmente utilizados en el país, en base a alimento tal cual, esto quiere decir en la forma en que se lo suministra a los animales, con su humedad.

Grano	Proteína	EE	Fibra	ENN	TND	Calcio	Fósforo
Cebada	11,6	1,90	5,0	68,2 (+)	74 (91)	0,08	0,42
Maíz	8,5	4,30	2,0	71,8	81(100)	0,02	0,29
Avena	11,8	4,50	11,0	58,5 (+)	68 (84)	0,10	0,35
Centeno	11,9	1,60	2,0	71,8	76 (94)	0,06	0,34
Sorgo	9,0	2,00	2,0	71,6	77 (95)	0,04	0,29
Trigo	12,0	1,7	3,0	70,0	81(100)	0,05	0,36
Promedio	11,0	2,8	4,2	68,2 (***)	76 (**)	0,06	0,34

(\*): todos los valores están dados en %, para granos con su humedad (14-15 %) "tal cual": en equilibrio con el medio ambiente.

(\*\*): los valores entre paréntesis relacionan los valores de TND de todos los cereales con respecto al maíz con valor 100, así la cebada es el 91 % del valor en TDN del maíz.

(\*\*\*): Si separamos los valores de avena (58,5 %+ ) y cebada (68,2 %+), el resto tiene un promedio de 71 % de extractivos no nitrogenados.

**Tabla 13:** Composición química promedio de distintos cereales en porcentaje "base tal cual" es decir con su humedad respecto a proteína, extracto etéreo (EE), fibra, extractivos no nitrogenados (ENN), total de nutrientes digestibles (TND), calcio y fósforo.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Otra manera de presentar los datos de composición química de un alimento y para poder compararlos entre ellos al armar una ración es la presentación de estos datos en base a materia seca, es decir sin su humedad, como los vimos por ejemplo en la tabla 4.

Hasta este punto consideramos el aporte en hidratos de carbono (más fácilmente solubles y fibrosos) y de grasas y aceites (EE) de los concentrados energéticos. A continuación, nos centraremos en el aporte proteico, sus distintas fracciones y contenido de aminoácidos. Esta fracción en el análisis proximal o de Weende se determina con el método de Kjeldahl que implica una digestión ácida de las muestras de alimento con ácido sulfúrico, una destilación y luego una titulación obteniéndose el contenido de nitrógeno de la muestra analizada. Se utiliza como factor de conversión para la generalidad de los alimentos 6,25 que surge de considerar que todas las proteínas tienen un 16 % de nitrógeno y se informa como porcentaje de proteína bruta (PB) o proteína cruda (PC). Quienes analizan un grupo de alimentos exclusivamente (cereales, en el caso de los molineros, por ejemplo), usan el factor específico para cada caso: en el caso de cereales 5,9 (ver tabla 14).

Origen de las proteínas	% de nitrógeno en la Proteína	Factor de conversión
De oleaginosas	18,5	100 / 18,5 = 5,4
De cereales	17,0	100 / 17 = 5,9
De hojas de plantas	15,0	100 / 15 = 6,6
De animales	16,0	100 / 16 = 6,25

**Tabla 14:** Porcentaje de nitrógeno presente en proteínas de origen animal, de hojas de plantas, de cereales y de oleaginosas. Factor de conversión utilizado en el método de Kjeldahl una vez obtenido el contenido de nitrógeno para calcular el porcentaje de proteína bruta en alimentos mencionados.

A pesar de las diferencias, 6,25 es razonablemente satisfactorio, para ser usado como único factor de conversión del valor de nitrógeno al de proteína bruta y es el que utiliza la mayor parte de los laboratorios de análisis en el cálculo para informar proteína bruta.

Para evaluar correctamente el valor proteico de un alimento es importante conocer la digestibilidad de la proteína de ese alimento y su contenido en aminoácidos. Esto es de vital importancia en las raciones de animales monogástricos ya que necesitan un aporte diario de aminoácidos esenciales que no pueden sintetizar y que tienen que obtener de la dieta. Saber solamente el porcentaje de proteína bruta no alcanza para satisfacer correctamente los requerimientos de estas especies porque no se sabe cuánto de esa proteína será digestible ni si está aportando los aminoácidos esenciales en la cantidad adecuada.

Tomando como ejemplo al grano de maíz y de acuerdo con los datos presentados en la tabla 15 se observa que se encuentra compuesto por: 5 % de pericarpio, 82 % de endosperma y 13 % de embrión (total: 100 % del grano). Estas tres partes mencionadas contienen, respectivamente, el 2 %, el 75 % y el 23 % de PB (total 100 % de la proteína del grano). El almidón en este grano está repartido, 98 % en el endosperma y el 2 % en el embrión. Comparando los datos obtenidos con los de los granos de trigo y de sorgo se observan diferencias en la composición y en las estructuras de los mismos. De acuerdo con estos resultados los subproductos de la molienda del trigo tendrán más proteína (el afrecho y el afrechillo)(\*\*), que el rebacillo de maíz. En ambos granos se trata de las capas externas que se separan para obtener el almidón -harinas-. El trigo aporta más afrecho y afrechillo (subproductos) por cada 100 kilogramos de grano que el maíz y el sorgo porque tiene mayor proporción de pericarpio que se extrae para obtener la harina.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Estructuras:	Maíz	Trigo	Sorgo
PERICARPIO: (testa y aleurona)	5,0	15,0	7,9
Almidón	0,00	0,00	4,10
Proteína	2,00	20,00 (**)	6,70
ENDOSPERMA:	82,0	82,2	82,3
Almidón	98,00 (*)	100,00 (*)	82,50 (*)
Proteína	75,00	72,00	74,40
EMBRION:	13,0	3,0	9,8
Almidón	2,00	0,00	13,40
Proteína	23,00	8,00	18,90

(\*) Nótese que el almidón se encuentra principalmente en el endosperma en cambio la proteína está repartida en todo el grano.

**Tabla 15:** Composición y estructura de los granos de maíz, trigo y sorgo.

(+): Cereales: semillas de gramíneas de tamaños suficientemente grandes como para poder manejarlas económicamente. El nombre viene del Latín: “*Cerealia munera*”: regalo de la diosa Ceres. De toda la producción mundial de cereales (excluido el arroz) alrededor del 45 % se destina a la alimentación animal.

Los CE típicos, tienen el 85 a 90 % de los compuestos nitrogenados en forma de proteínas con un promedio de 12 % de proteína, y una variación del 8 al 20 %, de la que el 75 al 80 % es digestible (digestibilidad aparente). La calidad de esta proteína es baja y la lisina es el primer aminoácido limitante; luego lo es la metionina. Esto es importante a tener presente en la elección de un suplemento proteico para aportar los aminoácidos necesarios para cubrir los requerimientos animales. La mayor concentración de proteína se encuentra en el embrión y en el endosperma (aleurona).

Se debe prestar especial atención ya que el contenido de proteína de los CE es el que más influye dentro de los distintos ingredientes de una ración para monogástricos, por la gran cantidad de este tipo de concentrados que se utilizan en el armado de las mismas. Los CE contribuyen con alrededor de un 50 % del total de la proteína de la fórmula. En raciones de terminación los CE pueden constituir un 80 % o más de las raciones.

A continuación, se presenta un ejemplo sencillo de una ración de terminación de cerdos para observar la participación de los distintos ingredientes en la misma:

80 kg de grano de maíz con 8 % de proteína bruta (PB) aportan:  $(80 \times 8 / 100 = 6,40$  kg de proteína)

15 g de harina de soja de 40 % PB aportan:  $(15 \times 40 / 100 = 6,00$  kg de proteína)

5 kg de otros ingredientes (minerales, vitaminas, etc.).

En 100 kg totales de la ración hay 12,4 kg de proteína (ración con 12,4 % de PB)

Los 6,4 kg de proteína aportados por el maíz son  $6,40 / 12,40 = 51,60$  % de la proteína total de la ración.

Los 5 kg de otros ingredientes, que no son ni maíz ni harina de soja, completarán el aporte de nutrientes que los dos macro ingredientes no han satisfecho de los requerimientos de los cerdos en terminación (aminoácidos, si es el caso, minerales y vitaminas).

La estructura de la proteína afecta su solubilidad y su digestibilidad. En los concentrados energéticos de origen vegetal la mayor proporción de las proteínas son globulinas

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

seguido de albúminas y menores cantidades de glutelinas y prolaminas. Por eso en los concentrados hay mejores niveles de los aminoácidos esenciales críticos contenidos en albúminas y globulinas, observar la tabla 16 en donde se ve la distribución de la proteína en los principales CE y en la tabla 17 se ve la solubilidad y digestibilidad de la proteína:

Nombre cereal % de proteína	Albúminas (solubles en agua)	Globulinas (solubles en soluciones salinas)	Prolaminas (*) (solubles en alcohol)	Glutelinas (**) (solubles en álcalis)
Cebada: (10 a 16 %)	3 a 4 %	10 a 20 %	35 a 45 %	35 a 45 %
Avena: (8 a 14 %)	1	80	10 a 15	5
Maíz: (7 a 13 %)	4	3	55	40
Trigo: (10 a 15 %)	3 a 5	6 a 10	40 a 45	30 a 50
Centeno: (9 a 14 %)	5 a 10	5 a 10	30 a 50	30 a 50
Sorgo: (9 a 13 %)	8	8	52	32
Mijo (perla): (13 %)	13	9	40	38
Arroz:(***) (8 a 10 %)	5	10	5	80

(\*) y (\*\*): 80 % de la proteína del maíz, cebada, trigo y centeno, sorgo, mijo y arroz son glutelinas y prolaminas (la "zeína" del maíz es una prolamina, notoriamente baja en lisina y triptofano).  
El requerimiento de energía para sintetizar prolaminas es menor que el requerido para sintetizar albúminas, globulinas y glutelinas y así se ve favorecida en la síntesis de proteína de los granos (excepto en avena y arroz en que sus porcentajes son mucho más bajos: 10 a 15 % y 5 % respectivamente)  
(\*\*\*): se trata de "arroz quebrado" o "de cervecería" que, cuando no se usa en producción de cerveza con más alcohol, es absorbido por los alimentos para animales de compañía o mascotas. Es un grano que no provoca alergias a las mascotas sensibles a los otros granos.  
(\*\*\*\*): Otros trabajos dan valores algo diferentes, pero dentro de las mismas tendencias.

**Tabla 16:** Distribución de las fracciones proteicas como porcentaje del total de las proteínas de los granos de cebada, avena, maíz, trigo, centeno, sorgo, mijo y arroz (\*\*\*\*) (Sniffen *et al.*, 1992).

La avena es una excepción pues tiene mejores valores de globulinas que los otros granos y esto se refleja en sus mayores cantidades de lisina y aminoácidos azufrados de su proteína.

Solubilidad y digestibilidad de la proteína	Alimentos proteína (*)	Proteína soluble	Proteína degradable	Proteína no degradable	Proteína ligada
Maíz quebrado, seco	10 %	12 % (1,2)	30 % (3,0)	70 % (7,0)	6,2 % (0,62)
Maíz espiga, seca	8,8	16	35	65	6,2
Maíz espiga, húmeda	8,8	40	65	35	6,2
Maíz molido, seco	10	12	35	65	6,2
Maíz entero, húmedo	10	40	65	35	6,2
Cebada molida, seca	11,3	35	79	21	2,0
Avena molida, seca	13,5	31	80	20	5,0
Trigo molido, seco	14,6	23	80	20	3,0
Afrechillo de trigo	18,0	40	80	20	1,0

(\*): son valores de proteína bruta; los valores de las proteínas solubles, degradables, no degradables y ligada son porcentajes de la proteína bruta. Los valores que aparecen entre paréntesis en el maíz quebrado muestran las cantidades que corresponden a esos porcentajes respecto de la proteína bruta; entre la proteína degradable y la no degradable suman la proteína bruta total.

**Tabla 17:** Solubilidad y digestibilidad de la proteína del grano de maíz en distintas presentaciones, y granos de cebada, avena y trigo molidos y su subproducto afrechillo molido (Krishnamoorthy *et al.*, 1982).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Es de notar la cantidad comparativamente alta de proteína no degradable o de pasaje (o de “by pass”) del maíz, en comparación con la de los otros granos y del afrechillo y cómo los maíces (grano y espiga) húmedos tienen mayor proteína degradable que de pasaje.

En la tabla 18 se observa la composición en algunos aminoácidos de las proteínas presentes en el grano de maíz:

Aminoácidos	Albúminas: (4 %)	Globulinas: (2 %)	Prolaminas: (zeína) (54 %)	Glutelinas: (40 %)
Lisina	6,30 %	5,90 %	0,10 %	3,00 %
Metionina +cistina	1,80 (**)	2,60	0,50	5,40
Treonina	4,80	4,70	2,70	3,50
Triptofano	0,70	0,90	0,00	0,00
Total de aminoácidos esenciales (*)	42,00(*)	41,20(*)	42,20(*)	42,20(*)

(\*) Los aminoácidos esenciales totales representan el 42-41,20-42,20 y el 42,20 % respectivamente del total de los aminoácidos del grano de maíz y dentro de los valores totales para cada fracción de proteína. La diferencia hasta el 100 % de cada proteína representa a los aminoácidos no esenciales de cada una de ellas y el ácido glutámico es el más abundante entre ellos. Por ejemplo, en las albúminas que son el 4 % de las proteínas del maíz, el 42 % de sus aminoácidos son esenciales. Los aminoácidos críticos dentro de los aminoácidos esenciales demuestran las diferencias de calidad de las distintas fracciones y se observa que las prolaminas son las de menor calidad seguidas por las glutelinas que son intermedias con respecto a las otras dos (albúminas y globulinas) mejor dotadas en aminoácidos esenciales.

(\*\*) Los valores subrayados son los aminoácidos limitantes de cada proteína.

**Tabla 18:** Composición de aminoácidos en las proteínas del grano de maíz (en % del total de los aminoácidos de cada proteína), (Sodek & Wilson 1971)<sup>5</sup>.

Las proteínas de los concentrados energéticos presentan distinta proporción de aminoácidos, en la tabla 19, se presenta la contribución en metionina, metionina+cistina, lisina y treonina en granos de avena, trigo blando, maíz, cebada, sorgo y los subproductos de trigo afrecho y afrechillo:

Concentrado energético:	Número de análisis	Metionina %	Metionina + cistina %	Lisina %	Treonina %
Avena	14	1,62	4,49	3,96	3,26
Trigo blando	19	1,62	3,95	2,84	2,86
Maíz	12	2,14	4,39	2,75	3,59
Cebada	15	1,66	3,95	3,73	3,37
Sorgo	11	1,63	3,36	2,25	3,30
Afrecho/trigo	11	1,43	3,51	3,95	3,18
Afrechillo/trigo	7	1,54	3,51	4,52	3,33

**Tabla 19:** Contribución de los aminoácidos metionina, metionina + cistina, lisina y treonina de las proteínas de algunos de los concentrados energéticos (avena, trigo blando, maíz, cebada, sorgo y los subproductos de trigo afrecho y afrechillo). Valores presentados en gramos por 16 gramos de nitrógeno (AEC 1978).

5 Al comparar el trabajo de Sodek & Wilson (1971) con el de otros investigadores se notarán algunas diferencias que no alteran la tendencia general de todos los trabajos mostrando para este grano el predominio de proteínas de menor calidad respecto de las albúminas y globulinas

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Según las proteínas totales que tengan estos alimentos, los valores de estas tablas definirán (en forma orientativa) las cantidades de cada uno de los aminoácidos presentados. Por eso, aún cuando el maíz tenga valores altos de metionina y treonina en su proteína, otros granos con más proteína total o sea la sumatoria de los cuatro grupos del cuadro (por ejemplo, la avena) rendirán más cantidad de esos y los otros aminoácidos (avena con 11,6 % de proteína o cebada con 11 %, versus maíz con solo 8,5 %).

Por ejemplo:

metionina de un maíz de 8,5 % de proteínas: da  $2,14 \times 8,5 \% = 0,182 \%$

metionina de una avena de 11,6 % de proteínas: será  $1,62 \times 11,6 \% = 0,188 \%$

De este modo, conociendo los valores de proteína de los diferentes alimentos listados se podrán deducir los contenidos de aminoácidos de los mismos.

Las variaciones en los porcentajes de proteína derivadas de la fertilización de los cultivos han hecho que estos cálculos aritméticos no tengan el valor que se les asignaba. Sucede que al fertilizar un cultivo se producen mayores aumentos de unas proteínas que de las otras y las que aumentan no son las mejores en sus contenidos de aminoácidos esenciales. Estos cálculos tienen más valor en semillas de leguminosas que tienen a su favor la simbiosis con bacterias nitrogenadas del suelo, que les suplen de nitrógeno para formar sus proteínas.

Un estudio similar conducido por la FAO presentó, con pequeñas variaciones en los decimales, valores similares, a los que se muestran en la siguiente tabla (tabla 20):

Cereal:	Triptofano	Total de aminoácidos esenciales	Ácido Glutámico	Gramos nitrógeno / 100 gramos de Proteína	Equivalente En proteína (factor: 5,9)
Trigo	1,10	32,80	29,90	2,38	14,04
Maíz	0,60	40,10	18,90	1,52	8,97
Cebada	1,50	35,80	23,60	1,89	11,15
Avena	1,30	37,20	20,90	2,23	13,16
Centeno	0,70	31,60	24,20	2,15	12,69
Sorgo	1,20	38,90	21,7	1,82	10,74

**Tabla 20:** Contenidos de aminoácidos de los cereales, en gramos por 100 gramos de proteína (o por sus 16,95g. de nitrógeno)

La cebada y la avena aparecen como los cereales con mejores valores de triptofano. En cuanto a los valores de “gramos de nitrógeno por cada 100 gramos de proteína”, son los valores del análisis de nitrógeno de cada cereal que, multiplicados por el factor de conversión de nitrógeno a proteína que en los cereales es “5,9” aportan la proteína bruta de cada cereal, en base a materia seca. Por ejemplo, para trigo:  $2,38 \times 5,9 = 14,04 \%$  de proteína bruta. Los valores del aprovechamiento definitivo de estos niveles de aminoácidos se verán afectados por los porcentajes de digestibilidad para cada especie animal que consumirá estos cereales.

El ácido glutámico como ya se mencionó, es el aminoácido (no esencial dietético) con mayor presencia en las proteínas de todos los cereales. La cantidad de nitrógeno no proteico de los granos y sus subproductos es baja.

Respecto al contenido de cenizas y minerales, las cenizas se determinan en el análisis proximal de Weende por calcinación del material seco y molido en una mufla a 525 °C durante tres horas.

El calcio y fósforo están en una relación de 0,15 % de Ca: 0,25 % de P, en lugar de ser 1,5 a 2:1 que requieren la mayoría de los animales y es necesario corregir esta deficiencia en la formulación de las dietas. El fósforo está mayormente en forma de fitatos lo que reduce su aprovechamiento a un 30 % en el caso de los animales monogástricos. Por otra parte, los fitatos tienden a reducir la utilización del calcio y del zinc en el tracto intestinal. En los rumiantes, los fitatos son hidrolizados por las fitasas microbianas liberando inositol y ácido fosfórico (Bondi, 1990).

En la tabla 21 se presenta la composición química de algunos granos de cereales y sus subproductos respecto a su contenido de fósforo total, fósforo inorgánico y fósforo fítico:

Alimento:	Fósforo total	Fósforo inorgánico	Fósforo fítico
Afrecho de arroz	1,45	14 % de 1,45	86 % de 1,45
Maíz	0,28	33	67
Trigo	0,35	24	76
Sorgo	0,35	34	66
Cebada	0,34	46	54
Afrechillo	1,07	22 de 1,07	78 de 1,07

**Tabla 21:** Composición química del afrecho de arroz, granos de maíz, trigo, sorgo, cebada y afrechillo respecto a su contenido de fósforo total, inorgánico y fitatos (Rusoff, 1981)

Al comparar estas cantidades con las de otros cuadros que aparecen en el texto se notarán algunas diferencias que en general interesan al segundo decimal más que al primero, no obstante, hay algunos casos en que afectan también al primer decimal. Son diferencias que se explican por los efectos que puedan tener los tipos de suelo en que se cultivaron, los climas respectivos, cuando no también las variedades analizadas. Lo más notable de estas cifras son las diferencias muy importantes entre el fósforo fítico respecto del fósforo inorgánico, siendo este último el asimilable, sobre todo por los monogástricos. Actualmente se encuentra ampliamente difundida la utilización de fitasas que rescatan una buena parte de ese fósforo no aprovechable y lo hacen disponible evitando el agregado de otras fuentes de fósforo al alimento y también reduciendo la contaminación de suelos y aguas con los excesos de fósforo aportados por las deyecciones de animales criados en grandes concentraciones.

Respecto a las vitaminas, ninguno de los CE tiene cantidades interesantes de vitamina D y, con excepción del maíz, ninguno tiene interesantes cantidades de pro-vitamina A. Todos tienen bastante vitamina E (en el germen) y son relativamente ricos en vitamina B1 (tiamina) pero pobres en B2 (riboflavina).

El trigo, la cebada y el sorgo tienen bastante niacina. El maíz, la avena y el centeno tienen mucho menos niacina, que además no está disponible para aves ni cerdos.

## CALIDAD DE LOS CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

En cuanto a los granos y teniendo en cuenta su contenido de fibra, se los separa en dos grupos: de baja fibra, como el maíz, el trigo, el sorgo el centeno y el triticale. Son granos en los cuales las glumas florales que los envolvían en las espigas se desprenden en la trilla (cosecha) de los mismos. El otro grupo es el de los granos de alta fibra, por ejemplo, los granos de avena, cebada, mijo, moha. En estos granos, las glumas permanecen adheridas luego de ser cosechados.

En adelante se enumeran los principales granos utilizados en alimentación animal indicando sus propiedades nutritivas, consideraciones especiales a tener en cuenta al suministrarlos en distintas especies o al sustituirlos al momento de formular una ración.

### Granos desnudos o de alta energía

**Grano de maíz *Zea mays* (“corn”, para EE. UU. y “maize”, para el Reino Unido y otros países de habla inglesa) (IFN 4-02-948 para maíz flint) (IFN 4-02-935 para maíz dentado)**

El grano de maíz pertenece al grupo de baja fibra y es, entre los cereales, el grano más grande en tamaño. El maíz es de origen americano: las civilizaciones mayas y aztecas lo usaban para consumo humano. (La región original de distribución geográfica del cultivo es una fuente importante de biodiversidad que es esencial para buscar adaptaciones (vía genes), a los distintos ambientes que puede necesitar un genetista).

Hay maíces de 1,5 pies de altura ( $1,5 \times 0,3048 = 0,4572$  m.) y otros de hasta 15 pies (4,57 m.). Localmente en el INTA Pergamino existe un banco de germoplasma para el maíz y para algunas forrajas.

Cristóbal Colón vio como los nativos de lo que hoy es Haití cultivaban maíz para su consumo. Le llamaban Mahiz que en idioma nativo significa “fuente de vida”. Eventualmente fue llevado de América a Europa. Los guaraníes lo llamaban “abatí”.

Los comentarios que siguen se refieren, cuando no se especifica de qué tipo de maíz se trata, al maíz duro o flint o “maíz plata”, como se conoce entre los importadores de nuestro maíz. Hay otros maíces, entre ellos: dentados (amarillo – anaranjado) o diente de caballo; maíz dulce (con dextrina) que se consume como “choclo”; maíz blanco para “locro” y “mazamorra”, entre los más conocidos localmente.

El grano de maíz es el concentrado energético más importante en la alimentación de la mayoría de las especies domésticas. Es el de más baja proteína y el más alto en energía disponible. De acuerdo con los datos presentados por Morrison (1992) en la siguiente tabla (tabla 22) se pueden observar las diferencias en el aporte proteico (tomando el valor 100 para el trigo) y en el energético (tomando como valor 100 al maíz) de distintos concentrados energéticos:

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Grano:	Proteína	Energía neta	Grano	Proteína	Energía neta
Maíz	74 (4°)	100 (1°)	Avena	92 (2°)	88 (4°)
Cebada	91 (3°)	86 (5°)	Centeno	74 (4°)	86 (5°)
Sorgo	92 (2°)	93 (3°)	Trigo	100 (1°)	97 (2°)

Entre paréntesis figuran el orden en que se ubican en relación con el maíz tanto para las proteínas como para la energía.

**Tabla 22:** Comparación en el aporte proteico (tomando el valor 100 para el trigo) y energético (tomando como valor 100 al maíz) de los granos de maíz, cebada, centeno, sorgo, avena y trigo (Morrison, 1992).

¿Cómo calcular la energía metabolizable (EM) del maíz (para aves), en base a materia seca:

$$EM: 3734 + 54 \times (\% \text{ de Aceite})$$

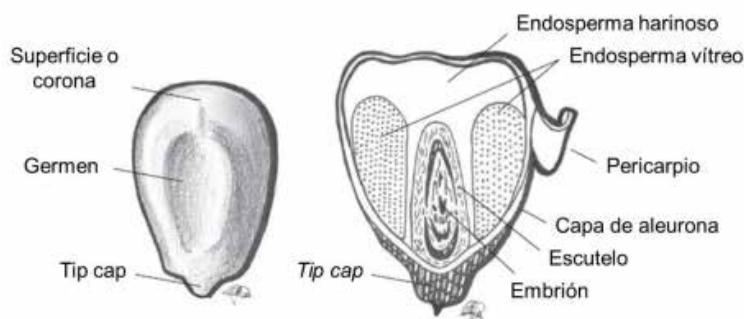
Ejemplo con 3,5 % de aceite:  $3734 + 54 \times (3,5 \%) = 3734 + 189 = 3923 \text{ Kcal/kg}$

Ejemplo con 86 % de materia seca (14 % de humedad) y 3,5 % de aceite:  
 $(3734 \times 0,86) + (54 \times 0,86) \times 3,5 \% = 3211 + (46,5 \times 3,5) = 3374 \text{ Kcal/kg}$

Otro ejemplo con 87 % de materia seca y 6,1 de aceite=  
 $(3734 \times 0,87) + ((54 \times 0,87) \times 6,1) = 3248,6 + (46,98 \times 6,1) = 3248,6 + 286,6 = 3535,2 \text{ Kcal/kg}$

La utilidad de estas fórmulas es dar más precisión a los datos para suministrar al software de formulación de raciones.

A continuación, en la figura 1 se observa un diagrama de la estructura anatómica del grano de maíz:



**Figura 1:** Estructura anatómica del grano de maíz (Arendt & Emanuele, 2013).

El endosperma y el germen forman la semilla junto con la testa, la capa hialina o capa nucelar y la suma de la semilla y el pericarpio (capa tegumentaria y aleurona) forman el “cariopse”.

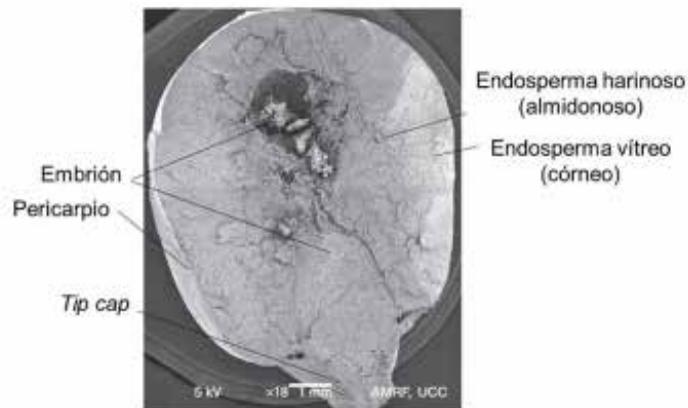
En la tabla 23 se presenta en forma resumida la composición de las distintas partes mencionadas en la figura 1.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

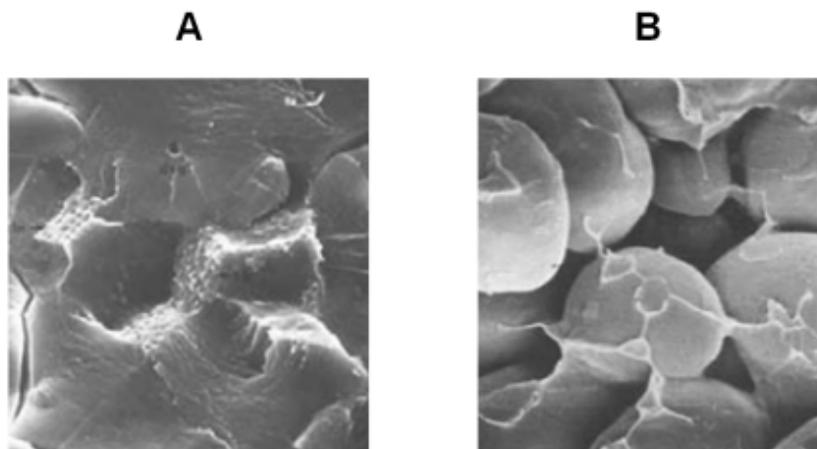
Capa tegumentaria	7 a 10 %	Con celulosa en alta proporción, pobre en proteínas
Capa de aleurona	8 a 12 %	Con proteínas: 20 a 25 %
Endosperma	70 a 75 %	Porción vítrea o córnea, con 88 % almidón y 12 % proteínas. (*)
	25 a 30 %	Porción harinosa u opaca, con 90 % almidón y 6 % proteínas. (*)
Germen o embrión	10 a 12 %	Con grasa 35 a 40 %, proteínas 19 a 20 % y Vitaminas E y del grupo B
(*) Forman la "trama o matriz proteica", del endosperma.		

**Tabla 23:** Partes que componen el grano o cariopse de maíz (Piccioni, 1970).

En la figura 2 y 3 se observan imágenes obtenidas por microscopía electrónica de barrido (SEM) de un corte transversal longitudinal del grano de maíz y con mayor definición el detalle del endosperma vítreo y harinoso del grano de maíz.



**Figura 2:** Fotografía de microscopía electrónica de barrido (SEM) representativa del corte transversal longitudinal de un grano de maíz (Arendt & Emanuele, 2013; Mansilla, 2018).



**Figura 3:** Fotografía de microscopio electrónico de barrido (3000X) del endosperma vítreo (A) y harinoso (B) de maíz (Robutti, 2004; Mansilla, 2018).

En la tabla 24 se observan las fracciones de proteína presentes en el grano de maíz, su porcentaje en la totalidad del grano e información sobre algunos aminoácidos. El ácido

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

glutámico (aminoácido no esencial) es el que interviene en la mayor proporción en la proteína total del grano de maíz, lo que se repite en todos los granos de cereales. El segundo aminoácido con mayor participación es la leucina (no esencial dietético). El triptofano (esencial dietético) es el de menor participación.

Fracciones de la Proteína	% del total En el grano	Rico en: "+" o faltante en: "-"
Albúminas (*)	7	+ (más) lisina y otros aminoácidos esenciales
Globulinas	5	+ (más) lisina y otros aminoácidos esenciales
Prolaminas (**)	52	("x") es la zeína: + glutamina, + prolina, +leucina - (menos lisina, - menos triptofano)
Glutelinas	36	Similar a albúminas y globulinas

(\*): El cuadro de Sniffen, 1992 donde compara las fracciones proteicas del total de proteínas de los granos importantes no da una cifra de albúmina para la proteína del maíz pero coincide, en líneas generales, con Boyer y Hannah, con las otras fracciones. (Ver cuadro de Sniffen en la descripción inicial de los concentrados energéticos).

(\*\*) y (x): La proteína de menor calidad biológica; es la que está en la mayor proporción.

**Tabla 24:** Proteínas del grano de maíz (Boyer & Hannah, 2000).

En la tabla 25 se observa la participación y tipo de fracción proteica en distintas partes del grano de maíz.

Endosperma y germen	96 % de toda la proteína del grano: (78 % + 18 %, respectivamente).
Endosperma	De 78 % de la proteína: pequeñas esferas entre gránulos de almidón 25 % de esos 78 % es glutelina y 25 % x 78 % = 19,50 % 60 % de esos 78 % es zeína (prolamina):60 % x 78 % = 46,80 %. La mayor proporción en la parte córnea del endosperma. El resto son varias cantidades menores
Germen	De 18 % del total de la proteína:(albúminas, globulinas, glutelinas y muy poca zeína (prolaminas)

**Tabla 25:** Proteínas en el germen y en el endosperma del grano de maíz (Shukla & Cheryan, 2001).

Profundizando en la fracción proteica de este grano, se presenta a continuación el coeficiente de digestibilidad de la proteína en diversas especies animales y la composición en aminoácidos, ver tabla 26:

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Coeficiente de digestibilidad de la proteína (%)				
Rumiantes	Porcino	Aves	Conejos	Caballos
62	80	85	65	70

RUMIANTES									
Degradación ruminal N (%)					PDIA	PDIE	PDIN	Lys	Met
a	b	c (%/h)	DT	dr	%			%PDIE	
12	82	4.0	45	90	4.0	7.9	5.6	6.1	2.0

AAs	Composición		PORCINO				AVES	
	%PB	%	DIA <sup>1</sup>		DIS <sup>2</sup>		DR <sup>3</sup>	
			%PB	%	%PB	%	%PB	%
Lys	2.95	0.22	66	0.14	77	0.17	73	0.16
Met	2.07	0.15	83	0.13	87	0.13	90	0.14
Met + Cys	4.29	0.31	78	0.24	85	0.27	84	0.26
Tre	3.56	0.27	70	0.18	83	0.22	82	0.22
Trp	0.78	0.06	60	0.03	80	0.05	80	0.05
Ile	3.40	0.26	77	0.19	87	0.22	88	0.22
Val	4.75	0.35	77	0.27	87	0.30	85	0.29
Arg	4.50	0.33	80	0.26	88	0.29	90	0.30

<sup>1</sup>Digestibilidad ileal aparente; <sup>2</sup>Digestibilidad ileal estandarizada; <sup>3</sup>Digestibilidad real

**Tabla 26:** Coeficiente de digestibilidad de la proteína del grano de maíz en diversas especies y composición en aminoácidos según FEDNA (de Blas Beorlegui *et al.*, 2019).

En condiciones favorables (en zonas maiceras), una hectárea de maíz produce el doble de TND que cualquier otro cereal. Por eso es tan considerado como fuente de energía en las zonas en que su cultivo es posible. Es de gran disponibilidad, inmejorable en el engorde o terminación de las distintas especies domésticas. Posee alrededor de 75 % de almidón, en forma granular, compuesto de amilosa y amilopectina (polímeros de glucosa) y es de muy alta digestibilidad. Buena palatabilidad y muy bajo contenido de factores antinutritivos. Es además el único grano proveedor de cantidades importantes de betacarotenos o provitamina A pero aporta menos que una pastura verde o un heno bien henificado (algunas variedades de sorgo tienen alguna cantidad - menor - que en el maíz y los maíces con endosperma blanco prácticamente carecen de pro-vitamina A). El maíz tiene además xantófilas (pigmentantes) que se aprovechan en aves de postura para dar color a las yemas de los huevos y, en algunas razas y líneas híbridas de aves de engorde, para pigmentar la piel, pico y garras de color amarillo anaranjado como lo piden algunos mercados.

Tiene un nivel alto de niacina (B1) pero por estar ligada no está disponible para monogástricos. El maíz aporta una gran cantidad de energía a la dieta debido a su aporte en almidón y en aceite (es una buena fuente de ácido linoleico). Debido a esto es un grano especialmente indicado para el engorde o terminación sobre todo de pollos parrilleros (por su energía y factor de pigmentación de la piel). También se puede utilizar en el engorde y terminación de cerdos y otros animales con la precaución de limitar su uso en terminación para evitar las grasas blandas.

La zeína, que es la proteína que el maíz tiene en mayor proporción, es deficiente en lisina y triptofano y, si no se balancean bien estas deficiencias, produce cerdos o pollos faltos de desarrollo. En los llamados “chanchos de chacra”, alimentados casi exclusiva-

mente a maíz, se nota la mala formación ósea y muscular por deficiencias del maíz en minerales (calcio, sobre todo) y aminoácidos (sobre todo de lisina y triptofano ya mencionados). Se observan animales con huesos finos, de cuerpo corto y redondos de grasa.

Existen distintos tipos de maíces que presentan una estructura físico-química del almidón que los diferencia, por ejemplo el tipo flint, cristalino, o duro ideal para exportar, por la resistencia del grano al manipuleo en el almacenaje, movimientos en silos y transporte. Por su dureza se conserva durante más tiempo y es más resistente a la acción de los insectos que lo pueden afectar.

Otro tipo es el maíz dentado, presenta un grano más blando que el “duro o flint”. Parte del almidón es coriáceo y parte harinoso. También se lo llama maíz amarillo, maíz americano o maíz diente de caballo por la hendidura en su parte superior, bien visible cuando aún está en la mazorca. Produce una cantidad no deseable de grano quebrado y polvo y es más fácilmente atacable por gorgojos y otros insectos.

El valor nutricional del grano de maíz varía en función del tipo de endosperma. El medio ambiente afecta el contenido de nutrientes, consecuentemente la energía metabolizable no sólo depende de su genotipo sino también de las características del medio: suelo, clima, manejo, enfermedades. (Mansilla, 2018)

En la figura 4 se presentan los principales maíces producidos en la Argentina con algunas de sus características.

**Tabla 1.2.** Principales maíces especiales producidos en Argentina

Tipo		Raza/endosperma	Industria/ usos
<b>Duros o Flint (incluye maíz Plata)</b>		Cristalino Colorado	Molienda seca (polenta, cereales, alimento para animales)
<b>Pisingallo o Tipos reventadores</b>		Endospermo vítreo, muy duro	Palomitas de maíz ( <i>popcorn</i> )
<b>Dentados</b>		Se destaca la raza Dentado Amarillo entre los maíces nativos	Molienda húmeda (alcohol, almidones, jarabes de fructosa, entre otros)
<b>Harinosos</b>		Se destacan en la zona de altura del NOA las razas Capias, y en zonas bajas del NOA y NEA, la Abatí Morotí	Consumo fresco (choclo), elaboración de diversas comidas tradicionales basadas en harina de maíz
<b>Maíces de Alto Valor (MAV)</b>		Asociación varietal que produce mayor contenido de aceite y proteína en el grano.	Industria avícola y porcina

Fuente: Adaptado de Gear (2010)

**Figura 4:** Principales maíces producidos en la Argentina (Mansilla, 2018).

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

A continuación, en las tablas 27 y 28 se observan el contenido de proteína bruta, aminoácidos totales, el coeficiente de digestibilidad verdadera y el contenido de aminoácidos digestibles en base a materia seca de maíz “flint”, semidentados y dentados, obtenidos partir de trabajos realizados en INTA Pergamino y de Concepción del Uruguay.

Maíz “flint” (% base MS)	Treonina	Cistina	Metionina	Lisina	Proteína %	
Aminoácidos totales	0,42 (*)	0,24	0,29	0,25	10,18	
Coeficiente de digestibilidad	87,0 %	94,3 %	95,0 %	85,8 %		
Aminoácidos digestibles	0,37	0,22	0,28	0,21		

Maíz semi-dentado (% base MS)	Treonina	Cistina	Metionina	Lisina	Arginina	Proteína %
Aminoácidos totales	0,32	0,19	0,21	0,23	0,51	9,48
Coeficiente de digestibilidad	84,6	93,5	92,4	94,5	94,5	
Aminoácidos digestibles	0,27	0,18	0,20	0,22	0,48	

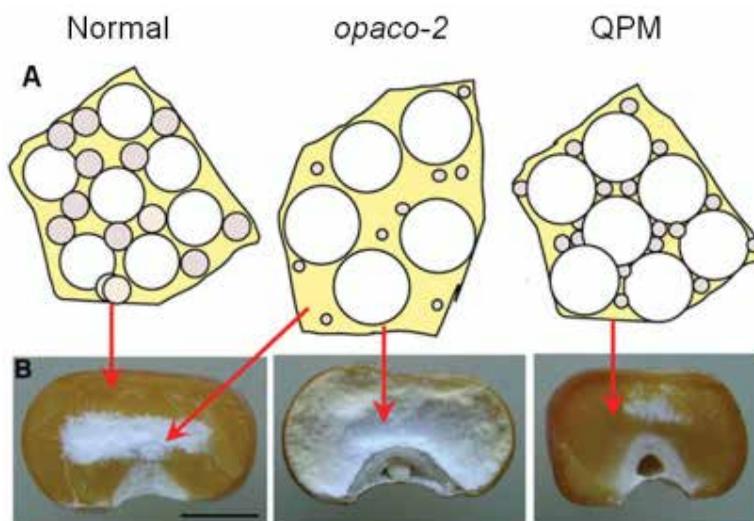
  

Maíz dentado (% base MS)	Treonina	Cistina	Metionina	Lisina	Arginina	Proteína %
Aminoácidos totales	0,34	0,16	0,19	0,25	0,43	8,23
Coeficiente de digestibilidad	80,0	83,1	94,4	86,4	90,3	
Aminoácidos digestibles	0,27	0,13	0,18	0,21	0,39	

(\*): Ejemplo: en este cuadro el porcentaje del total de treonina es 0,42; su digestibilidad es del 87 % y la cantidad de treonina digestible es de 0,37= 0,42 x 87 %.

**Tabla 27:** Digestibilidad verdadera de aminoácidos de maíz duro o “flint”, maíz semi=dentado y dentado (valores en base a materia seca (Iglesias *et al.*, 2019).

Durante el siglo XX se identificaron varias mutaciones naturales de genes en plantas de maíz que aportan mayores niveles de lisina y triptófano, como son el opaco-2 (o2), fluory2 (fl2), opaco-7 (o7), opaco-6 (o6) y fluory-3 (fl3) entre otros. En el maíz opaco-2 se ve limitada la síntesis de zeína, aumentando el contenido de las otras fracciones proteicas. Esto genera una matriz proteica más delgada con una distribución de aminoácidos diferente, lo que se traduce en la duplicación del contenido de lisina y triptófano permitiendo que el valor nutricional de este maíz sea superior al maíz normal. El nuevo maíz opaco-2 de características mejoradas fue denominado QPM (maíz de alta calidad proteica) (Holding, 2014).



**Figura 5:** Estructura del endosperma de genotipos de maíz normal, *opaco 2* y *QPM*. A: representación esquemática de la disposición de los gránulos de almidón y cuerpos proteicos de zeínas. B: cortes transversales de los granos maduros indicando la proporción de endosperma vítreo y harinoso según el tipo de grano (Holding, 2014).

*Los términos “varía” y “depende” son partes del diálogo agropecuario. Las variaciones en los valores dependen de factores que los hacen cambiar. Así es la biología y más cuando transcurre a la intemperie.*

#### **Maíz dulce (*sweet corn*) (IFN 4-07-955)**

Se cultiva especialmente para consumo humano. Es el maíz para choclos que tiene una proporción alta de dextrinas (otro polímero de la glucosa) en lugar de almidón.

Lo siguiente es aplicable para todas las clases de maíz:

En relación con los promedios de los datos de análisis químicos conocidos presentes en tablas de composición de alimentos o en programas digitales de racionamiento, los análisis de muestras individuales (de un determinado lote producido en el campo) pueden estar sujetos a variaciones. Estas variaciones deben ser tenidas en cuenta y pueden deberse a la influencia de la variedad cultivada, fertilidad del suelo, forma y época de cultivo y de cosecha, presencia de plagas, enfermedades y malezas en el cultivo, temperatura y ocurrencia de lluvias, como ya se mencionó.

La inclusión de grano de maíz al formular una ración eleva apreciablemente la energía, baja la proteína total, el calcio, el fósforo, la niacina y el manganeso. La calidad de la proteína no aporta importantes aminoácidos esenciales para las dietas de animales monogástricos.

La proteína del maíz varía entre un 8 y 11 %, en cambio en la avena y la cebada el rango es más amplio entre un 8 y un 20 %. La variación que parece más pequeña en el caso del maíz puede tener un impacto mayor porque se utiliza este grano, en mayor proporción en las raciones. Para ejemplificar esta diferencia, tomemos el caso de un maíz de 8 % de proteínas y otro de 11 %.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Con un maíz de 8 % PB, mezclado con un suplemento comercial de 35 % de PB, para formular un alimento para vacunos (por ejemplo) de 15 % de PB, se necesita 25 % de suplemento comercial. En cambio, si el maíz es de 11 % de proteínas y usando el mismo suplemento comercial, la cantidad de suplemento para cumplir con el 15 % de la ración requerida, será de 17 % lo que es una participación de 9,3 % menor que el 25 % para el maíz de 8 % de PB. Seguramente con un costo menor ya que el suplemento es de los más caro de la ración. Lógicamente si se trata de formular una ración para cerdos o para aves habrá que hacerlo por aminoácidos en lugar de por contenido de proteínas y la diferencia no será la misma, pero, aun así, habrá una diferencia importante por la distinta contribución de proteínas y aminoácidos de ambos alimentos (ver tabla 28).

Componente	Maíz de 8 %PB		Maíz de 11 %PB	
Cantidad de maíz	75 % x 8=	6 %	83 % x 11 =	9,13 %
Suplemento proteico	25 % x 35=	8,75	(*) 17 x 35 =	5,95
Ración	100	14,75 %	100	15,08 %
(*) : el 17 % de suplemento proteico con maíz de 11 % de proteína bruta (PB) es de 8 kg menos que los 25 % de la ración con maíz de 8 % de proteína lo que representa el 32 % (8 kg x 100 / 25 = 32) menos de suplemento que el 25 % usado para suplementar el maíz de 8 % de proteínas.				

**Tabla 28:** Contribución de proteínas en el armado de raciones utilizando grano de maíz de diferentes porcentajes de proteínas bruta.

Dentro de los concentrados energéticos, el grano de maíz es el que mayor energía aporta, excluyendo a las grasas (vacuna principalmente) y los aceites animales (de pollo y de pescado) y vegetales (de semillas oleaginosas principalmente).

El grano de maíz es un ingrediente muy utilizado en amplias zonas del país en la alimentación de ganado vacuno para con relativamente poca cantidad (debido a su elevado aporte de calorías por kilogramo) cubrir el déficit de energía que pudiera producirse dependiendo de la producción de la que se trate y de la oferta forrajera que se ofrezca.

El % de aceite presente en el grano de maíz permite que al suministrarlo molido no se levante polvo en exceso en los comederos que desagrada a los animales. Además, la presencia de este aceite le da más palatabilidad cuando la molienda es reciente. Cuando el grano ha sido molido entre siete y diez días antes de su uso y especialmente durante el verano, existe un serio riesgo de suministrarlo rancio lo cual además de restarle palatabilidad muestra un indicio de haber perdido parte de su aporte de caroteno y xantófilas y parte de las calorías provenientes de la porción de aceite oxidada. Su aceite es una buena fuente de ácido linoleico que es un ácido graso esencial.

En la tabla 29 se presentan los resultados de un ensayo llevado adelante hace muchos años pero que muestran de un modo muy claro cómo las reservas de energía más importantes (almidón y aceite) son las últimas en acumularse luego que las otras partes del grano se han formado. Una influencia externa (sequía, heladas, entre otras) puede interrumpir la acumulación de estas fuentes de energía y resultar en un grano disminuido en su valor alimenticio. Los maíces de ciclo corto en general suelen presentar algo más de proteínas y menor porcentaje de almidón que los híbridos de ciclo largo. Podría deberse a que les falte tiempo para acumular todo el almidón que los maíces de ciclo largo pueden acumular.

Esto que se registra en el grano de maíz, se reproduce en todos los granos. Notar también que con 23,40 % de humedad (76,60 % de materia seca), el grano ya está maduro (madurez fisiológica) y de ahí en más sólo necesitará reducir su humedad para cosecharlo con menor gasto de secado artificial.

Nutriente:	Estado lechoso	Pastoso temprano	Medio pastoso	Grano maduro
Materia seca	20,90 %	35,70 %	55,50 %	76,60 %
Proteína bruta	16,60	12,50	10,70	10,90
Extracto etéreo	3,00	4,00	4,80	4,90
Fibra bruta	5,40	3,50	2,50	2,10
Cenizas	2,80	2,30	1,70	1,50
Extractivos no nitrogenados	72,20	77,90	80,30	80,60
Almidón	47,40	55,00	58,70	63,70
Constituyentes de la pared celular	27,70	24,60	16,30	13,90
Libra/bushel (*)	35,0(15,9kg)	47,1(21,4kg)	55,1(25kg)	58,0(26,3kg)

(\*): Esta medida de peso por volumen, de uso en EE. UU., se agrega para mostrar el progreso en el peso del grano en su desarrollo hasta su madurez. Para el almidón en "estado lechoso" cada bushel (bu.) pesa 35 lb: libras. El bushel tiene 28,375 litros. Las 35 lb. son:  $35 \times 0,4536\text{kg} = 15,875 = 15,89\text{kg}$ . El bushel del "grano maduro" pesa:  $58 \times 0,4536 = 26,3\text{ kg}$ .

**Tabla 29:** Análisis proximal, contenido de almidón y de pared celular del grano de maíz en cuatro etapas de maduración, expresados en base a materia seca (Thornton *et al.*, 1969).

*Una alegría compartida es una doble alegría; un dolor compartido es medio dolor.*  
**Proverbio sueco**

En los mercados y con el correr de los años han ido surgiendo nuevos maíces con "mayor valor agregado" para diferenciarlos del grupo de los considerados "commodities" (término que identifica a los "productos primarios") y así, ser identificados como especiales y lógicamente con un mayor valor comercial. Existe una euforia contagiosa en el ambiente de las novedades en este terreno y algunas expectativas se van concretando aparte de las ya mencionadas en párrafos anteriores como floury, opaco y QPM. Una de ellas es la de maíces con mayor contenido de aceite (HOC) o alto oleico (siendo este su valor agregado) y como ese aumento se refleja en un germen más grande, se altera la relación endosperma: germen). Presenta un beneficio adicional en alimentación ya que posee un mayor contenido de aminoácidos esenciales, porque la calidad de la proteína del germen es mejor que la del resto del grano. (La interpretación del término "commodity" dice corresponder a "un artículo de comercio o de consumo, aplicado generalmente a los de primera necesidad, mercancía o mercadería". En cuanto al "valor agregado", los granos son específicamente elegidos – seleccionados -, diseñados y cultivados para cubrir mejor las necesidades de grupos específicos de clientes.)

El maíz, entonces, a través de sus variedades modernas, se está convirtiendo en productos especializados con características intrínsecas valoradas por los procesadores finales y los usuarios. Es mayormente, el resultado del trabajo de la ingeniería genética que reestructura el negocio de las semillas.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Nutrientes	Maíz convencional	Maíz alto % de aceite
Humedad	14,00 %	14,00 %
Grasa	3,60 %	6,50 %
Proteína	7,90 %	8,40 %
Fibra	2,00 %	2,20 %
Cenizas	1,00 %	1,10 %
Energía metabolizable	3388 kcal/kg	3553 kcal/kg

**Tabla 30:** Composición nutricional de grano de maíz con alto porcentaje de aceite comparado con grano de maíz dentado convencional (Engelke, 1997; Thomison *et al.*, 2003).

Aminoácidos	% en el grano convencional	% en su proteína	% en el grano c/ "valor agregado"	% en su proteína
lisina	0,25	3,20	0,29	3,40
metionina	0,17	2,10	0,20	2,90
metionina+ cistina	0,37	4,70	0,40	4,80
arginina	0,39	4,90	0,44	5,20
treonina	0,29	3,70	0,32	3,80
triptofano	0,06	0,84	0,07	0,86

**Tabla 31:** Análisis comparativo de los aminoácidos de grano de maíz con alto porcentaje de aceite "con valor agregado" comparado con grano de maíz dentado convencional (Engelke., 1997; Thomison *et al.*, 2003).

Ácidos grasos	Maíz "convencional"	Maíz con valor agregado
Ácido palmítico	0,55 % (15 % de 3,60 %) (1)	0,79 % (12 % de 6,50 %) (2)
Ácido esteárico	0,07 % (2 %) (3)	0,20 % (3 %)
Ácido oleico	0,91 % (25 %)	2,37 % (36 %) (4)
Ácido linoleico	2,07 % (57 %)	3,22 % (49 %) (4)
Ácido linolénico	0,04 % (1,17 %)	0,07 % (1,1 %)

(1): El maíz convencional analizado tenía 3,6 % de aceite; el 15 % de ese aceite es ácido palmítico y eso significa 0,55 % de ácido palmítico en el peso del grano)  
 (2): El maíz con valor agregado tiene 6,50 % de aceite de maíz; el 12 % de ese 6,50 % es ácido palmítico lo que resulta en 0,79 % de ácido palmítico en el grano.  
 (3): El 2 % del 3,60 % del total del aceite es ácido esteárico = 0,072 % y el 3 % de 6,50 es 0,195~0,20 %.  
 (4): Son dos de los ácidos grasos esenciales que están en porcentajes superiores a los del maíz convencional.

**Tabla 32:** Análisis comparativo de los ácidos grasos de grano de maíz con alto porcentaje de aceite "con valor agregado" comparado con grano de maíz dentado convencional, valores expresados base tal cual con granos con 13 % de humedad (Engelke, 1997; Thomison *et al.*, 2003).

De acuerdo con trabajos realizados en la Universidad de Georgia (EE. UU.) es posible estimar mediante el contenido de aceite del grano la energía metabolizable (EM) en base a materia seca (Dale, 1996):

$$EM = 3734 + [54 \times (\% \text{ de aceite})].$$

Ejemplo: un maíz con 3,5 % de aceite:  $3734 + (54 \times 3,5) = 3734 + 189 = 3923 \text{ Kcal/kg}$

Ejemplo para un maíz de 14 % de humedad (86 % de MS) y 3,5 % de aceite:

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

$$(3734 \times 0,86) + [(54 \times 0,86) \times 3,5] = 3211 + (46,5 \times 3,5) = 3211 + 163 = 3374 \text{ Mcal/kg}$$

Ejemplo de un maíz con 13 % de humedad = 87 % de MS), y 6,1 % de aceite:

$$(3734 \times 0,87) + \{54 \times 0,87\} \times 6,1 = 3248,58 + (46,98 \times 6,1) = 3248,58 + 286,58 = 3535,16 \text{ Kcal/kg}$$

(La diferencia en un punto de humedad, de 14 a 13 %, significó 31 Kcal/kg más de EM en el maíz =  $35,35/13 - 33,74/14$ ).

Es muy importante evaluar la composición química del grano de maíz ya que, como se mencionó anteriormente, su participación en la dieta es porcentualmente significativa, sobre todo en las dietas de terminación (ver tabla 33).

Alimentos:	Proporción en peso que intervienen en una fórmula típica	Participación de cada alimento en la integración de las 3100 Kcal/kg de la dieta
Maíz	66,0 %	70,0 %
Harina de soja	25,0 %	20,0 %
Grasa animal	2,0 %	5,0 %
Harina de carne	4,0 %	3,0 %
Total:	97,0 %	98,0 %

**Tabla 33:** Ejemplo de la fórmula de una dieta para pollos parrilleros mencionando los alimentos, su proporción en peso y aporte energético en porcentaje en una dieta de 3100 Kcal/kg que aportan energía: (Dale, 1990).

El 97 % en peso de los ingredientes aportan el 98 % de las 3100 Kcal/kg de la fórmula y el maíz aporta el 70 % de esa cantidad. El 3 % restante lo cubren las vitaminas y minerales principalmente.

Se debe prestar especial atención respecto a las condiciones de almacenamiento del grano. La presencia de humedad y temperatura pueden favorecer el calentamiento del material, el enranciamiento y el crecimiento de hongos y aparición de micotoxinas. Todo esto trae aparejado el deterioro del material almacenado, la pérdida del valor nutritivo y la toxicidad debido a las micotoxinas.

Se debe evaluar el contenido de humedad a cosecha y luego realizar un correcto seguimiento del porcentaje de humedad y la temperatura en el lugar de almacenamiento para prevenir estas alteraciones y la producción de micotoxinas.

Para poder comparar/valorar granos con distintos porcentajes de humedad se obtiene primero la tasa de conversión entre el grano con humedad habitual y el grano a comparar de alta humedad. Ej. comparar maíz condiciones según condición de comercialización "cámara" con 14 % de humedad y otro con 30 % de humedad. Se divide la materia seca más alta por la más baja: en este caso:

$$86 \% (14 \% \text{ de humedad}) / 70 \% (30 \% \text{ de humedad}) = (86/70) = 1,229.$$

Usaremos esta tasa de conversión para las humedades mencionadas. Si el precio del grano de maíz fuera \$ 200 la tonelada (valor arbitrario a modo de ejemplo), cuánto se puede pagar por un maíz de 30 % de humedad? Para averiguarlo se divide el precio del maíz de más materia seca por la tasa de conversión:

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

$200/1,229 = 162.7\$$  (en lugar de 200\$).

(\*): Esto es extrapolable a los valores reales de mercado

La madurez fisiológica del grano se logra cuando ya no recibe agua ni nutrientes de la planta. Se puede observar cuando al desprender el grano del marlo se ve en la base del grano una capa de “células negras” o “de absición”. Estas células al estar muertas cortan el movimiento de agua y nutrientes al grano. Desde ese momento el grano sólo perderá humedad (desde un 30 % de humedad en ese momento de madurez fisiológica) hasta el momento de cosecha.

Si se cosecha la espiga entera, la humedad para cosechar aumentará en aproximadamente cinco puntos; se molerá y se ensilará. Usando los mismos valores de conversión y ante una oferta de maíz de 30 % de humedad, por ejemplo, a \$ 190, cuál sería el precio equivalente de maíz en condiciones “cámara”:

En este caso (ver la tabla 34 a continuación) se multiplicará el precio del maíz de alta humedad por la tasa de conversión:  $\$190 \times 1,229 = \$233,5$ , lo cual indicaría que el maíz de alta humedad se está ofreciendo a un precio ventajoso para compararlo.

Humedad del maíz (en %)	Kilogramos de grano para igualar 100 kilogramos de “grano seco” (con 14 % de humedad condición comercialización)
14 % (86 % de materia seca)	100 kg
15 % (85 %MS)	101,20 kg ( $86 \times 100 / 85 = 101,2$ kg) (*)
16 % (84 %MS)	102,40 kg ( $86 \times 100 / 84 = 102,4$ kg)
17 % (83 %MS)	103,60 kg
18 % (82 %MS)	104,90 kg
19 % (81 %MS)	106,20 kg
20 % (80 %MS)	107,50 kg
21 % (79 %MS)	108,90 kg
22 % (78 %MS)	110,30 kg
23 % (77 %MS)	111,70 kg
24 % (76 %MS)	113,20 kg
c/25 % (75 % de MS) (x)	114,70 kg ( $86 \times 100 / 75 = 114,70$ kg) (**)
c/26 % (74 %)	116,20 kg
c/27 % (73 %)	117,80 kg
c/28 % (72 %)	119,40 kg
c/29 % (71 %)	121,13 kg
c/30 % (70 % de MS)	122,90 kg
(*) Se divide el porcentaje de MS del maíz de 14 % de humedad por el % de MS del maíz cuya humedad se eligió cosechar.	
(**) Se divide el 75 % de MS por 86 kg de MS del maíz de 14 % de humedad = $87,20 \% = \%$ del precio del maíz de 14 % que vale el maíz de 25 % (x).	

**Tabla 34:** Cantidad de grano de alta humedad requerido para igualar 100 kg de grano de 14 % de humedad (estándar de comercialización) (Jurgens *et al.*, 2014).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Bajar la humedad a menos de 13 % genera granos quebradizos que aumentan el porcentaje de grano dañado en cada movimiento mecánico de ese grano. El pericarpio actúa como una barrera natural frente al ataque de hongos, pero esto no ocurre si se resquebraja por exceso de secado (puede suceder más por descuido que deliberadamente por el costo de combustible que significa). Se va a generar también más cantidad de polvo del grano (fino y muy volátil) con desprendimiento de almidón y otros nutrientes que se deterioran por el contacto con el aire y hacen más difícil mantener la calidad en el almacenaje. Este polvo dificulta la circulación de aire que se hace en los silos para evitar la condensación de humedad y contribuye a crear focos de calor donde se acumula.

Análisis	Maíz grano seco	Maíz grano húmedo
Materia seca	88,0 %	72,0 %
Proteína bruta	10,0 %	10,0 %
Proteína de pasaje (by pass)	50,0 % del 10 %	45,0 % del 10 %
TND	85,0 %	88,0 %
Energía neta de lactancia	1,962 Mcal/kg	2,050 Mcal/kg
Fibra detergente neutro	9,0 %	9,0 %
Fibra detergente ácido	3,0 %	3,0 %
Carbohidratos no fibrosos	75,1 %	75,1 %
Extracto etéreo	4,3 %	4,3 %

**Tabla 35:** Valores comparativos de algunos análisis de maíz grano seco (12 % de humedad) y maíz grano de 28 % de humedad (Hoffman *et al.*, 2012).

Lo que pasa con el maíz sucede también con los otros granos. Al mover los granos y descargar los silos se va acumulando ese polvo de granos que tiene algún valor alimenticio. Se lo llama “aspiración de polvo de granos” (grain dust) y un análisis orientativo es el siguiente (ver tabla 36):

Nutrientes:	Esperado	Variación	Nutrientes	Esperado	Variación
Proteína	9,20 %	5 a 12 %	Fósforo	0,16	0,08 a 0,28
Grasa	1,50	0,80 a 1,80	Humedad	10,50	8,50 a 13,00
Fibra	8,10	5 a 24	Cenizas	10,50	5 a 15
Calcio	0,34	0,15 a 0,90	Cenizas(x)	-	Máximo 15 %

(x): el máximo es de 15 % porque la mayor parte de la misma, es tierra. Es un ingrediente peligroso: es muy explosivo y debe manejarse teniendo esto en cuenta. Debe, también, analizarse por pesticidas y, con la lupa (empleando técnicas de microscopía de los alimentos), verificar la presencia de cuerpos extraños, insectos, de cada embarque.

**Tabla 36:** Análisis orientativo de aspiración de polvo de granos.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Especie:	Materia seca %	Proteína Bruta %	Extracto etéreo %	Fibra Bruta %	Calcio %	Fósforo %	TND %	Cenizas %
Polvo maíz	89	7,0	2,0	6,0	0,20	0,14	65,0	7,0
	100	7,9	2,2	6,7	0,22	0,16	73,0	7,9
Maíz <sup>**</sup>	89	8,7	3,8	2,0	0,02	0,30	80,0	1,2
	100	9,8	4,3	2,2	0,02	0,34	89,0	1,3
Polvo trigo	89	10,0	2,0	17,0	0,51	0,27	64,0	14,0
	100	11,2	2,2	19,1	0,57	0,30	71,9	15,7
Trigo <sup>**</sup>	89	11,0	1,7	2,5	0,05	0,32	79,0	1,7
	100	12,4	1,9	2,8	0,06	0,36	88,8	1,9

**Tabla 37:** Análisis orientativo de “polvo” de algunos granos comparados con sus granos de origen o madres <sup>\*\*</sup>, expresados en porcentaje.

El polvo de granos se genera en los distintos movimientos que sufren los granos en elevadores, caídas en silo, en medios de transporte y todos los movimientos de manejo a los que son sometidos. Partículas de los granos se van desprendiendo por los roces y los impactos que sufren. Sus análisis químicos tienen algunas semejanzas con los granos de los cuales proceden y algunas diferencias con los mismos. Estas derivan de la proporción de las partes de los granos que, por abrasión, se desgastan más (las coberturas que son más fibrosas) y de la mayor o menor participación de tierra que se refleja en los valores de cenizas que acumulan estos polvos de granos. Cuanto más cercano al punto de cosecha de los granos sea el de la recolección del polvo de los mismos, más influirá la cantidad de tierra o sea su contribución de cenizas en el análisis, pero por otro lado menor serán los efectos de la oxidación de los nutrientes menos expuestos al aire.

Especie	Materia Seca	Proteína Bruta	Extracto etéreo	Fibra bruta	Calcio	Fósforo	TND	Cenizas
Sorgo polvo	90	7,0	4,0	11,0	0,23	0,29	62,0	10,0
	100	7,8	4,4	12,2	0,26	0,32	68,9	11,1
Sorgo grano	90	9,8	2,8	2,4	0,03	0,30	78,0	2,0
	100	10,9	3,1	2,7	0,03	0,33	86,7	2,2
Soja polvo	92	11,5	2,2	11,0	0,70	0,26	67,0	21,0
	100	12,5	2,4	12,0	0,76	0,28	72,8	22,8
Soja grano	92	38,0	18,0	5,3	0,25	0,60	84,0	5,0
	100	41,3	19,6	5,8	0,27	0,65	91,3	5,4

**Tabla 38:** Análisis orientativo, expresado en porcentaje, de polvo de sorgo y de soja comparados con sus granos madres (Macgregor, 2000).

Junto con el aumento de fibra y de cenizas, hay una disminución de los valores de energía de estos polvos de granos (alrededor de 2600–2700 versus 3400 Mcal/kg de energía metabolizable en aves para el maíz grano) y, según los casos, algunas otras diferencias (calcio y fósforo, por ejemplo).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Alimentos:	Fibra bruta %	TND %	EN mantenimiento Mcal/kg	EN ganancia Mcal/kg	EN lactancia Mcal/kg
Polvo de granos	11,0	73,0	1,697	1,058	1,653
Afrecho de trigo	11,0	70,0	1,609	0,970	1,565
Avena grano	10,0	76,0	1,785	1,146	1,719

**Tabla 39:** Valores de fibra y energía neta (mantenimiento, ganancia, lactancia de polvo de granos comparados con afrecho de trigo y grano de avena expresado base materia seca (Preston, 2016).

Los valores son cercanos y dan idea de las posibilidades de aprovechamiento del polvo de granos en la alimentación de rumiantes también. Se impone el análisis de proteína, fibra y cenizas de posibles partidas de uso de polvos de granos pues pueden, además, ser de resultantes de la mezcla de varios granos. La densidad de estos polvos es de hasta 2,5 veces inferior a la de los granos originales y su uso se puede formalizar incorporado a materiales forrajeros a ensilar (una buena forma de agregar hidratos de carbono solubles para mejorar la rápida fermentación acética) o a raciones de “granos” arbitrando alguna forma de disminuir el efecto de su molienda muy fina. La presentación en comprimidos (“pellets”) anula el efecto negativo del polvo y mejora su densidad.

Teniendo presente que estos polvos de granos pueden no ser “frescos” o de acumulación en el tiempo, donde se producen, su uso es más indicado para animales adultos que pueden tolerar mejor el deterioro de calidad que pueden haber sufrido, sobre todo por oxidación por exposición al aire.

Todos los granos son deficientes en calcio y el maíz es especialmente deficiente: 0,02 %. Es decir que un kilogramo de grano de maíz tiene sólo 0,2 gramos de calcio (una tonelada de maíz aporta sólo 200 gramos de calcio<sup>6</sup>). En cambio, una tonelada de heno de alfalfa aporta quince kilogramos de calcio y una tonelada de harina de carne de 55 % de proteínas aporta 105 kg de calcio.

El grano de maíz se puede suministrar seco (con alrededor de 14-15 % de humedad), húmedo (con alrededor de 20 a 30 % de humedad) y en espiga (en este caso para rumiantes y para caballos y para ambos grupos de especies, molidos la espiga y el grano). El grano de alta humedad (cosechado con 25 a 30 % de humedad) o el grano seco al que se le agregó agua hasta humedecerlo al mismo nivel de humedad que si se hubiera cosechado con alta humedad, son de mejor digestibilidad y eficiencia alimenticia para vacunos que el grano suministrado seco.

En los casos de granos secos o húmedos, también conviene suministrárselos molidos, aunque en algunos casos puede dárselos enteros sobre todo si se trata de maíz amarillo -dentado lo cual ampliaremos en la alimentación de esos casos particulares. En animales adultos (vacunos) el consumo de grano de maíz seco entero hace que entre el 18 y 35 % de lo ingerido pasa por el aparato digestivo sin masticar y con poca o nada de digestión de sus nutrientes.

En base a la materia seca, la ganancia diaria es igual para grano con alta humedad y con grano seco, pero la eficiencia es mejor (alrededor de un 5 % mejor) con grano húmedo. Lo mismo sucede con la espiga húmeda molida respecto de la espiga seca molida con hasta 10 % de mejora en la eficiencia. Los rumiantes logran un muy buen aprovechamiento

<sup>6</sup> esta cantidad muy baja de calcio se hace más notable cuando se compara la contribución de una tonelada de maíz con los 80+ kg de proteína y más de 800 kg de extractivos no nitrogenados los cuales son en su mayoría de almidón, por esos 1000 kg de grano).

to del marlo de las espigas cuando se suministra junto con los granos (todo molido). Los usos del grano de maíz son tan generales que no es necesario abundar en ello y además lo haremos al tratar cada especie animal en particular. Al adquirir una partida de maíz debe analizarse como mínimo su contenido de materia seca/contenido de humedad. Evaluar su olor (libre de rancidez, de olor a moho) y ver su color y aspecto (sin presencia de granos dañados, rotos, con insectos, libre de polvo y semillas extrañas), Esto es extrapolable (vale) para todos los granos. La creciente tendencia a cosechar con alta humedad hace imprescindible verificar estos factores de deterioro que traen consecuencias muy serias (presencia de micotoxinas) más allá de la pérdida de nutrientes y la dilución de los mismos en más humedad de la recomendable.

**Espiga molida (o mazorca molida) ("corn and cob meal" o "ground ear corn" o "ear corn chop") (IFN 4-02-849)**

La cantidad de grano en 100 kg de espiga de maíz dentado, sin chala, es de alrededor del 83 kg, el resto (17 %) es marlo. Hay alguna variación según los distintos tipos de maíz.

Nutrientes	Espiga de maíz	Grano de maíz
Proteínas	7,00 %	8,50 %
Extracto etéreo	3,00	4,30
Fibra	8,00	2,00
Cenizas	1,50	1,00
Extractivos no nitrogenados	65,0	71,80

**Tabla 40:** Análisis comparativo en base a alimento tal cual de espiga de maíz y grano de maíz.

La presencia de pro-vitamina A es semejante a la del grano de maíz menos un 30 % por la proporción de marlo en la espiga. La espiga se usa molida para ganados vacuno, lanar y para cerdos adultos. En los dos primeros casos con aprovechamiento del valor energético del marlo, que se deriva de la actividad de la microbiota ruminal. En el caso de cerdos adultos agrega volumen a la ración para limitar el consumo de energía y así mantener o reducir el peso (cerdos reproductores adultos).

En el caso de los rumiantes se aprovecha mejor el valor energético de los marlos por la presencia de los granos. Si el costo de moler la espiga de maíz es menor que el costo de desgranar y moler el grano de maíz es más económico usar espigas molidas aun cuando haya otros ingredientes voluminosos (proveedores de fibra) en la dieta de vacunos.

La molienda de la espiga de maíz se lleva a cabo de modo que el animal no pueda elegir el grano y dejar los trozos de marlos. La espiga de maíz molida da una ganancia de peso algo menor que el grano de maíz molido pero la presencia de los marlos ahorra algo del forraje de la dieta. (Si el costo de la ración es más bajo y el plazo para vender los animales no es rígido, hay una ventaja en aprovechar la espiga entera en lugar del grano separado de la misma). Con espiga de maíz molida es más fácil llevar a pleno consumo a novillos en terminación (a corral) sin el peligro de problemas digestivos y es más fácil llevar a cabo este operativo por parte de un personal sin experiencia previa. Según la Universidad de Indiana (en plena zona maicera) 100 kg de espiga molida presentan un valor similar a 90 kg de maíz en grano quebrado o molido con el ahorro de 40 kg de heno, (siendo estas comparaciones orientativas; los valores locales pueden dar relaciones algo distintas pero la tendencia se mantiene).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

La espiga vestida con su “chala” y molida es más adaptada para novillitos y para novillos de más de un año para después terminarlos con espiga sin chala y molida y eventualmente con grano molido, siempre balanceando la dieta con los nutrientes que estos alimentos no proveen en cantidades suficientes. Con marlo y chala, la espiga molida tiene menos posibilidad de producir acidosis en animales en engorde. Es muy palatable y de excelente consumo.

En la tabla que sigue (tabla 41), se presentan los valores de maíces dentados. Las espigas cosechadas con alta humedad (33 % las espigas limpias y 38 % las espigas vestidas (con chala) rinden más TND que las cosechadas secas (con 14=15 %) porque los marlos tienen mayor digestibilidad con alta humedad. Son muy palatables aún para los terneros que ya están rumiando.

La espiga con su chala significa entre 14 y 18 % más de materia seca recogida por hectárea. Se cosecha con 40 a 50 % de humedad (equivalente a grano cosechado con 35 % de humedad). La cosechadora debe estar adaptada para desprender la espiga vestida y picar el material y aplastar los granos. Las cosechadoras tradicionales empastan el cilindro por no poder adaptarse al picado de marlo y chala.

Nutrientes:	Espiga limpia		Espiga con chala	
Materia seca	67 %	100 %	62,00 %	100 %
Proteínas	6,10	9,10	5,40	8,70
Extracto etéreo	2,40	3,70	2,30	3,80
Fibra bruta	6,70	10,00	9,90	16,00
FDN	15,10	22,60	22,30	36,00
FDA	6,60	9,80	11,70	18,90
Cafcio	0,02	0,03	0,05	0,08
Fósforo	0,16	0,24	0,16	0,26
TND	60,20	89,90	44,60	71,90

**Tabla 41:** Composición química expresada en porcentaje base materia seca de espiga de maíz dentado limpia y espiga completa con chala (Macgregor, 2000).

El programa citado (alimentación de novillitos y novillos de más de un año) contempla mayormente la satisfacción de los requerimientos de energía. (100 kg de espiga vestida molida es más o menos igual, en energía, a 75 kg de grano de maíz quebrado).

Las opiniones respecto a la decisión de usar maíz en espiga o maíz desgranado están divididas por la necesidad de los animales (rumiantes en este caso) a alimentar: si se trata de vacas lecheras de alta producción (30 o más kg de leche por día), la necesidad de aportar alta energía por kilogramo de materia seca favorecerá el uso de maíz desgranado, seco, molido o de alta humedad, molido, acompañado de forraje de alta calidad en lugar de los marlos de las espigas. Si los niveles de producción de leche son menores o se trata de animales jóvenes (novillitos) o de vacas que parieron su último ternero, las espigas con o sin chala serán la elección para aumentar la energía de la dieta sin los peligros de acidosis.

Necesitando la dieta más almidón (más energía) favorece al maíz desgranado mientras que, necesitando fibra digestible con el almidón, favorece a la espiga de maíz (por la fibra del marlo). El rendimiento por hectárea de materia seca favorece a la espiga de maíz y es más fácil cosechar. Con demandas de alta energía siempre hay que cuidar más

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

la salud del rumen. Esta advertencia se repite constantemente porque con niveles altos de energía para conseguir mejores producciones se trabaja cerca del límite de seguridad del pH del rumen.

La tabla que sigue (tabla 42) compara los análisis básicos de materiales de la planta de maíz (plantas enteras o partes separadas: espigas o grano). La tendencia ya sea a terminar novillos con suplementación de las pasturas o de engordarlos a corral hace más frecuente recurrir al silaje de maíz (planta entera o parte de ellas) y la decisión a adoptar alguna de estas posibilidades está condicionada a circunstancias de la explotación en cuestión.

Valores:	Planta entera picada (1)	Espiga de alta humedad y molida (2)	Espiga con chala De alta humedad y molida (3)	Grano de alta humedad y molido (4)
Materia seca	32/35 %	65/70 %	65/70 %	70/75 %
Relación(5) grano:forraje	50:50	80:20	75:25	100:0
Proteína	8,00	8,90	9,00	10,00
FDA	24,90	12,00	14,50	4,00
Energía neta (Mcal/kg)	1,012	1,320	1,166	1,452
Calcio	0,23	0,02	0,02	0,02
Fósforo	0,25	0,23	0,25	0,28

En el cuadro se explican los siguientes puntos:

(1) Más kilogramos de carne vacuna por hectárea que ningún otro forraje.

(2) Espiga sin chala cosechada con alta humedad y molida al pie del silo (es grano más marlo).

(3) Espiga con chala y algo de hoja vecinas, con alta humedad, cosechada y molida en una operación y luego ensilada.

(4) Sólo grano, con alta humedad, molido: es el 51 % de la planta, sobre la base materia seca; provee la más alta densidad energética por kilogramo de materia seca pero la menor cantidad de carne por hectárea al compararlo con las otras tres opciones. Se trata de una relación aproximada afectada por el momento de cosecha y por las condiciones climáticas especialmente (si no puede formar bien las espigas, la relación grano-forraje, se afectará hacia más forraje y menos grano de lo descrito).

(5) Los precios de la carne y del grano determinarán el porcentaje de "grano/planta entera" a ensilar para su uso posterior en la alimentación del ganado.

**Tabla 42:** Cuadro comparativo de distintos materiales ensilados, maíz planta entera picada, espiga de alta humedad molida, espiga con chala de alta humedad molida y grano de alta humedad molido (Hutjens, 2001).

### **Marlos molidos o corontas (en el norte argentino o tusas) (o *sabugo*, en portugués) (*cobs*, *ground cobs*, en inglés) (IFN 1-02-782)**

El alimento marlos molidos no corresponde al grupo de concentrados energéticos ya que tiene un porcentaje de fibra superior al 18 % FB o >32 %FDN pero, quien tiene maíz de producción propia puede tener marlos de su cosecha para su uso en alimentación. Es un alimento considerado dentro de los forrajes de volumen que necesita molerse para mejorar su aprovechamiento por rumiantes. Cuando los marlos molidos se mezclan con otros alimentos, la digestibilidad de los marlos es mayor que la esperada. Para lograr un buen aprovechamiento es necesario que exista en la dieta un adecuado suministro de energía y proteína para contar con un óptimo desarrollo de la flora ruminal y así maximizar el aprovechamiento de la fibra de esos marlos que no presentan un alto contenido de lignina.

Suele agregarse también, marlos molidos a las dietas de cerdas en gestación para disminuir las calorías por kilogramo en el alimento de las mismas, permitiendo una

alimentación a discreción (más económica en mano de obra), mantener a los animales en sus pesos y reducir los problemas sociales (peleas entre animales ante una dieta restringida).

MS	proteína	cenizas	FDN	FDA	Lig (FDA)	Hemicelulosas	Celulosa
94.5	3.4	4.2	76.1	49.9	15.9	26.2	23.7

**Tabla 43:** Análisis promedio de marlos molidos expresados en porcentaje en base materia seca (Aregheore, 2000).

Como forraje, es algo mejor que una paja de avena o que las cáscaras de algodón, con 45,9 % de TND. Es un alimento voluminoso pobre comparado con los forrajes locales típicos, pero es muy económico cuando está disponible a un costo no mucho mayor que el transporte al lugar de consumo y la molienda, una vez recogido del rastrojo. Puede reemplazar a un heno de gramíneas en una mezcla total (TMR (total mixed ration) = ración totalmente mezclada) cuando es bien suplementado en una invernada (a corral) de vacunos jóvenes o vacas, por ejemplo, para aspirar a ganancias diarias de algo más de 500 gramos por día. Los productores de maíz para uso propio en alimentación de vacunos de cría e invernada en EE. UU., aprovechan así los marlos como parte de la dieta cuando usan el grano de maíz para otras etapas de alimentación.

Tnd %	48,0
Energía metabolizable (cerdos.)	407,85 mcal/kg
Energía neta de lactancia	1,036 mcal/kg
Energía neta de mantenimiento	1,058 mcal/kg
Energía neta de ganancia	0,198 mcal/kg

**Tabla 44:** Aporte de total de nutrientes digestibles (TND), expresado en porcentaje base materia seca y aporte de energía metabolizable y netas de lactancia, mantenimiento y ganancia de marlos de maíz expresadas en Mcal/kg (Preston, 2016).

Se usa en raciones para novillos, vacas, cerdos como ya se mencionó y como vehículo/absorbente de melaza: pero la mejor forma de hacer uso de los marlos es suministrarlos (a vacunos) como espiga molida donde su aprovechamiento es total y sirve además para corregir el posible problema de acidez de rumen por causa del grano.

Los marlos molidos deben mantenerse con una humedad máxima del 10 % si hay que demorar su uso para evitar el desarrollo de hongos y el consiguiente peligro del desarrollo de micotoxinas. Un exceso de humedad puede alterar también la palatabilidad tornándose de gusto agrio.

En la tabla 45 se presenta un análisis comparativo del maíz en grano y de algunos de sus subproductos:

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Nutrientes	Grano de maíz	Espiga de maíz	Marlos	Gluten Feed	Gluten Meal
Base alimento tal cual %					
Materia seca	86 %	88 %	89 %	88 %	90 %
Proteína bruta	7,90	7,50	2,30	21,00	60,00
Extracto etéreo	3,50	3,00	0,40	2,00	2,00
Fibra bruta	1,90	10,00	35,00	10,00	2,50
Calcio	0,01	0,04	0,11	0,20	0,02
Fósforo total	0,25	0,20	0,04	0,90	0,50
Fósforo inorgánico	0,09	0,07	-	0,22	0,18
Cenizas	1,10	1,50	1,50	7,80	1,80
Proteína degradable en el rumen (*)	5,80	4,30	1,80	19,30	47,40
TND	80	73	42	75	86
EM aves (cal/kg)	3390	2840	528	1750	3740
EM cerdos (**)	3350	2500	305	2400	-
Metionina % (***)	0,18 (91 %)	0,14	-	0,5 (84)	1,90 (97)
Cistina	0,18 (85)	0,13	-	0,50 (65)	1,10 (86)
Lisina	0,25 (81)	0,16	-	0,60 (72)	1,00 (88)
Triptofano	0,07 (84)	0,05	-	0,10 (75)	0,30 (92)
Treonina	0,29 (84)	-	-	0,90 (75)	2,00 (92)
Arginina	0,40 (89)	0,30	-	1,00 (87)	1,90 (96)
Base Materia Seca					
Mcal/kg					
EN lactancia.	1,96	1,91	1,10	1,91	2,07
EN mantenimiento	2,24	2,02	0,97	2,02	2,20
EN ganancia	1,55	1,36	0,42	1,36	1,52
FDA %	3,3	11	35	12	5
(*): Proteína degradable en el rumen. (**): no figura EM para cerdos en gluten meal porque comúnmente no forma parte de dietas para cerdos. Las aves y los peces "pagan" más por la xantófila que lo que los cerdos pagan por la unidad de proteína del gluten meal y las mascotas (perros, gatos) también lo pagan más. (***): los valores entre paréntesis luego de las cantidades de aminoácidos indican la digestibilidad de esos aminoácidos. Para espiga de maíz se dan los mismos valores de digestibilidad de sus aminoácidos que para el grano de maíz por lo que no se repiten en el cuadro. Los "-" indican que no hay datos.					

**Tabla 45:** Análisis comparativo de la composición química de grano de maíz dentado, espiga de maíz dentado, marlos, gluten feed y gluten meal en base a alimento tal cual y en base a materia seca (Dale, 1996).

Este cuadro comparativo permite destacar en "espiga" la participación del marlo, la diferencia entre el grano separado de la espiga y el marlo, y en la fracción gluten, el efecto de la separación de la mayor parte del almidón en el proceso industrial y la consecuente elevación de los valores de otros nutrientes según sea el subproducto.

Se destacan en trazos más gruesos algunas de las diferencias más importantes con respecto al grano separado de la espiga.

*Un amigo es un regalo que uno se hace a sí mismo.*

**R.L. Stevenson**

### **Subproductos del grano de maíz industrializado, que entran en el grupo de concentrados energéticos**

#### **Afrecho de maíz, (corn bran) (IFN 4-02-846)**

Es la capa exterior del grano (aleurona y cubiertas exteriores) con poco o nada de la porción almidón del grano (esto dependerá de la maquinaria con que se procese el grano). Debido a su volumen (por el 10 % de fibra), es muy usado en la alimentación de vacas lecheras. Es de buena palatabilidad y de buen valor energético por su contenido de extracto etéreo (aceite) que compensa así la mayor cantidad de fibra de buena digestibilidad respecto del grano. Es un subproducto de la industria de harina de maíz para uso humano.

Nutrientes	Afrecho de maíz	Rebacillo de maíz
Proteínas	11,00 %	11,00 %
Proteína de pasaje: by pass	-	44,0 (de los 11 %)
Extracto etéreo	3,00	6,0 hasta 12+ %
Fibra bruta	10,00	5,00
Fibra detergente neutro	51,0	25,0
Fibra detergente ácido	17,0	7,0
Cenizas	3,00	2,00
Extractivos no nitrogenados	64,0	65,0

**Tabla 46:** Análisis proximal promedio expresado en base materia seca de afrecho y de rebacillo de maíz (Preston, 2016).

#### **Rebacillo de maíz (o afrecho de maíz, en algunas partes del país –nombre, éste, inexacto–); (hominy feed, en EE. UU.) (IFN 4-02-887)**

Es una mezcla de afrecho de maíz, germen de maíz (sin extraerle el aceite) y parte de la porción de almidón que por el procesamiento del grano no se recupera totalmente y queda adherido a los tegumentos del grano.

Es un subproducto de la industria de la harina de maíz (polenta) para consumo humano o de la producción de “locro”. (En los EE. UU. es el subproducto de la producción de harina de maíz de consumo humano que denominan: “hominy grits” o “pearl hominy”, populares en los EE. UU. sureños (en otros estados consumen avena arrollada -“porridge”-.en lugar de hominy grits).

Nutrientes:	Rebacillo de maíz	Maíz grano
Proteínas	10,50 %	8,80 %
Extracto etéreo (*)	6,00 hasta 12+	4,30
Fibra bruta	5,00	2,00
Cenizas	2,80	1,00
Calcio	0,05	0,01
Fósforo	0,50	0,25
Extractivos no nitrogenados	65,0	75,0
TND	81,0+	81,0
(*) “+”: La proporción de extracto etéreo varía según se trate de la variedad de maíz procesado originalmente. Los valores varían entre plantas de elaboración de molienda seca del maíz. Su cantidad de extracto etéreo lo hace muy palatable		

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

**Tabla 46:** Análisis proximal promedio expresado en base a alimento tal cual (con su humedad) de rebacillo de maíz comparado con grano de maíz.

Observar los valores del rebacillo de maíz en la tabla que sigue, las distintas medidas de energía de nivel comparable a los cereales de mayor energía y, en general, mejores valores de aminoácidos, excepto en trigo (\*) al que sólo supera en lisina y treonina. En aves, la energía metabolizable es algo menor porque el rebacillo presenta un contenido de fibra más alto. Respecto al TND es igual que el maíz por su alto contenido en hidratos de carbono solubles y extracto etéreo (del germen) y su alta digestibilidad y los vacunos lo aprovechan mejor porque la fibra del rebacillo de maíz es de alta digestibilidad en el rumen. Dado su alto contenido en extracto etéreo hay que cuidar, que con las distintas incorporaciones de ingredientes de una dieta, no superar los 700 gramos de extracto etéreo por día en vacas lecheras y esto puede limitar la incorporación de rebacillo de maíz a unos 5 a 7 kg de material seca/vaca/día.

Nutrientes:	Maíz dentado	Sorgo granífero	Trigo	Rebacillo de maíz	Grasa animal
Materia seca	86 %	89 %	88 %	89 %	100 %
TND	80	71	76	86	200
EM aves	3390	3310	3170	3060	7920
EM cerdos	3350	3230	3220	3365	7950
Metionina	0,18	0,10	0,25 (*)	0,22	-
Cistina	0,18	0,20	0,30 (*)	0,12	-
Lisina	0,25	0,27	0,40 (*)	0,45	-
Triptofano	0,07	0,09	0,18 (*)	0,12	-
Treonina	0,29	0,27	0,35	0,43	-
Arginina	0,40	0,40	0,60	0,60	-

**Tabla 47:** Composición química de los granos de maíz dentado, sorgo granífero y trigo, rebacillo de maíz y grasa animal respecto a materia seca, total de nutrientes digestibles, energía metabolizable en aves y cerdos y contenido de los aminoácidos metionina, cistina, lisina, triptofano, treonina y arginina expresados todos en base alimento tal cual (Dale, 1996).

Según la proporción de la porción almidón que quede adherido el rebacillo de maíz tendrá más o menos xantófila y pro-vitamina A (caroteno).

La humedad con que puede presentarse este alimento (10 a 14 % o más) sumado a su alto % de extracto etéreo, hace más peligroso el riesgo de deteriorarse rápidamente sobre todo en verano, por lo que es necesario consumirlo lo más fresco posible (dentro de la semana de producido). Al estar molido hay mucho contacto con el oxígeno del aire y esto acelera las posibilidades de oxidación de su aceite. Se utiliza de la misma forma que se usa el grano de maíz molido, con algunas limitaciones para las aves dado su porcentaje de fibra y la limitada cantidad de factor de pigmentación (xantófila).

Es una excelente fuente de energía y su palatabilidad es muy buena mientras es fresco. Aquí reside su principal riesgo y la necesidad de extremar las medidas de supervisar su calidad. Por el hecho de ser un alimento ya molido de origen y por su valor en extracto etéreo (el aceite de maíz tiene una alta proporción de dobles ligaduras, por lo tanto, es muy sensible a la oxidación). La liberación del aceite durante la molienda incrementa el

contacto con el oxígeno del aire y lo hace sensible a un rápido deterioro. En vacas lecheras incorporarlo hasta aportar no más de 680-700 gramos de su grasa en la dieta diaria de la vaca. Un rebacillo de maíz con 12 % de extracto etéreo aportará 700 gramos de aceite cada 100 kg de ración preparada usando 5,85 kg de este ingrediente por cada 100 kg de esa ración.

La extracción del aceite del germen de maíz genera un rebacillo de menor valor energético y de más alta proteína cuando se incorpora el germen desgrasado a las otras porciones del grano que integran este alimento.

El valor del aceite de maíz para consumo humano tenderá a ese procesamiento excepto en molinos chicos de poca capacidad de procesado del grano para hacer polenta solamente.

**Sorgos graníferos, *Sorghum bicolor* (L). Se incluyen: kafir, milo, feterita, heggary. También llamado maíz egipcio, en África (IFN 4-04-444)**

Se cree que el sorgo se originó en África hace alrededor de 5000 años. Existen pinturas en Egipto de alrededor de 2200 años antes de la era cristiana, que lo muestran. En la Argentina la red nacional de bancos de germoplasma para el sorgo está localizada en el INTA Manfredi, en la provincia de Córdoba y esa localidad del INTA también lo es para el girasol, maní y alfalfa.

La actual denominación de sorgo granífero incluye a los llamados kafir (*S. caffrorum*), milo (*S. nigricans*) y feterita (*S. caudatus*) y los cultivares en uso son cruzamientos de los nombrados anteriormente. De ahí la conveniencia de darles un nombre común como el de *Sorghum bicolor* (L. Moench).

Es el principal grano usado en África y partes de India, donde se usa para consumo humano, y cultivado en China y en el medio oeste norteamericano por ser resistente a las sequías (crece en áreas con lluvias insuficientes para el maíz). Es una gramínea de origen tropical que se adapta a regiones semiáridas, a climas cálidos y secos (difíciles para otros cereales) produciendo con menos agua que otros cultivos de verano.

Es el quinto cereal detrás del arroz, trigo, maíz y cebada en la producción mundial de granos. Nigeria y Estados Unidos son los primeros productores mundiales siendo la Argentina el séptimo productor y el segundo como exportador. Las provincias más productoras son: Santa Fe, Chaco y Entre Ríos. La siembra de sorgo es una opción interesante para considerar donde las condiciones no son favorables para el cultivo de maíz.

Los sorgos tienen “durrina” (de “*dhurra*” el nombre que se da al sorgo en Pakistán). La durrina se encuentra en los brotes nuevos y no en la semilla y es la fuente de ácido cianhídrico cuando se consumen las plantas brotadas. Hay que cuidarse al pastorear los sorgos muy jóvenes.

El tamaño del grano es del orden de los 4mm x 2,5 mm x 3,5 mm pero hay producciones más reducidas en tamaño y con su exterior duro, que los jugos digestivos no logran degradar, en esos casos es necesario molerlo o por lo menos quebrarlo para mejorar la digestión.

Alrededor de treinta días después de la floración de la planta de sorgo granífero, el grano alcanza su madurez fisiológica y se forma la “capa negra” o “capa de absición” que corta el suministro de agua y nutrientes al mismo. Igual que lo explicado para grano de maíz. En ese momento, el grano tiene alrededor de 30 a 35 % de humedad que irá perdiendo hasta alcanzar los 20 a 22 % de humedad a cosecha. Luego se secará hasta 12 % si se

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

destina a silo de almacenaje. Se cosecha a humedades relativamente elevadas respecto de la humedad de conservación para reducir las pérdidas por vuelco de las plantas, quebrado de las panojas, ataques de pájaros silvestres, dependiendo de las condiciones del área de cultivo. Los jugos digestivos de los pájaros digieren los granos sin necesidad de molerlos.

Al describir las bondades del sorgo granífero como alimento animal hay que distinguir los sorgos con taninos de los que están libres de taninos. Hay ventajas agronómicas asociadas a la presencia de taninos en este grano y también desventajas derivadas de su presencia al juzgar su rendimiento como alimento animal.

Condiciones	Grano entero	Grano quebrado	Sin grano
Días de ensayo	84	84	84
Peso inicial, kg	251	241	244
Peso final, kg	307	311	288
Ganancia total, kg	56	70	44
Ganancia diaria kg	0,669	0,836	0,525
Grano en heces (% de MS)	33,20	11,84	-
Conversión (kg grano/kg carne)	2,99:1	2,39:1	-

**Tabla 48:** Comparación de ganancias diarias obtenidas en la alimentación de novillos suministrando grano de sorgo entero, quebrado comparado a dietas sin el agregado de grano<sup>7</sup> (Josifovich *et al.*, 1985).

Su influencia e importancia son grandes en zonas marginales para el cultivo del maíz. Es de gran plasticidad genética por lo que hay variaciones más grandes en su análisis de las que hay existen para maíz. La variación en la composición química de los distintos cultivares del sorgo es un reflejo de la existencia de por lo menos 8000 cultivares reconocidos en el mundo.

Nutrientes:	Promedio	Máximo	Mínimo
Proteína (%)	12,13	16,44	6,96
Taninos (%) (*)	0,62	1,48	0,21
(*) son determinaciones como equivalente tánico por la técnica de Burns (1963).			

**Tabla 49:** Porcentajes en base materia seca de proteína y taninos de 66 híbridos de sorgo cultivados en la Argentina (Josifovich *et al.*, 1985).

Valores	Promedio	Máximo	Mínimo
Proteína (%)	11,70	15,42	8,62
Fibra (%)	2,15	3,52	1,38
Extracto etéreo (%)	3,95	7,29	2,45
Taninos (%)	0,43	1,15	0,04

**Tabla 50:** Composición química, expresada en porcentaje, respecto a proteínas, fibra, extracto etéreo y taninos de 101 cultivares de sorgo (Carrasco *et al.*, 2011).

7 El resto de la dieta consistía en heno a voluntad. Las conversiones de grano a carne sólo tomaron en consideración los consumos de grano (no los de los totales de las dietas).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Su cultivo se ha difundido ampliamente debido a su mayor resistencia a la falta de lluvias en los momentos críticos de su cultivo, a los altos rendimientos por hectárea y también a sus buenos aportes de energía que lo hacen parecido al maíz (donde el maíz no prospera por insuficiente régimen de lluvia y de humedad para esta planta). En momentos de falta de lluvias suficientes, las hojas de la planta de sorgo se acartuchan (como un cigarro) y ofrecen menos superficie expuesta a la deshidratación por efectos del sol y viento seco y así conservan más humedad, cosa que el maíz no hace.

Nutrientes:	%
Para una humedad de:	12,0
proteínas	8,00 (de 7,0 a 15,0 o más) (*).
extracto etéreo	2,50
fibra	2,50
cenizas	1,50
extractivos no nitrogenados	70,00
calcio	0,03
fósforo	0,30
(*) La plasticidad de las proteínas es muy amplia y se mencionan valores mayores incluso, que 15 %, pero las variedades y los híbridos en uso, están en valores bajos de alrededor del 8,0 % a causa de buscar, por la vía genética, rendimientos altos de almidón en el grano y de cantidad de granos por hectárea (estas tendencias bajan el porcentaje de proteínas del grano).	

**Tabla 51:** Composición química proximal de sorgo en grano expresada en base alimento tal cual.

El alto porcentaje de almidón lo hace valioso para la alimentación y para las industrias extractivas. La trama o matriz proteica que es dura de atacar por parte de la flora microbiana hace que buena parte de ese almidón se digiera enzimáticamente, en vacunos, a partir del abomaso e intestino delgado.

Grano	FDN	FDA	TND	ENm	ENg	ENlact
Sorgo	19	6	82	1.962	1.300	1.873
Maíz	9	3	88	2.182	1.477	2.050

**Tabla 52:** Comparación entre grano de maíz y grano sorgo de bajo tanino respecto a fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA), total de nutrientes digestibles, expresados en base materia seca, y energía neta (EN) de mantenimiento (m), de ganancia (g) y de lactación (lact) expresados en Kcal/kg.

Aminoácidos:	Albúminas (8 %)	Globulinas (8 %)	Prolaminas (52 %)	Glutelinas (32 %)
Lisina	4,50	4,60	0,50	2,70
Metionina + cistina	1,70	3,40	1,20	0,00
Treonina	5,70	5,00	2,60	4,10
Total de aminoácidos esenciales	34,70	38,10	40,60	41,80

**Tabla 53:** Composición en los aminoácidos esenciales dietéticos lisina, metionina+cistina, treonina de las proteínas del grano de sorgo (respecto al porcentaje total de aminoácidos) (Sodek & Wilson, 1971).

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Al igual que en las proteínas del grano de maíz, en el grano de sorgo (granífero) las prolaminas y glutelinas son las predominantes (suman el 84 % frente a sólo el 16 % de la suma de las albúminas y globulinas), con algunas diferencias en los porcentajes de aminoácidos de cada grupo de proteínas. En los sorgos con alguna proporción de taninos estos valores se modifican en su disponibilidad para los animales, aunque en los análisis químicos no los detecten.

Su alto contenido de almidón como forma principal de carbohidratos en el grano, con un contenido de amilosa de entre 21 y 28 %, lo hace útil para industrias extractivas (alcohol, sobre todo) las cuales generan a su vez subproductos útiles para la alimentación animal: burlanda de sorgo, por ejemplo. Tanto el almidón de maíz como el de sorgo (70 % del total de la materia seca), están en forma de gránulos envueltos en una matriz o envoltura (como en el maíz) de proteína en el grano intacto, siendo la matriz del sorgo más fuerte, lo que representa una mayor barrera a la digestión del almidón (se demora más la digestión al compararla con la de granos sin esta matriz como los de avena, trigo y cebada, que son así de digestión más rápida en el rumen).

El tegumento del grano es duro y hace necesario molerlo o por lo menos quebrarlo para su uso en alimentación animal. Su reducida cantidad de extracto etéreo lo hace polvoriento cuando es molido fino y, si esto no es controlado de alguna forma, afecta el consumo porque el polvo entra en las fosas nasales de los animales, irritando las mucosas, haciéndoles estornudar y toser, disminuyendo el consumo voluntario.

Para los ovinos, en que los pigmentos afectan la calidad de la lana, el grano de sorgo es un buen sustituto del maíz ya que no produce ese efecto indeseable.

Como todo grano de alta proporción de almidón y muy baja fibra, hay que cuidar la proporción a usar en equinos y rumiantes, combinando su incorporación en la dieta con suficiente cantidad de fibra para evitar la acumulación de ese almidón en una masa en el rumen (como un “engrudo” si se permite la comparación) que producirá una fermentación muy ácida (reducción del pH del medio ruminal; o en el estómago de los equinos).

La presencia de taninos en la testa del grano tiene sus ventajas para la planta, desde hojas y tallos hasta la panoja con sus granos: se trata de la defensa de las plantas contra predadores (debido a su astringencia), también a enfermedades criptogámicas (por la acción de los grupos polifenoles del tanino) y al impedir que los granos broten en la panoja antes de cosecharse cuando ocurren otoños calurosos y húmedos previos a la cosecha del grano (como sucede en la Pampa húmeda y en la Mesopotamia).

Las desventajas de la presencia de altos contenidos de taninos (proantocianidinas del 1 % a más, de catequinas equivalentes: forma en que se expresa el análisis) son la baja en la aceptación del grano (lo hace astringente) para los animales, a partir de determinados porcentajes de inclusión de sorgo en las raciones, que es variable para cada especie y edad, dentro de la especie, y una disminución en el rendimiento de energía y de la contribución de los aminoácidos (sobre todo de los más críticos, de metionina especialmente) de su proteína. Esto es debido a que los taninos actúan sobre las proteínas (inhibidores de la digestión) e inactivando las enzimas, reduciendo así su disponibilidad y reduciendo también la digestibilidad de los carbohidratos. Causan una ligadura y precipitación de proteínas dietéticas y enzimas digestivas. El efecto es más severo cuanto más joven es el animal.

La astringencia es debida a la precipitación de la mucina de la saliva. La alimentación prolongada (1 a 2 meses) de alimento con taninos puede reducir la proliferación de

la saliva y aumentar la secreción de mucina en la misma. Esto sería una adaptación a la presencia de tanino en el alimento.

Grano de sorgo, contenido de tanino	Metionina	Cistina	Lisina	EM
Alto	57 %	51 %	54 %	84 %
Medio	72 %	57 %	84 %	87 %
Bajo	95 %	76 %	99 %	90 %

**Tabla 54:** Digestibilidad en porcentaje del aporte de energía metabolizable (EM) y de los aminoácidos metionina, cistina y lisina de acuerdo con el contenido de taninos en el grano de sorgo (alto-medio y bajo tanino), expresados como alimento tal cual (Bonino, 1981).

Observar en la tabla 55 la digestibilidad verdadera de los aminoácidos de los tres tipos de sorgos (de bajo, medio y alto tanino) obtenidos por los INTA de Pergamino y de Concepción del Uruguay (\*\*).

Sorgos:	Aminoácidos	Treonina	Cistina	Metionina	Lisina (**)	Arginina
Bajo tanino (1): (menos de 0,4 %) (*) ≈	Aminoácidos totales	0,38	0,19	0,22	0,24	0,45
	Coefficiente de digestibilidad	88,3	75,5	94,9	99,0	100,0
	Aminoácidos digestibles	0,34	0,14	0,21	0,24	0,45
Medio tanino (2) (menos de 1 %) (*)	Aminoácidos totales	0,39	0,21	0,23	0,25	0,44
	Coefficiente de digestibilidad	71,6	65,6	81,3	81,1	100,0
	Aminoácidos digestibles	0,28	0,14	0,19	0,20	0,44
Alto tanino (3) (más de 1 %) (*)	Aminoácidos totales	0,30	0,21	0,21	0,21	0,37
	Coefficiente de digestibilidad	62,1	46,7	52,3	62,9	73,0
	Aminoácidos digestibles	0,20	0,10	0,11	0,13	0,27

(\*): Estos valores son dados en equivalentes de ácido tánico.

(\*\*): Los valores de proteínas de los respectivos sorgos eran de (1):11,50; (2): 11,70 y (3): 11,57 %.

Es notable como se reduce la digestibilidad de los aminoácidos al aumentar el contenido de tanino (ejemplo con lisina: 99,0 %, 81,1 % y 62,9 %. Este 62,9 de (3), es un 36 % menor que los 99 % de (1).

**Tabla 55:** Digestibilidad verdadera de sorgos con diferentes niveles de tanino expresados en base a materia seca (Bonino, 1981).

De acuerdo con lo presentado se observa una marcada diferencia de digestibilidad por influencia de los taninos. Se puede recurrir al pulido del grano de sorgo de alto tanino en zonas donde es alta la presencia de aves silvestres (en la Mesopotamia, principalmente) que invaden los cultivos y obligan a sembrar variedades de alto tanino o también llamadas “sorgos anti pájaros”, para poder cosechar cantidades que compensen los esfuerzos agrícolas. En este caso y con la separación, por pulido, del 12 % del grano (coberturas exteriores y testa-donde se alojan los taninos) se notan mejoras significativas en la calidad alimenticia (ver tabla 56).

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Tratamiento:	Taninos (%)	Metionina (%)	Cistina (%)	Lisina (%)
sin pulir	2,5	0,061	0,086	0,156
pulido	1,5	0,10	0,102	0,174
Diferencia	- 40 %	+64 %	+19 %	+12 %

**Tabla 56:** Efecto del pulido en la mejora en el aprovechamiento de los aminoácidos metionina, cistina y cisteína en granos de sorgo pulidos y sin pulir (Bonino, 1981).

La mejoría es importante en la digestibilidad del sorgo pulido a pesar de que aún sigue siendo un alimento con taninos que habrá que dosificar convenientemente en las raciones. El 12 % de grano separado para producir esta mejora se puede incorporar a raciones para vacunos que toleran mejor la baja palatabilidad provocada por el tanino que se distribuye en la capa que cubre al grano (testa) por debajo del pericarpio (los granos de sorgo que no contienen tanino no tienen testa, sino que el pericarpio cubre directamente el endosperma córneo). Este estudio se hizo en el INTA de Pergamino, sección avicultura a cargo de los Ing. Agr. Azcona y Bonino y el material se pulió en una de las pulidoras de arroz de la provincia de Entre Ríos que, trabajando con arroz sólo en parte del año, están disponibles para trabajar con este grano cuando no es la época de pulir arroz.

El contenido de taninos es variable según el cultivar que se siembre. Un contenido de 2.5 % de taninos es muy alto para los cultivares utilizados comúnmente en la Argentina, pero, en otros países como ser China existen cultivares que alcanzan 3.5 % de taninos.

Es importante saber la cantidad de catequinas equivalentes (una de las formas en que se expresa el contenido de taninos), o conocer el porcentaje de taninos, o simplemente si son bajo o alto tanino, al armar las raciones para alimentar rodeos grandes o animales de exposición y así hacer las correcciones necesarias en la dieta en base a las diferencias en la digestibilidad con respecto a los de bajo contenido de taninos.

Datos del experimento:	Niveles de taninos en sorgo		
	Bajo	Medio	Alto
Duración en días	90	90	90
Peso inicial, kg	284	284	284
Peso final, kg	374	371	367
Ganancia total, kg	90	87	83
Ganancia diaria, kg	1,005	0,965	0,927

**Tabla 57:** Ganancias de peso vivo de novillos, alimentados con sorgos con distinto nivel de taninos (Josifovich et al., 1985).

Al igual que el maíz, el grano de sorgo se puede cosechar y preservar con alta humedad, hasta 30 % de humedad, (momento en que los granos ya están fisiológicamente maduros). Para cosecharlo así se debe reducir la velocidad de desplazamiento de la máquina cosechadora en el campo (en el cultivo) y mantener la velocidad de los cilindros de la misma. Habría que conservarlo en un silo o silo-bolsa lo más hermético posible (sin acceso de oxígeno) o tratarlo con productos que disminuyan el pH para evitar la multiplicación de microorganismos que lo deteriorarían en pocos días (ácidos orgánicos o sus sales, como ejemplo el ácido o las sales del ácido propiónico).

Se aconseja moler el grano antes de suministrarlo, ya sea el grano húmedo o el seco. El uso de sorgo húmedo produce ganancias de peso por lo menos iguales al uso de grano seco calculado en base a materia seca consumida. En ensayos experimentales se lograron mejores conversiones con grano húmedo (10 a 18 % menos de alimento) que con grano seco para un aumento de un kilogramo de peso vivo. Aparentemente mejora la digestibilidad y hay mayor solubilidad de los nutrientes del sorgo húmedo.

Una ventaja adicional del grano almacenado con alta humedad y bien conservado (por bajo pH), es que no permite el desarrollo de hongos y por lo tanto se reducen los riesgos de desarrollar micotoxinas peligrosas para la salud de animales y eventualmente del hombre.

La humedad ideal del almacenado del grano de sorgo seco es de 13 %. Al ser un grano chico se pueden formar más fácilmente focos de calor y degradación dentro del silo, por acción de insectos y microorganismos, por eso se tiende a conservar en silo con 13 % de humedad que es más costoso al realizar el secado. El sorgo que se calienta dentro del silo por exceso de humedad suele ponerse más amargo alterando su palatabilidad.

Al ensilar grano húmedo se reducen las pérdidas por pájaros ya que se cosecha antes, pero se debe ser muy riguroso en el proceso de ensilado para no perder calidad. Es imprescindible disminuir el contenido de aire lo más rápido posible. Puede ensilarse grano húmedo molido con una humedad de 30 % (puede realizarse rociando con agua el material) al ir ensilando y se debe compactar y sellar rápidamente.

Tratándose de sorgos secos (12-14 % de humedad) de bajo contenido de taninos (menos de 1,0 % de taninos), los cerdos y vacunos lo comen molidos como comerían los granos de maíz y, para los cerdos, su valor alimenticio es del 90 al 96 % del valor del grano de maíz para ganancia de peso y del 91,3 % del valor del maíz en eficiencia de conversión de alimento a carne. Conviene molerlo grueso o quebrarlo, por lo menos, para evitar el polvo o, si se muele fino, prensarlo posteriormente en comprimidos (o "*pellets*") con los otros constituyentes de la ración, para recuperar la aceptación del material molido.

En países donde el costo lo permite (buenos márgenes entre el precio de venta de su producción y el costo de producirlo), se procesa el grano de sorgo con vapor a baja presión y alta humedad, por 20 minutos, o con vapor a alta temperatura y alta presión. La temperatura se eleva entre 86 a 90 grados centígrados y así el grano es aplastado por rolos y se forman "copos" (hojuelas o "*flakes*") del grano con 18 % de humedad la que se reduce si no se usa de inmediato. El efecto de este tratamiento mejora la ganancia de peso (alrededor del 10 %) por mejoras en la digestibilidad del almidón gelatinizado, por una parte como resultado de la presión, y por otro, debido a la temperatura del proceso (esto reduce en alrededor de un 5 % la cantidad de alimento para obtener el aumento de un kilogramo de peso). Hay un cambio en la producción de ácidos grasos volátiles a favor de más ácido propiónico (en la digestión de este grano así procesado) en desmedro de la producción de ácido acético lo que favorece a la producción de carne vacuna con menos grasa. El aumento de volumen producido por la formación de los copos es favorable a la digestión del grano.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Tratamiento:	% TND (estimado)
Grano aplastado en seco	79,70
Grano molido fino (en molino a martillo)	81,00
Grano procesado a vapor, copos	86,80
Grano cocinado a presión, copos (con 2,81kg de presión/cm <sup>2</sup> /minuto)	88,30

**Tabla 58:** Rendimiento comparativo en total de nutrientes digestibles (TND) resultante de diferentes tratamientos aplicado en grano de sorgo.

Los dos últimos procesamientos presentan mejor digestibilidad que los procesos realizados en “seco”, ya que en estos el almidón se gelatiniza parcialmente. Esta gelatinización favorece la absorción de agua de los copos y siempre que se favorece la absorción de agua se favorece la actividad de la flora ruminal y la acción de las enzimas digestivas. Con los tratamientos con vapor (húmedos) se evita el problema del polvo que se genera en la molienda fina del grano ya que los copos no levantan polvo y su estructura es favorable a la masticación por parte de los rumiantes. Hay otros procesos de tratamiento del grano de sorgo, pero el concepto es el mismo, aunque las temperaturas y otros aspectos del procesamiento varíen en algo.

El primer aminoácido limitante en la producción de cerdos utilizando grano de sorgo como concentrado energético es la lisina. Lo siguen la treonina y la metionina que son limitantes también en la proteína de sorgo para esta especie.

Para la alimentación de pollos parrilleros y para el crecimiento de pollas futuras ponedoras, los aminoácidos limitantes son metionina y lisina y luego la arginina. El porcentaje de lisina expresado como “por ciento de la proteína total” decrece al aumentar la proteína total en el grano. Dada la presencia de taninos en una gran mayoría de las variedades en uso en el país, es necesario hacer determinaciones de taninos en las partidas a usar en las raciones de aves. Con 1,0 % de taninos en el sorgo puede llegar a rendir 8 a 10 % menos de energía que el sorgo de bajo taninos y la digestibilidad de los aminoácidos puede estar disminuida en un 20 a un 25 %.

La energía metabolizable del sorgo sin taninos es de 3250 Kcal/kg y, si tiene alto porcentaje de taninos, se reduce a 2925-3000 Kcal/kg (un 8 a 10 % menor) y su uso en la dieta se limita, para esta cantidad de taninos, en aves, a no más de 10 % en las raciones.

En aves de postura, la producción disminuye entre un 15 a un 30 % con el uso de sorgos de alto taninos respecto de sorgos de bajo contenido. Los pollos parrilleros pueden ver disminuidas sus ganancias de peso en un 25 % y la conversión alimenticia en 20 %. Esta disminución en las ganancias esperadas se debe a la asociación que se produce entre las proteínas y los taninos afectando su digestibilidad. En presencia de taninos se aprovecharán menos las proteínas presentes en el grano a lo largo del sistema digestivo.

Una ventaja adicional del cultivo del sorgo es que aporta gran volumen de rastrojo y masa radicular que son ventajosas para mantener, o recuperar, la estructura el suelo y su fertilidad.

### **Trigo, *Triticum aestivum* (wheat en inglés) (IFN 4-05-268)**

Luego del maíz, es el grano de más uso (alimentación humana + alimentación animal) en el mundo. El trigo, el arroz y el maíz son los granos básicos de la alimentación humana y se reparten entre alrededor de 1500.000.000 de toneladas el 38 %, el 32 % y el 30 %

respectivamente. Constituyen un alto porcentaje de las calorías ingeridas diariamente por el hombre. De los doce megacentros que originan las plantas cultivadas, el trigo aparece en el de Asia Central, en el del Cercano Oriente y en el del Mediterráneo. Localmente la Red nacional de bancos de germoplasma tiene en el INTA Marcos Juárez el lugar asignado al trigo, y también a la soja.

“En 1495 el rey Enrique VII del Reino Unido convirtió los granos de trigo en la medida standard de peso y volumen: 1 “*bushell*” sería igual a 8 galones de trigo,

1 “galón” = 8 libras de trigo, 1 libra (lb) = 12 onzas (454 gramos; exactamente: 453,592 gramos),

1 “onza” = 20 *sterlings*,

1 “*sterling*” = 32 granos de trigo del medio de la espiga!!!!.

En Francia, en Troyes, en el este de Francia, se tomó a la cebada como unidad de medida, adoptando el standard romano de 24 granos de cebada para la “onza”. Por ser de Troyes sería llamada la onza troy. La onza (oz) = 28,349 gramos.

En la descripción de alimentos para la alimentación animal, los párrafos que antecieron sólo tienen el carácter anecdótico para enfatizar lo importante que eran los recursos para la alimentación humana en épocas en que esos recursos eran escasos y se valoraban como monedas u objetos de intercambios comerciales. La agricultura ha aumentado la oferta de los granos y, aunque todavía hay países que subsisten con el consumo de granos casi exclusivamente, en otros países su abundancia permite dedicar importantes volúmenes a la alimentación animal.

Hay mucha diferencia en el uso que se le da al trigo en alimentación animal según el país de que se trate y en varios países del hemisferio norte se siembran variedades de trigo para uso animal exclusivamente, mientras que en nuestro país se lo ha usado ocasionalmente en estos últimos años en los meses en que se cosecha cuando su precio ha sido competitivo con el del maíz.

Cuando no se usa trigo panificable, se usan “triguillos” o sea trigos que han sufrido heladas o sequías severas durante el período de desarrollo de las plantas en que se forman las espigas con sus granos, que resultan así con menos almidón. También se usa ocasionalmente el trigo “brotado” en la alimentación de los animales.

Una primera aproximación de la posibilidad de reemplazar al maíz como fuente de energía es evaluarlo económicamente: “10 kg de harina de soja + 90 kg de maíz = 100 kg de trigo”. Si el costo de la suma de 100 kg de los dos alimentos es mayor que el costo de 100 kg de trigo, será la oportunidad del trigo de integrar la dieta de los animales en producción o en crianza.

El aporte energético del grano de trigo es similar al del grano de maíz y respecto al aporte proteico se aproxima a los valores del grano de avena. Queda por evaluar la carencia de xantófilas, del trigo, si se trata de reemplazar al maíz en las raciones para aves (pollos parrilleros o ponedoras) que necesitan una fuente de pigmentación.

Para almacenar este grano sin peligro de deterioro, su humedad no debe ser mayor del 14 % pero 13 % es lo aconsejado si se almacena durante los meses de verano. Con una humedad mayor del 15 % se favorece el calentamiento del grano almacenado y el apelmazado del mismo, formando bloques endurecidos y costras contra las paredes de los silos que lo contienen que le dan un gusto agrio siendo esto el resultado de la actividad

de hongos. Esto favorecerá la pérdida de nutrientes y la presencia de micotoxinas que constituyen un riesgo a la salud animal y humana.

Dadas a elegir, las aves eligen al trigo sobre el maíz. También es muy palatable y buscado por los cerdos, pero para esta especie, como para las otras, se debe cuidar al momento del suministro la forma de hacerlo. Si se agrega a la ración molido, el molido debe ser grueso o si se agrega molido fino se debería pelletizar. De esta manera se busca evitar la irritación que produce a nivel de las mucosas la inhalación de polvo fino al consumir el grano molido.

Y en el caso de las aves, las raciones en harina (no comprimidas) forman aglomerados en la unión de los picos al humedecerse el alimento con la saliva y con el agua de bebida. Este inconveniente del polvo sucede por el poco contenido de aceite del grano de trigo y por la naturaleza harinosa del almidón y la naturaleza aglutinante del gluten. Este inconveniente lleva a una reducción en el consumo y el crecimiento microbiano entre el alimento pegado en la comisura y la mucosa bucales.

La presencia de trigo (10 %) en las raciones facilita la compactación y durabilidad de los pelleteados por las mismas características mencionadas como defecto en las aves: el almidón y el gluten del trigo facilitan la unión entre los distintos ingredientes.

El grano de trigo no aporta un alto contenido de fibra y esto sumado a las características de su almidón y gluten puede producir problemas digestivos serios en rumiantes y animales herbívoros como los caballos. En los equinos pueden formarse bolos de engrudo a nivel estomacal y cólicos. En los rumiantes puede favorecer las fermentaciones ácidas llegando a producir acidosis que pueden llegar a derivar en una disminución de pH en sangre y laminitis en pezuñas y vasos además de daños a nivel ruminal.

Un 25 % de las proteínas del grano de trigo son glutelinas que forman el gluten, presente en su harina que le permite obtener, en contacto con agua, cierta viscosidad pudiendo así retener el gas de la fermentación en el proceso de panificación. Esta misma característica afecta negativamente la fermentación ruminal por lo que es necesario limitar la proporción de trigo a no más del 30-35 % de la ración de concentrado para este tipo de animales. También se recomienda no dar más de 2 kg de grano de trigo en cada comida suministrada a un caballo y no más de 0,5 kg de grano de trigo por cada 100 kg de peso vivo repartiendo la cantidad en varias comidas por día para evitar el empastamiento (bolos de engrudo).

El reemplazo de otros granos de la dieta por grano de trigo por lo mencionado anteriormente debe hacerse en forma gradual y no es aconsejable hacerlo en dietas con 100 % de grano. En el caso de los rumiantes en engorde a corral puede incorporarse un antibiótico (monensina o lasalocid ácido) para estabilizar la ingesta y suprimir el consumo voraz de la ración de concentrados. El agregado de bicarbonato de sodio (1 %) también ayudará. El valor del animal justificará estos cuidados.

Como alimento para cerdos, el grano de trigo es muy apetecido y lo comen tan bien como al grano de maíz y pueden comerlo entero, aunque es preferible darlo molido grueso porque tienden a comerlo con avidez, en forma exagerada y no lo mastican bien. Si se muele muy fino se hace pastoso en la boca, al mastcarlo, además de molestar el polvillo generado por esa molienda fina. El grano molido fino también baja con más dificultad en los silos de almacenaje previos a la dosificación con otros alimentos.

Es muy usado en Europa Occidental, Canadá y otros países como grano de elección para los primeros alimentos para lechones que lo prefieren frente al maíz. Además, en

esos países, es más barato que el maíz (que es mayormente importado) Los trigos blandos y los duros producen igual performance en los lechones y en cerdos de más edad.

Dentro del grupo de los concentrados energéticos y dentro de los cereales, el grano de trigo es el que presenta mayor porcentaje de proteína. En los triguillos y trigos “chuzos” que contienen menos almidón aumenta el contenido proteico con la proporción de gluten que retiene los gases de la fermentación. Por todo esto, resulta más conveniente darlo a consumir en combinación con otro grano y, en alimentos para caballos y mulas, debe mezclarse con alimentos de volumen (fibrosos) para evitar los cólicos a los que son propensos.

Previniendo los posibles problemas que pudiera causar el trigo en la alimentación, se puede utilizar en toda clase de animales domésticos cuando es factible económicamente su compra (habitualmente su precio es alto y se destina principalmente a alimentación humana).

La calidad de la proteína es relativamente baja, pero es superior a la del maíz y tiene mayor calidad que la del maíz. Tiene además la misma cantidad de extractivos no nitrogenados, menos extracto etéreo (aceite) y algo más de fibra que el maíz. En valor alimenticio es muy semejante al maíz, aporta alrededor de la misma cantidad de TND, tiene algo más de fósforo, pero es deficiente en vitaminas A y D.

En un estudio de los rendimientos de la molienda del grano de trigo realizado en la Universidad de Kansas, se determinaron las proporciones de los componentes y sus respectivos contenidos de proteína, ver tabla 59:

Rindes en molienda:	Contenidos	% de proteínas
Menos de 3 %:	Germen (5,80)	21,70 a 24,0 %
7 a 8 %	Afrechillo (6,31)	13,80 a 15,70
12 a 15 %	Afrecho (o salvado) (6,31)	9,20 a 12,40
1,5 a 4,5 %	Rebacillo	12,60 a 15,20
72 a 77 %	Harina (5,70)	8,35 a 11,70
Los valores que aparecen entre paréntesis al lado de los nombres de los subproductos son los usados para, conocido el valor de nitrógeno calcular el de la respectiva proteína. por ej. germen: $3,74 \times 5,8=21,7$ .		

**Tabla 59:** Proporciones de los componentes del grano de trigo obtenidos en la molienda y sus respectivos contenidos en proteína.

Si estas fracciones se ordenaran de acuerdo con la calidad de esa proteína, primero se ubicaría la del germen, luego el afrechillo, el afrecho y por último el rebacillo. Los subproductos tienen más lisina y metionina que el grano entero de trigo.

La disponibilidad de los aminoácidos en los granos depende de su localización dentro del cereal: las proteínas dentro del endosperma del trigo y de otros cereales, son más digestibles que las proteínas localizadas en la capa aleurónica, adyacente a la cubierta de la semilla. El prensado (“pelletizado”) de los granos ayuda a mejorar la digestibilidad de estas proteínas al romper uniones que las ligan a la matriz celulósica.

La mayor oferta comercial de subproductos de trigo es la de una mezcla de todas las fracciones juntas: afrecho, afrechillo, rebacillo, semita, semitín, harinilla (menos la harina) en una sola presentación que el mercado local denomina “afrechillo”, no siendo equivalente a la fracción afrechillo o segunda capa, por debajo del afrecho como ocurre

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

en el proceso de separación de la harina del grano en los molinos harineros. Salvo en los casos en que se separan fracciones para la producción de “pan con salvado” (sinónimo de afrecho), los molinos harineros comercializan todos los subproductos mezclados en uno solo al que llaman afrechillo, salvo los más antiguos que todavía separan las distintas fracciones.

Nutriente:	Promedio esperado %	Variación %	Nutriente:	Promedio Esperado %	Variación %
Humedad	12.0	10.0 a 14.0	Cenizas	2,00	1,50 a 2,50
Proteínas	12.0	10.0 a 14.0	Calcio	0,05	0,04 a 0,09
Extracto etéreo	1.70(*)	1.50 a 2.20	Fósforo	0,40	0,30 a 0,43
Fibra	2,80	2,30 a 3,50	-	-	-

(\*) El bajo contenido de aceite (extracto etéreo) lo hace polvoriento al molerlo fino; por eso se aconseja quebrarlo, o usarlo en una ración pelletizado, si el costo lo permite, incorporar grasa o melaza para reducir el polvo.

**Tabla 60:** Análisis proximal del grano de trigo expresado en valores tal cual (el grano con su humedad).

Grano	Proteína %	By pass %	FDN %	FDA %	TND %	ENm Mcal/kg	ENg Mcal/kg	ENI Mcal/kg
Trigo	14	25	12	4	88	2,160	1,433	2,006
Maíz	10	65	9	3	87	2,116	1,411	1,984

**Tabla 61:** Composición química del grano de trigo y del grano de maíz respecto a proteína, proteína by pass, fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA), total de nutrientes digestibles (TND), expresados en base materia seca y energía neta de mantenimiento (ENm), ganancia (ENg) y lactación (ENI) (Preston, 1992).

Estos análisis presentados en la tabla 61 muestran el parecido entre ambos granos en lo que respecta a su rendimiento energético en rumiantes y una diferencia en la cantidad de proteína digerida en el rumen (25 % del 14 % en el trigo y 65 % del 10 % en el maíz).

El trigo, lo mismo que la cebada, la avena, el centeno y el triticale tienen cantidades variables de “polisacáridos no almidonosos” (arabinosilanos) de las paredes celulares del endosperma y de la aleurona de los granos, para los cuales las aves, principalmente, no tienen enzimas adecuadas para digerirlos creando problemas en la digestión de la ingesta. La cebada y la avena tienen betaglucanos.

El contenido intestinal se torna más viscoso, las enzimas naturales del animal no pueden actuar bien reduciendo la capacidad de digestión y absorción y las heces se hacen menos sólidas por mayor consumo de agua que estos polisacáridos absorben lo que significa una cama de los pollos más húmeda y el plumaje sucio e irritación de la piel en contacto con el suelo.

En el caso de las aves de postura alojadas en jaulas, resulta, además de un incompleto aprovechamiento de los nutrientes de la dieta, el desmoronamiento, debajo de las jaulas, de los conos de excrementos con el consiguiente problema de higiene y moscas en el criadero.

Se puede recurrir al uso de enzimas que se agregan a la dieta (enzimas exógenas). De este modo se compensa la falta de enzimas propias y se resuelven los problemas con un incremento en el aprovechamiento de los nutrientes de la dieta. Actúan únicamente con sus substratos específicos.

La enzima xilanas es la que se agrega para digerir los xilanos (polisacáridos no almidonosos presentes en el trigo y en el centeno) que disminuyen la viscosidad de la digesta mejorando la digestibilidad de los nutrientes. Donde no es rentable este agregado, se resuelve su faltante limitando el uso de estos granos en las dietas, limitación que es mayor en las aves más jóvenes que toleran menos estos polisacáridos que en las aves adultas.

### **Subproductos de la industrialización del grano de trigo**

#### **Afrecho o salvado de trigo (*wheat bran*) (IFN 4-05-190)**

El afrecho o salvado de trigo es la cobertura exterior del grano de trigo siendo la fracción más gruesa tal como se la separa en el proceso de la molienda gradual del trigo. Es un ingrediente de buena palatabilidad, apetecible para los animales y suavemente laxante (facilita la evacuación de heces). Se debe prestar atención al suministrarlo en animales con alto consumo diario y en hembras preñadas. Es un alimento voluminoso usado para cerdas madres, lecheras, yeguas y otras hembras de otras especies en el día del parto (humedecido, como una sopa espesa), constituyendo de este modo un alimento liviano, que facilita la evacuación intestinal.

Sus contenidos en celulosa y hemicelulosa son una fuente aceptable de energía para los rumiantes y algunos herbívoros. Contiene también entre 20 y 30 % de almidón. La variación entre 20 y 30 % puede deberse a la forma de procesar el grano y a los precios de la harina y de sus subproductos (cuanto más cara la harina hay menos de esta fracción en el subproducto y, lo opuesto, si la cantidad de harina en el mercado supera a la demanda).

Nutrientes:	Promedio esperado %	Variación %
Humedad	12.5 (12,5) (*)	11.0 a 15.0
Proteína	15.0 (12,0)	13.5 a 17.0
Extracto etéreo	3.8 (1,7)	3.0 a 4.5
Fibra	10.5 (2,8)	9.5 a 12.0
Cenizas	6.5 (2,0)	5.0 a 7.5
Calcio	0.15 (0,05)	0.05 a 0.2
Fósforo	1.2 (0,4)	1.1 a 1.5

(\*) los valores entre paréntesis corresponden al grano de trigo.

**Tabla 62:** Análisis químico del afrecho de trigo expresados en base a alimento tal cual.

Alimento	TND %	FDN %	FDA %	Carbohidratos no fibrosos %	ENI Mcal/kg
Afrecho	70	51	15	20,6	1,609
Afrechillo	78	37	10	34,5	1,763
Trigo, grano	88	15	8	65,1	2,050
Maíz, grano	85	9	3	75,1	1,962
Avena, grano	77	32	16	45,9	1,763

**Tabla 63:** Comparación de la composición química del afrecho, afrechillo y grano de trigo, grano de maíz y grano de avena expresados en base a materia seca y su aporte en energía neta para vacas lecheras (Shaver, 2013).

Su volumen es a menudo ventajoso para hacer más liviana una ración densa preparada con grandes cantidades de granos de baja fibra, ver tabla 62.

Conociendo cómo se generan estos subproductos de la industrialización del grano de trigo para obtener su harina, se explican las diferencias en sus composiciones químicas. En el afrecho se observa más fibra que en el afrechillo y a su vez el afrechillo posee más fibra que el grano de trigo. Ciertas consecuencias derivarán de su utilización como ser en el caso de utilizar afrecho, se observará mayor llenado del estómago e intestino que, por ser voluminoso, favorecerá la evacuación de las heces (efecto laxante).

El afrecho de trigo, lo mismo que otros subproductos de molinería, han sido alternativamente considerados como un buen alimento y como un alimento sin mucho valor. Hoy es considerado un alimento con buenas cualidades que, como todos los otros ingredientes, tiene algo que aportar y algo que necesita ser suplementado. Es liviano y voluminoso como propiedad física, junto con sus 14/15 % de proteínas de buena calidad (al compararla con las proteínas del maíz o del trigo) y alto contenido de fósforo. Alrededor de un 40 % del germen de trigo está incluido en el afrecho de trigo lo que le da calidad a su proteína y esta circunstancia arroja diferencias de análisis como lo observado en la tabla 59.

La composición y el valor nutritivo de los afrechos de distintos molinos harineros es variable según el sistema de obtención (las máquinas más modernas producen afrechos con mucho menos harina que las máquinas antiguas que entregaban subproductos más “gruesos” (con más harina: con más energía metabolizable). El inicio de la industria de los alimentos balanceados comerciales se desarrolló a partir del procesamiento del grano de trigo, para dar utilidad a los entonces productos de “descarte” de la molienda. De ahí en más los “descartes”, pasaron a llamarse “subproductos” y comenzaron a participar en la formulación de raciones de distintas especies y edades de animales domésticos criados para transformar esos subproductos en alimentos y otros beneficios para el hombre.

El afrecho o salvado de trigo es uno de los alimentos vegetales más ricos en fósforo (1,2 % de promedio y hasta 1,5 %) con niveles bajos de calcio (entre 0,05 y 0,20 %). Este desequilibrio es el causante de problemas óseos en caballos y otros animales y de cálculos urinarios en animales machos, con sus cólicos renales, cuando se suministra este alimento en altas dosis por un tiempo prolongado (meses). Este problema suele presentarse en carneros y la forma usual de tratarlo, y mejor aún de prevenirlo, es incorporando a la ración de grano, para carneros, cloruro de amonio (0,5 % de la ración). Aunque los monogástricos sólo asimilan un 33 % del fósforo total, el 33 % de esa cantidad sigue siendo un desbalance importante frente al reducido nivel de calcio.

Hay una tendencia a comprimir o prensar (“pelletear”) todos los subproductos de trigo para ahorrar espacio y facilitar el manipuleo a granel en las bodegas de embarque, galpones y en los silos. El proceso de comprimir reduce el volumen del afrecho a la mitad. Para hacer un buen pelleteado y que no se desintegre, se suele agregar entre 1 y 2 % de algún aglomerante, por ejemplo: bentonita al afrecho (la bentonita es un material mineral, inerte, que no afecta al valor alimenticio del afrecho o sólo lo disminuye, en el porcentaje en que se la incluye). El vapor a alta presión utilizado en el proceso para obtener el pellet cambia la consistencia del material y, cuando posteriormente se remuelen o se mezclan con otros ingredientes, se observa una mejora en la digestibilidad de la proteína y en el aprovechamiento de sus aminoácidos. La capa de aleurona se hace más disponible al aprovechamiento de sus nutrientes.

En su forma natural, cuando el afrecho no está comprimido, pesa 240 kg el metro cúbico y esto es dos veces más voluminoso que el peso de la avena que es el grano más liviano. Además, cuando no se comprime, se apelmaza en los silos, al almacenarlo por mucho tiempo. Debe evitarse una humedad mayor del 15 % ya que se producirán calentamientos del material y endurecimiento (apelmazado) y gusto agrio generado por mohos, igual que lo que pasa con el grano de trigo almacenado con más de 14 % de humedad.

Su uso es generalizado en rumiantes y herbívoros en general y poco en aves y cerdos por su nivel de fibra y bajo valor energético (salvo los casos especiales en los que se desea mantener a los animales dentro de un peso vivo adecuado a su función reproductiva).

**Afrechillo de trigo (*wheat middlings*, “*mids*”, “*shorts*” en EE. UU. o “*pollards*”, en Gran Bretaña) (IFN 4-05-205)**

Los españoles también le llaman salvadillo. Por definición, el afrechillo de trigo está formado por las cubiertas intermedias e internas del grano de trigo y las partículas más finas del afrecho y del germen de trigo cuando se trata de la fracción separada de las otras, de la molienda del trigo. Industrialmente, en los procesos modernos de molienda, el afrechillo es la suma de todas las capas exteriores del grano de trigo más el germen. (A este alimento se lo conoce como “wheat mixed feed” o “wheat mill run”, en los EE. UU.). En ambos casos es algo más rico en proteínas (75 % degradable en el rumen) que el afrecho y contiene también más extractivos no nitrogenados (entre 30 y 50 % de almidón y entre 3 y 5 veces más celulosa que la harina de trigo). Son partículas más finas, todavía ricas en celulosa, pero con mayor porcentaje de glúcidos (almidón).

Por todo esto conserva algún valor energético además de un valor proteico superior al de los granos y buenos niveles de fósforo (se debe balancear con más calcio) (ver tabla 64); de magnesio (0,52 %) y de potasio (1,07 %).

Nutrientes:	Promedios esperados (% base tal cual)			Variaciones en afrechillo % (**)
	Afrechillo	Afrecho (*)	Trigo, grano (*)	
Humedad	12,00	12,50	12,00	10,50 a 13,50
Proteínas	15,5	15,00	12,00	13,50 a 17,50
Extracto etéreo	4,00	3,80	1,70	3,00 a 5,00
Fibra	8,00	10,50	2,80	7,00 a 9,50
Cenizas	4,50	6,50	2,00	4,00 a 6,50
Calcio	0,10	0,15	0,05	0,08 a 0,12
Fósforo total	0,90	1,20	0,40	0,80 a 1,20

(\*) Los valores del afrecho y del grano de trigo son para mostrar las diferencias respecto de las capas externas del grano una vez separadas para rescatar la harina de consumo humano  
(\*\*) Estas variaciones son mayormente debidas a diferencias entre las maquinarias en uso en los molinos harineros (año de fabricación, distintos modelos) para extraer las harinas.

**Tabla 64:** Análisis del afrechillo de trigo (origen argentino) expresado en base tal cual.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Parámetro	Porcentaje base materia seca
Fibra detergente neutro (FDN)	21 a 57
Fibra detergente ácido (FDA)	10 a 32
Carbohidratos no estructurales (*)	35 a 38
Celulosa	14,00
Hemicelulosa	15,00
Lignina	2,90
Pared celular	40,00
Digestibilidad materia seca	64 a 79
Digestibilidad FDN (**)	36
(*) carbohidratos no estructurales: almidón y azúcares solubles. (**): digestibilidad de la fibra expresada como degradabilidad de la fibra detergente neutra.	

**Tabla 65:** Composición química del afrechillo de trigo vinculada con su aprovechamiento por parte de los rumiantes expresada sobre base materia seca.

Observar las variaciones importantes que se presentan en varios de los parámetros mostrados. Estas variaciones dependen en gran medida de la maquinaria utilizada en los procesos de obtención de la harina, su mantenimiento, vigencia y actualización. Tomando en cuenta las variaciones, los usuarios de este tipo de alimento, deben confirmar sus valores de acuerdo con el proveedor pues es frecuente que las entregas sucesivas de un mismo proveedor sean de poca variación entre las mismas pero diferentes de las de otro proveedor (siempre considerando un mismo alimento, en este caso de afrechillo de trigo de diferentes molinos harineros). Estas variaciones mostradas indican al usuario de este alimento, como de cualquier otro alimento con diferencias importantes en sus análisis, que se deben confirmar sus valores por las diferencias en digestibilidad traducen las diferencias en el contenido de más o menos fibra (menos o más harinillas).

Respecto a la digestibilidad de FDN, en el afrecho de maíz es de 63 % y en el gluten feed, 78 %. Estas dos fibras serían más digeribles que las del afrechillo. Sufren más la acción del proceso de obtención de los productos de uso humano que las hacen más digeribles sobre todo la aportada por el concentrado proteico gluten feed.

El aporte energético del afrechillo de trigo es de alrededor del 65 al 80 % del valor del maíz (en el afrechillo nacional, no es más del 65 %). La proteína y la energía son de buena digestibilidad en el rumen, favorable para la flora ruminal, pues son pocas las proteínas y la energía *by pass*. El tiempo de masticación (rumia) del kilogramo de materia seca afrechillo es de 20 minutos (ya que es bajo en su contenido de lignina), comparado con 60 minutos para el kilogramo de materia seca de heno largo de alfalfa y 100 minutos para igual cantidad de heno de gramíneas.

Las variaciones en los valores de análisis de las denominaciones diferentes no afectan a la descripción y usos dados por los distintos países que lo destinan a la alimentación animal. Sólo corresponde tener en cuenta la pequeña variación que pueda haber en el análisis en cada lugar o de cada molino harinero respecto de los otros molinos y considerarla en el procesamiento de datos.

Es importante analizar su composición ya que mucha de la producción comercial de afrechillo se comercializa con valores de proteína inferiores al promedio citado. Esta pro-

teína es más digerible que la del afrecho. El afrechillo tiene más TND por lo tanto tiene más valor alimenticio que el afrecho y se lo prefiere salvo cuando se necesita del volumen que provee el afrecho para los casos especiales citados (hembras parturientas, sobre todo). Es entonces menos laxante que el afrecho, pero también tiene ese mismo beneficio si es usado en mayor proporción que el afrecho, en la dieta.

No suple vitaminas A ni D. En cambio, es un alimento alto en tiamina y niacina. Se usa en todas las especies animales y su limitación en los monogástricos es por su aporte de fibra y, como en el caso del afrecho, hay que tener en cuenta su desbalance de calcio respecto de fósforo (Ca: 0,1 % y P: 0,90 %) que en la ración final habrá que llevarlo a una saludable relación Ca:P de 1,5 a 1,7:1 para la mayoría de los animales y compensar esa deficiencia. Sus aminoácidos están mejor balanceados que en los cereales.

Es una buena fuente de proteínas, fósforo y potasio, además de energía suplementaria para los rumiantes, dependiendo la producción esperada (especialmente en lecheras) deberá complementarse con otras fuentes de energía y de calcio para que exista una buena relación con el nivel de fósforo.

Existen otras fracciones derivadas de la obtención de harina de trigo cuando se las separa al producirlas y éstas son: rebacillo, semita, semitín y harinillas, que vistas en su conjunto, son cada vez menos abundantes en fibra y más en almidón y por lo tanto en TND pero es raro encontrarlas en otra forma que incorporadas en su conjunto como un único alimento y es el ya mencionado “afrechillo” comercial.

#### **Germen de trigo (*wheat germ*, entero y *wheat germ meal*, sin el aceite) (IFN 5-05-218)**

Otro subproducto que se obtiene de la molienda de trigo es el germen de trigo del que se suele extraer el aceite para uso medicinal, quedando como subproducto la harina de germen de trigo. La harina de germen de trigo es rica en proteínas de mejor calidad que la del resto de las fracciones del trigo mencionadas previamente por su industrialización y que es usado en las dietas de las distintas especies animales incluidos perros y pilíferos. Presenta buena palatabilidad.

Por su aporte en proteínas forma parte de los alimentos concentrados proteicos (que presentan más de 20 % de proteínas). Presenta un buen aporte de vitaminas A y E (alfatocoferol), cuando no le es extraído el aceite.

Se recomienda en caso de utilizarlo en el armado de raciones durante el verano, realizar compras en cantidades reducidas ya que en casos de almacenajes prolongados (60 días o más) y con alta temperatura se favorece la rancidez de sus grasas con disminución de su calidad nutritiva y su palatabilidad.

Nutrientes:	Promedio (*)	Variación %	Nutrientes:	Promedio (*)	Variación %
Humedad %	10.5	9.00 a 14.00	Cenizas %	4.50	3.00 a 5.20
Proteínas %	25.0	24.5 a 29.00	Calcio %	0.05	0.03 a 0.10
Grasa %	8.00	7.00 a 10.00	Fósforo %	1.00	0.90 a 1.25
Fibra %	3.00	2.50 a 4.00	-	-	-

(\*) son los promedios esperados de los análisis.

**Tabla 66:** Composición química del germen de trigo expresada en base a valores tal cual.

Este alimento es también muy susceptible a infestaciones por plagas de los granos (gorgojos y otros insectos) que casi siempre entran al grano por el germen). Es una muy buena fuente de nutrientes para esos insectos, lo mismo que para los hongos.

**Centeno, *Secale cereale* (rye) (IFN 4-04-047)**

El centeno es un cereal de las regiones más frías de Europa del norte y Europa central, Cercano Oriente y Asia central, llegando hasta el círculo ártico. Crece en suelos relativamente pobres donde otros cereales no crecerían tan fácilmente. El grano de centeno se utiliza para fabricar pan en esas regiones, y también se cultiva para producir varias bebidas alcohólicas: cerveza (agregada a la malta para hacerla más alcohólica), en Rusia; ginebra en Holanda; whisky en EE. UU. y Canadá. El banco de germoplasma local está en el INTA Anguil, La Pampa, que también lo es para varias especies forrajeras.

No es un grano muy utilizado en la alimentación de los animales por su palatabilidad relativamente pobre. Su composición química es parecida a la del trigo respecto a su proteína e intermedia, junto con el sorgo y el mijo, en cuanto a su energía, pero no es aceptado del mismo modo por su palatabilidad.

Tiene además la desventaja de poder contaminarse con el hongo *Claviceps purpurea* (o cornezuelo del centeno) que produce un alcaloide (compuesto alucinógeno semejante al ácido lisérgico) y al ser consumido produce el “ergotismo”. El ergotismo se manifiesta en abortos o en accidentes del tipo de las parálisis y en casos de gangrena: reduce el abastecimiento de nutrientes a las extremidades causando necrosis de las pezuñas, cola y orejas. En la especie humana produce síntomas similares con momificación y desprendimientos de dedos en manos y pies, resultante del efecto vaso constrictor que afecta principalmente a manos y pies. Esto se ha visto en países como Rusia y otros países de Europa del este donde se come pan de centeno. Las últimas epidemias europeas debidas al cornezuelo ocurrieron en los años 1930 y 1951.

Los esclerotos del hongo, de color morado oscuro ocupan el lugar de los granos en las espigas y así van con ellos al cosecharlos. El nombre de “cornezuelo” viene de su parecido por su forma al “espolón” de los gallos. La forma es parecida también, a la del excremento de los ratones y por su color y forma se destaca en las espigas. Si el grano ya ha sido molido los esclerotos también habrán sido pulverizados y la determinación de su presencia en el grano molido, o en una ración preparada con ese grano, puede realizarse por cromatografía de base líquida a alta presión (HPLC), método desarrollado por Rottin-ghaus *et al.*, de la Universidad de Missouri (1992).

Es un método que acusa la presencia de ergot pero no la cuantifica. Se desarrolló esta técnica a causa de una contaminación severa ocurrida en 1991 (con una estación fría y muy húmeda coincidiendo con la espigazón de festuca y otras gramíneas, cereales especialmente sensibles al *Claviceps purpurea*, en que se observó un aumento importante de problemas reproductivos en el ganado vacuno.

Partes del grano:	Centeno (y trigo)	Avena	Cebada
Pericarpio	10,0 % (15,0 %)	34,0 %	20,8 %
Endosperma	86,5 % (82,0 %)	63,0 %	76,2 %
Embrión	3,5 % (3,0 %)	3,0 %	3,0 %
Total	100 % (100,00 %)	100 %	100 %

**Tabla 67:** Estructura del grano de centeno (y el de trigo), comparada con los dos granos vestidos típicos: avena y cebada.

Notar el parecido de la distribución de estructuras del centeno con el trigo y la diferencia con los granos vestidos los cuales (estos dos últimos) tienden a ser parecidos entre sí.

Al usar el grano de centeno como alimento deberá mezclárselo con otros granos para disimular su pobre aceptación y además porque produce trastornos digestivos (acidez, y sus consecuencias), por la alta proporción de almidón de rápida digestibilidad. Se recomienda suministrarlo quebrado, molido o arrollado para mejorar su aprovechamiento. Se sugiere evitar la molienda fina pues resulta en una molienda pulverulenta por su reducida cantidad de grasa, (en forma similar a lo que sucede en el caso del sorgo y del trigo cuando se muelen fino).

Se recomienda no usar más de un 20 % de la ración con grano de centeno porque por falta de volumen puede producir trastornos digestivos de la misma naturaleza que el trigo (empaste, meteorismo, cólicos y acidez). Los lanares lo aceptan mejor y no se necesita quebrado o molienda para ellos porque lo mastican mejor. Para caballos, se requieren los cuidados mencionados para el ganado vacuno y para las aves, es decir, mezclarlo con otros granos y quebrarlo o molerlo grueso para que no resulte polvoriento. En cerdos la aceptación del centeno es variable y depende mucho de la “ergotina” del hongo que lo parasita. Su composición del endosperma es alta en pentosanos que los cerdos no pueden digerir y en los países con menos posibilidad de elección de granos y con oferta importante de centeno agregan a las raciones la enzima pentosanasa para poder aprovechar mejor este grano reduciendo la viscosidad intestinal y mejorando la ganancia de peso y el índice de conversión. Esto, especialmente en lechones que sufren depresión en el consumo sin ese agregado. De todos modos, el agregado de la enzima no lleva la performance al nivel que se logra con el grano de trigo o de maíz.

Nutrientes:	Valores tal cual (%)	Valores base materia seca (%)
Humedad	12.00	0.0 % (100 % MS)
Proteína bruta	12.00	13.6
Proteína de pasaje	20,00 (del 12 %)	20,00 (del 13,6 %)
Grasa	1.70	1.90
Fibra cruda	2.40	2.70
Fibra detergente neutro	15.90	18.00
Fibra detergente ácida	2.60	3.00
Calcio	0.05	0.06
Fósforo	0.36	0.41
TND	74.00	84.00
En lactancia	1,707 Mcal/kg	1,940 Mcal/kg
CHO no fibrosos	63,9	72,6

**Tabla 68:** Composición química del grano de centeno (valores expresados en base a alimento tal cual y en base a materia seca (Shaver, 2013).

Lo mismo ocurre en las aves que no es apetecido salvo en proporciones reducidas en la ración preparada. Es laxante para esta especie si se usa en más del 20 % de la ración, por la presencia de hidratos de carbono (arabinosilanos), para lo cuales las aves no tienen las correspondientes enzimas para digerirlos aumentando la viscosidad intestinal. Puede agregarse a la ración pentosanasas (enzimas) que reducirán la viscosidad intestinal obteniendo mejoras en la ganancia de peso y el índice de conversión. También se observarán menos problemas de camas húmedas y reducción en la proporción de huevos sucios en el caso de gallinas ponedoras.

## GRANOS VESTIDOS O GRANOS GRUESOS

Los granos vestidos o granos gruesos son aquellos que luego de la cosecha conservan adheridos al grano la paja y la lemma (mantienen sus glumas, capa externa fibrosa), dentro de éstos se distinguen la avena y la cebada. La presencia de estas capas externas permite diferenciarlos de los granos denominados desnudos o finos como ser: trigo, maíz, sorgo y centeno que no presentan glumas luego de la cosecha.

Las glumas (o cáscaras) de la cebada y de la avena, son las responsables del porcentaje alto de fibra de los llamados granos gruesos como se muestra en la tabla 69:

Alimento:	Proteína Bruta (%)	Extracto Etéreo %	Fibra Bruta (%)	TND %	Peso específico (g/litro)
Avena, grano entero	12.0	5.2	8.9	67.0	500
Avena, cáscara	2.7	1.1	30.3	33.0	250.0
Avena, grano pelado	16.0	5.9	1.9	92.0	950.0
Cebada, grano entero	11.9	2.4	4.5	76.0	750.0
Cebada, cáscara	5.9	1.3	26.4	41.0	300.0
Cebada, grano pelado	12.6	3.0	2.4	78.0	950.0

**Tabla 69:** Composición química aproximada de granos enteros, granos pelados y cáscaras de avena y cebada.

La dificultad con estos granos es que las proporciones de cáscara y grano, en sí, están sujetas a grandes variaciones debido a las variedades existentes en el mercado, modificadas además por los cambios estacionales durante el crecimiento, y a las formas de manejo (pastoreo antes de la espigazón) a que son sometidas. Puede también haber variaciones en sus análisis por la presencia de semillas extrañas (semillas “guachas” y de otras especies).

### **Cebada, *Hordeum vulgare* (de seis hileras) y *Hordeum distichum* (de dos hileras) (barley en inglés) (IFN 4-00-549)**

Es uno de los cereales más difundidos en el mundo, sobre todo en lugares de climas frescos y secos, madurando en menos tiempo que otros cereales. Junto con el trigo, es una de las primeras especies silvestres cultivadas por el hombre y se estima que esto se inició unos 7000 años antes de Cristo en Asia Occidental. Se cita como megacentro de origen al cercano oriente (península arábiga), donde se utilizaba también en la alimentación de los caballos árabes. Es el sexto cereal más cultivado en el mundo.

Los griegos y los romanos lo utilizaban para hacer panificados y también para producir bebidas de fermentación. Hoy se usa principalmente como grano para la alimentación animal y para la producción de bebidas de fermentación (cerveza) y de destilación (licores). Rusia es el principal productor de cebada. Se cultiva también en el noroeste de EE. UU., en el oeste del Canadá y en el norte de Europa (sólo la cebada de dos hileras) y con principal destino la producción de cerveza. Esto deja una buena proporción de este grano no apto para producir malta que se destina a la alimentación animal).

Una proporción de los cultivos de cebada se pastorean durante el período vegetativo para alimentación del ganado como forraje verde y más tarde se le saca la hacienda

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

para dejarlo semillar y cosechar. Puede suceder que a cosecha exista la presencia de mayor o menor cantidad de otros granos que afectarán su aporte energético.

En caso de ser granos de avena, dará menos energía, pero si se trata de centeno o trigo, por ejemplo, la oferta en energía será mayor. En consecuencia, es de esperar variabilidad con este grano y hay que tenerlo en cuenta pues se podrían afectar los resultados al usar estos recursos.

Nutrientes:	Promedio %	Variación %	Nutrientes	Promedio %	Variación %
Humedad	12,0	9,0 a 15,0	Fósforo	0,37	0,30 a 0,50
Proteína bruta	12,0	10,5 a 13,0	FDN	16,9	18,9(**)
Extracto etéreo	2,0	1,8 a 2,5	FDA	6,2	6,9 (**)
Fibra bruta	6,5	5,0 a 8,0	TND	76,0	84,0 (**)
Ceniza	3,0	3,5 a 4,0	CHO no fibrosos	55,26	62,8 (**)
Calcio	0,06	0,05 a 0,08	-	-	-

**Tabla 70:** Composición química del grano de cebada (expresada en base a alimento tal cual) (Shaver, 2013).

Sólo la cebada comercializada en el mercado de granos cumple con el análisis promedio; en cambio la cebada “de campo” puede variar en sus aportes. Como dato anecdótico, los escandinavos usan la cebada como medida de valor forrajero: 100 quintales de cebada, igual a 100 unidades forrajeras y tienen algunas cebadas de menos espesor de glumas que llegan a 108-110 unidades forrajeras. La cebada de seis hileras tiene más celulosa y menos energía que la de dos hileras.

El grano de cebada es muy apetecido por los rumiantes y los equinos; presenta también propiedades emolientes (relajante y mejorador de partes inflamadas) para el aparato digestivo sobre todo cuando se usa germinada para suministrar a caballos agotados o convalecientes y se usa en cerdos para producir carne magra. En cuanto a su valor nutricional, es intermedio entre la avena y el maíz. Presenta alrededor de un 75 % del valor energético del maíz y aproximadamente tres veces más fibra del mismo grano lo que limita su uso en animales exigentes en niveles altos de energía.

Los lechones no aprovechan bien el grano de cebada por ser alta en betaglucanos. En aves se usa con alguna precaución y en cantidades limitadas (hasta 15 % de la ración en aves jóvenes y hasta 20 % en aves adultas con acostumbramiento desde jóvenes, también por la presencia de betaglucanos). Aún con las cebadas “sin cáscara” (glumas dehiscentes) la presencia de betaglucanos (que es parte de la fibra no digestible aún por los rumiantes y equinos) es un inconveniente para que produzca una performance similar a la del grano de maíz.

El aceite del grano de cebada es más saturado que el del maíz así que aporta a los cerdos grasa corporal más firme.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Actividad digestiva:	Maíz molido	Cebada arrollada
Consumo de materia seca	23,72 kg/día (1)	20,66 kg/día (1)
Consumo de almidón (kg)	10,61	8,40
Digestión en rumen (del almidón) en kg (2)	5,17 kg/día	6,49 kg/día
Digestión en % de lo consumido en rumen	48,80 % (3)	77,40 %
Almidón que escapa del rumen, en kg.	5,40 kg/día	1,91 kg/día
Digestión post-ruminal del almidón, en kg (4)	4,63	1,59
Digestión en % de lo escapado del rumen	86,10 %	84,20 %
Digestibilidad de todo el aparato digestivo	93,20 %	96,80 %
(1) La dieta completa suministrada a estas vacas lecheras en lactancia estaba constituida por: silaje de alfalfa-gramíneas: 26 %; maíz silaje: 19 %; y maíz molido; 45 % o cebada arrollada: 49 % expresado todo en base a materia seca. (2) Por fermentación ruminal. (3) El maíz posee una matriz proteica más fuerte, presenta menor porcentaje de digestión del almidón en el rumen que la cebada. (4) Digestión enzimática en el intestino delgado.		

**Tabla 71:** Sitios de digestión del almidón del grano de cebada arrollado comparado con la del grano de maíz molido<sup>8</sup> (McCarthy *et al.*, 1989).

Su consumo y aprovechamiento se ve limitado en aves y otros animales, sobre todo a edades tempranas, por la presencia de algunos hidratos de carbono no digeribles o poco digeribles como ser betaglucanos y pentosanos o arabinosilanos (polisacáridos distintos del almidón) y también algunos compuestos con acción anti enzimática y taninos. Los betaglucanos (lo mismo que los pentosanos), como se mencionara previamente, provocan heces pastosas, húmedas y hasta diarreicas pues absorben agua en cantidad y provocan un aumento en el consumo de agua. En pollos parrilleros provoca camas húmedas y en las ponedoras en jaulas, desmoronamiento de los conos de estiércol bajo las jaulas y proliferación de las moscas en ese material con más humedad.

Cereales:	Betaglucanos g/kg	Pentosanos g/kg (*)	Total g/kg
Arroz descascarado	0	0	0
Sorgo	1	28	29
Maíz	1	43	44
Trigo	5	61	66
Triticale	7	70	77
Cebada	33	76	109 (*)
Centeno	12	89	101 (*)
(*) Observar los valores altos en cebada y centeno comparados con los de maíz y sorgo (entre otros) por lo cual podría explicarse la diferencia en la digestión de los dos grupos.			

**Tabla 72:** Contenido de betaglucanos y de pentosanos (polisacáridos distintos del almidón) presentes en distintos granos expresados en base a materia seca (Choct & Annison, 1990; Annison & Choct, 1991).

<sup>8</sup> Se usaron vacas Holstein de primera parición. Los porcentajes presentados corresponden a la digestión del almidón en los distintos órganos mencionados. Con el procesamiento de los granos se puede manipular el lugar de digestión del almidón.

En la tabla 72 se presentan los contenidos de betaglucanos y de pentosanos (polisacáridos distintos de almidón) presentes en distintos granos expresados en base a materia seca

Pentosanos o arabinosilanos. Junto con los betaglucanos forman parte de la fibra (denominados en algunos casos como “fibra digestible”). Pero, no son digeribles en el intestino delgado (por resistir a sus enzimas digestibles) y luego son fermentados en el intestino grueso con formación de gases (metano, CO<sub>2</sub>). Este tipo de polisacáridos entorpece la acción de las enzimas endógenas. Son solubles en agua y en soluciones alcalinas livianas y se embeben de mucha agua produciendo los trastornos intestinales mencionados, un contenido intestinal viscoso y heces líquidas en monogástricos (sobre todo en aves). Existe otra porción de polisacáridos no almidonosos que son insolubles, y no causan ese problema de viscosidad de las heces. La celulosa, por ejemplo, es uno de esos polisacáridos distintos del almidón que es insoluble, absorbe agua y la retiene facilitando la motilidad intestinal y promoviendo la facilidad de la evacuación. Esto es beneficioso en animales a los que por el destino de producción, carne, huevos o leche se los alimenta a pleno y en consecuencia necesitan tener un aparato digestivo facilitado en todas sus funciones y evacuar los desechos de la digestión es una de ellas.

En el armado de raciones para monogástricos es posible utilizar betaglucanasas, que son enzimas que agregadas junto al alimento facilitan la degradación de los betaglucanos para los cuales las aves, por ejemplo, no tienen recursos enzimáticos. Con el agregado de estas enzimas se mejoran las deyecciones de las aves y también, permiten aumentar la proporción de grano de cebada utilizado en las raciones. Las enzimas dividen las grandes moléculas de los polisacáridos solubles en moléculas más chicas que ya no causan el mismo problema. También se pueden utilizar al suministrar grano de centeno y algunos triticales que tienen betaglucanos en su composición de hidratos de carbono. El aprovechamiento de los betaglucanos gracias a las enzimas permite aumentar la energía metabolizable de estos granos hasta un 10 % (usando entre 30 y 50 % de cebada en alimentos para aves, por ejemplo).

Estas enzimas son química y termo estables para resistir los tratamientos de calor (prensado para producir comprimidos/pellets) y resistir también, la presencia de otros ingredientes en una mezcla que podrían atacarlas de no ser resistentes.

Los polisacáridos mencionados, incluidos entre los “solubles”, se muestran a continuación en la tabla 73 junto con los polisacáridos insolubles en distintos granos utilizados en alimentación animal, esto ayudaría a entender la diferencia en el comportamiento de los mismos en el aparato digestivo de los monogástricos.

Grano:	Polisacáridos insolubles %	Polisacáridos solubles %	Total
Trigo	9,0	2,45	11,4
Cebada	12,2	4,5	16,7
Centeno	8,6	4,6	13,2
Triticale	14,6	1,7	16,3
Sorgo	4,6	0,2	4,8
Maíz	8,0	0,1	8,1
Arroz	0,5	0,3	0,8

**Tabla 73:** Contenido de polisacáridos solubles (distintos del almidón) y polisacáridos no solubles en granos de cereales expresados en base materia seca (Choct, 1997).

Obsérvese el bajo contenido de polisacáridos solubles, distintos del almidón, que presentan el maíz, el sorgo y el arroz a diferencia del alto contenido que presentan el trigo, la cebada, el centeno y el triticale. Esto explica el efecto negativo que producen a nivel intestinal en los animales monogástricos con una reducción en la asimilación de nutrientes por parte de la mucosa intestinal debido a la masa viscosa que se crea. Afortunadamente aparecen variaciones en los contenidos de estos factores anti nutricionales que dan lugar a un trabajo de selección en marcha para obtener variedades de cebada sin este factor anti nutricional, o en cantidades muy reducidas respecto de las que causan los inconvenientes citados. Es otra línea de trabajo distinta del uso de enzimas a agregar a las dietas con cebada u otro de los granos que poseen este factor anti nutricional.

Se puede mejorar el valor nutricional del grano de cebada humedeciendo el grano o tratándolo con vapor y luego “rolado” (arrollado) para aplastarlo y permitir así una mayor actividad de la flora del rumen o de las enzimas digestivas (según el sistema digestivo). El tamaño agrandado del grano aplastado favorece también la rumia. Este procesamiento se usa mucho en EE. UU., en engorde a corral y en alimentación de caballos.

Se hace referencia a la cebada como un grano engordador y esta cualidad dependerá de su peso específico es decir de la influencia de la cantidad de fibra en el material a usar. Al darla a cerdos se verá una diferencia apreciable en la conversión de alimento a carne según el peso específico de la cebada usada.

El grano de cebada molido y luego incorporado al resto de la dieta y el todo prensado en comprimidos hace que la cebada tenga un valor alimenticio equiparable al del grano de maíz. La prueba de la mayor eficiencia desde el punto de vista alimenticio se medirá en alimento ahorrado (mejor eficiencia) versus el mayor costo de prensado y, lógicamente, lo hará rentable en algunas situaciones y en otras no.

La cebada es usada también para cerdos de engorde a los que se les quiere dar una terminación magra (el llamado tipo “*bacon*”), en líneas de cerdos con tendencia a depositar mucha grasa. Lo mismo ocurre en animales reproductores en dietas de mantenimiento. Los cerdos de origen europeo (derivados de la raza Landrace), terminan muy bien con dietas a base de cebada y subproductos de trigo y los cerdos de origen norteamericano progresan muy lentamente con esa misma dieta.

En equinos, el prensado presenta ventajas sobre el suministro de la ración molida que con cebada es más polvorienta y eso molesta a los caballos. La otra opción es dar la ración molida y humedecida prestando especial atención en verano, de evitar sobranes en el comedero que de un día para el otro se enranciarían y desarrollarían hongos (Tener en cuenta también que hay caballos a quienes no les gustan los comprimidos o pellets).

En animales muy jóvenes es deseable disminuir en algo la fibra de la ración, moliendo grueso y separando algo de cáscara por zaranda o incorporando otro grano de menor porcentaje de fibra (maíz, sorgo). Las cubiertas o glumas representan entre el 10 y el 14 % del peso del grano cuando es de cultivos no pastoreados previamente y están unidas al grano más estrechamente (cementadas) que las del grano de avena. Las glumas de estos granos no se separan en la trilla (en trigo y centeno están poco adheridas y se separan del grano en la trilla). Para alimentar caballos debe aplastarse para romper las glumas y facilitar la masticación sobre todo si se alimentan caballos de edad o con mala dentadura.

Como todo material alimenticio con una proporción relativamente alta de fibra, su desempeño mejora comprimiendo (pelleteando) el alimento con una participación importante de cebada molida: por encima del 10 %). En Canadá se ha desarrollado una cebada

sin cáscara (glumas dehiscentes). Los cultivares sin cáscara o “hulless”, en inglés) mejoran su valor de energía (aportan un 15 % más de energía digestible para los cerdos) con lo que llega a ser tan buena en energía como el maíz.

#### **Avena, *Avena sativa* (oats en inglés) (IFN 4-03-309)**

En la Edad de Bronce se conocía la avena en Europa. Es un cereal de zonas frías y húmedas como el norte de Europa, por ejemplo, y acepta suelos menos fértiles que para el trigo. No obstante, se cita como megacentro de origen al del Mediterráneo (según la FAO).

Lo dicho respecto de la variabilidad de la cebada, se aplica a la avena, con la diferencia que el grano de avena tiene más fibra aún (10-15 % versus 5 a 8 % de la cebada) que la cebada, por lo que el TND de la avena es más bajo que el de la cebada. Cada 1 % más de fibra significa 2,5 % menos de TND. Cuando se despunta el grano de avena para hacerlo menos agresivo a las mucosas del aparato digestivo, se pierde algo de fibra. Si se comparan avena pelada con cebada pelada, trigo y arroz descascarado y maíz, se concluye que son todos fuentes de energía con aproximadamente igual valor alimenticio en una ración. La diferencia más importante está relacionada con la presencia de más o menos cantidad de cáscara o más específicamente con el nivel de fibra.

Nutrientes:	%	Variación	Nutrientes	%	Variación
Humedad	12,0	10,00 a 15,00	Cenizas	4,0	3,50 a 4,50
Proteína	10,0	9,00 a 11,00	Calcio	0,1	0,05 a 0,13
Extracto etéreo	4,5	3,50 a 5,50	Fósforo	0,35	0,25 a 0,50
Fibra bruta	12,0	10,00 a 13,00	-	-	-

**Tabla 74:** Composición química del grano de avena expresada en base a alimento tal cual.

Globalmente es el quinto cereal en producción, de efecto favorable por su buena palatabilidad. Presenta valores más altos de proteína que los otros granos, con mayor contenido de lisina, metionina y aminoácidos totales (el mejor equilibrio en aminoácidos) y un más alto nivel de extracto etéreo. De ese extracto etéreo el 40 % es ácido graso esencial linoleico.

Es el cereal más seguro para el consumo por parte de rumiantes y caballos cuando se usa un solo grano en la ración y esto por la menor densidad y mayor porcentaje de fibra lo que hace más difícil un consumo excesivo y menor posibilidad de formar pastones de almidón en el estómago, como puede suceder con granos de menos fibra, con los consiguientes peligros de acidez.

En la tabla 75 se observa el aporte de energía, TND y de fibra para rumiantes de los granos de avena, cebada y maíz para observar sus diferencias.

Entre el 25 y el 35 % del peso del grano es de las glumas y esta variación se ve afectada por el manejo del cultivo que también hace que el contenido proteico varíe. Esto no quita que sea necesario vigilar la cantidad a suministrar en la dieta y la importancia de la relación de concentrado: forraje en rumiantes y equinos, pero el peligro de acidez ruminal o cólicos, o laminitis, en caballos (monogástricos no rumiantes), es menor que con los otros granos.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Granos	TND %	FDN %	FDA %	CHNF %	ENI Mcal/kg	ENm Mcal/kg	ENg Mcal/kg
Avena	77	32	16	45,9	1,719	1,785	1,146
Cebada	84	19	7	62,8	1,917	1,962	1,344
Maíz	85	9	3	75,1	1,984	2,028	1,411

**Tabla 75:** Composición en fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), carbohidratos no fibrosos (CHNF), total de nutrientes digestibles (TND) y energías de lactancia (ENI), mantenimiento (ENm) y ganancia (ENg) de los granos de avena, maíz y cebada expresados en base a materia seca (Preston, 2016).

No hay evidencia experimental que soporte la afirmación respecto a que la avena tenga virtudes nutricionales especiales para alguna clase de animales. Es cierto que la cáscara de avena es algo más blanda y quizá menos irritante para el tracto digestivo que la cáscara de cebada. Por sus glumas, puede darse sin peligro de problemas digestivos porque no forma aglutinaciones de alimento (de su almidón) en el estómago sino el volumen suelto o “bulto elástico” que crea, permite, el ataque de los microorganismos y / o jugos gástricos (según se trate de rumiantes o monogástricos).

Se busca al grano de avena de peso específico elevado para obtener la de buena calidad: 50 kg/ hectolitro para avena entera y 19 a 22 kg/ hectolitro para la avena aplastada.

Con respecto a la densidad (o peso específico) de los granos ( $\text{kg/m}^3$ ) la humedad de los mismos tiene su influencia y existe la “ecuación de Nelson” para determinar esa densidad expresada en  $\text{kg/m}^3$ :

$$= 701,9 + (1676 \times H) - (11,598 \times H^2) + (18,240 \times H^3) \text{ kg/ m}^3 \text{ (donde H = humedad).}$$

Para convertir a “libras” / “bushell Winchester” (o “lb./ bu.”) (e interpretar información de países que aún no se adhirieron al sistema métrico) se multiplica el valor de  $\text{kg/m}^3 \times 0,077$ . O teniendo el valor en libras / bushell, se divide por 0,077.

Ejemplo: el maíz grado 1 en EE. UU. pesa 56 lb/ bu  
 $56 / 0,077 = 727,3 \text{ kg/m}^3$

La avena es el cereal tradicional y de elección en el racionamiento de caballos (excepto los caballos árabes que en su país de origen se alimentan mayormente con cebada), vacunos y lanares (sobre todo reproductores) y otros animales como conejos y otros roedores, pero esta preferencia no la hace irremplazable en la formulación de las raciones. Aun siendo tan importante para los caballos, puede reemplazarse bien por otros alimentos teniendo en cuenta que se debe cubrir los aportes que deja vacante la avena, sobre todo su “bulto elástico” que impide formar una masa como un “engrudo”, característico de los granos desnudos cuando no se les agrega suficiente fibra que hace que el animal esté proclive a cólicos muy dolorosos y a veces fatales (en equinos sobre todo y también en rumiantes).

El lector encontrará varias veces repetido este peligro de cólicos y demás problemas digestivos por falta de suficiente fibra en la dieta de rumiantes y equinos, principalmente. Esto responde a problemas ya experimentados desde que se empezó a agregar concentrados a sus dietas.

Contribuye, en estos animales, al beneficio del uso de avena (lo mismo que en la cebada) la cantidad de polisacáridos distintos del almidón referidos como betaglucanos, solubles en agua, distribuidos en toda la semilla en un rango del 3 al 6 %. En el aparato digestivo los betaglucanos aumentan la viscosidad del contenido ruminal. Al espesarse la digesta debido a la característica de estos polisacáridos (de retener agua) se hace más despacio la digestión de los almidones como se refleja en los niveles de glucosa e insulina (índice glicémico) pero el límite de la digestibilidad de la fracción almidón de la avena no es diferente de la de los otros granos (así, y ya se dijo, como los árabes criaron sus caballos con raciones a base de cebada, los británicos criaron los pura sangre con raciones en base a avena y se sigue esa rutina con los pura sangre locales).

Donde su precio es competitivo, se usa mucho en períodos de acostumbramiento de vacunos, lanares y yeguarizos en su alimentación con grano. Es muy apreciada por los terneros suplementados con la práctica de comedero excluidor o “creep feeding”.

Por su popularidad, su precio está a veces sobrevaluado más allá de su valor como alimento.

Es conveniente, previo al suministro de grano de avena, tratarlo de alguna forma (molienda, despunte, rolado o arrollado, remojado, con vapor, o combinación de algunos de estos) para que sus glumas sean las partes principalmente afectadas para obtener así una mejor digestión y un rendimiento de mayor energía neta. No se necesita moler para terneros de hasta 9 meses porque la mastican bien.

En el caso de rolar o arrollar el grano de avena (con molinos a rolos o rodillos) hacer el ajuste adecuado de los rodillos, para que no pasen granos sin aplastar que después pasarían enteros al estiércol de animales de más de nueve meses de edad.

Es un alimento de muy buena palatabilidad. Para valorar su calidad se recurre al peso específico y a la apreciación de las características organolépticas y recuento de semillas de malezas y cuerpos extraños, El peso específico en este grano es importante porque reflejará la cantidad de fibra y por lo tanto de su proporción con el almidón y los otros nutrientes de más digestibilidad. La avena varía mucho en calidad por diferencias de variedad, fertilización, plagas y enfermedades, por lluvias caídas durante su ciclo de desarrollo y producción de grano y, si ha sido pastoreada, o no, durante su desarrollo vegetativo (lo mismo que pasa con la cebada).

En alimentos para aves se puede incorporar avena sobre todo en alimentos para la crianza de las futuras reproductoras y futuras ponedoras y para las mismas, ya en producción. La avena reduce el problema de canibalismo o “picaje” en las pollas en crecimiento y en las aves en postura.

Comparte en general las deficiencias de los otros granos en cuanto a la calidad de su proteína, pero, dentro de ese nivel de deficiencia de aminoácidos esenciales, es de mejor calidad que los otros. Es baja en calcio y algo mejor en fósforo, pero tiene más de los dos minerales que el resto de los granos.

En los países que obtienen avenas sin cáscara, la usan en alimentos para lechones y reemplaza totalmente al maíz (por su energía y carencia de la fibra que aportaría la cáscara) y reemplaza también a parte de la harina de soja y, favorece a la ración en que participa, por su palatabilidad. Existen variedades (por ejemplo, la variedad “Paul” de la U. de Dakota del Norte (EE. UU.) contiene sólo 5 % de cáscara en lugar del 30 % de la de alta fibra. Como en el caso de la cebada sin cáscara, los cultivares de avena sin cáscara no rinden tanto por hectárea como la avena tradicional. Carece de provitamina A y de vitamina D.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Tanto la avena como la cebada y el centeno tienen un componente “gomoso” (ya comentado), que causa deyecciones pegajosas especialmente en aves. Se trata de los betaglucanos que, con el agregado de enzimas (betaglucanasa) al alimento, se reduce esta viscosidad y el alimento mejora su conversión alimenticia para estos animales. Una fuente de enzima que ataca a los betaglucanos de estos granos es la betaglucanasa obtenida del filtrado del hongo *Trichoderma reesei*.

### Rebacillo de avena o remolido de avena (*oat mill by product*, en inglés) (IFN 4-03-303)

Al preparar avena arrollada para consumo humano se produce un subproducto para consumo animal que se denomina rebacillo o remolido de avena y consiste en puntas, glumas y partes del grano que quedan adheridas a puntas y glumas, más polvo de los granos desprendido al procesarlos. También forman parte de este subproducto, los granos muy finos y chicos, separados por el zarandeo de los que se procesan para consumo humano. Todo este conjunto se remuele y de ahí uno de sus nombres (remolido de avena). Observar su composición química en la tabla 76.

*Mucha gente está dispuesta a trasladar el asiento  
cuando lo que hay que mover es el piano.*

**W. Jackson Brown Jr.**

### A) Comparación de la composición química del rebacillo de avena y el grano de avena entero

Nutrientes:	Rebacillo de avena	Grano de avena
Proteína bruta %	3 a 6,0	10,0
Extracto etéreo %	2,0	4,5
Fibra bruta %	30,0 +	12,0
FDN %	78,0 (MS)	32,0 (MS)
FDA %	40,0 (MS)	16,0 (MS)
Cenizas %	11,0	4,0

### B) Otros valores de análisis de rebacillo de avena

Materia Seca	93 %	TND	37 %
Calcio	0,1 %	Proteína digestible	1,0 %
Fósforo total	0,15 %	EM aves	350 Kcal/kg
Fósforo inorgánico	0,04 %	EM	350 Kcal/kg

**Tabla 76 A y B: A:** Composición química del grano de avena y del rebacillo de avena expresado en alimento tal cual. **B:** Composición química del rebacillo de avena respecto a materia seca, calcio, fósforo (total e inorgánico), TND, proteína digestible y energía metabolizable (Bath, 2018).

Por su análisis no se trata de un concentrado energético y su uso está indicado para rumiantes y equinos principalmente (aunque no exclusivamente). Es un buen absorbente de melaza lo que permite su incorporación en dietas donde no hay equipos especialmente adaptados para manipularla con más facilidad o comodidad.

Su uso aporta principalmente fibra y los restos de granos de avena le dan palatabilidad y buena aceptación.

**Mijo, *Pennisetum glaucum* (pearl millet) (IFN 4-03-118)**

Hay además otros *Pennisetum*: *Pennisetum americanum* (L), *Pennisetum typhoides* (conocido como bajra, en la India).

Es un grano producido en verano, después del trigo, por ejemplo, en las provincias de Santa Fe y norte de Buenos Aires y también en otras provincias donde resiste a las sequías y las temperaturas altas de la estación. Es un cultivo de buen macollaje que se adapta a condiciones climáticas tropicales semiáridas: Prospera con sólo 300 mm de precipitación en suelos arenosos y algo más si se cultiva en suelos arcillosos; por esto es de importancia su producción en países como China, India, Pakistán, Burma, Yemen, donde se concentra la mitad de la producción mundial de este grano. Los megacentros de origen del mijo son África y China-Japón, según FAO (Kajuna, 2001).

Se defiende de las sequías enrollando sus hojas (en forma similar al sorgo) para ofrecer menor superficie de evaporación (tomando sus hojas forma acigarrada). Permanece en latencia durante la estación seca. También tiene un mayor número de raíces secundarias que le permite defenderse mejor ante la humedad limitada del suelo.

El mijo (*Pennisetum glaucum*) es el sexto grano en importancia en el mundo (arroz, maíz, trigo, sorgo, cebada y mijo). En India ocupa el cuarto lugar como grano utilizado para consumo humano luego del arroz, trigo y sorgo.

Parámetro	Cantidad	Variación
TND( %)	75 %	(68 a 78 %)
Energía neta mantenimiento (ENm)	1,80 Mcal/kg	
Energía neta ganancia (ENg)	1,21 Mcal/kg	
Energía neta lactancia (ENI)	1,74 Mcal/kg	
Energía metabolizable aves (EMaves)	2898 a 2970 kcal/kg	
Energía metabolizable cerdos (EMcerdos)	3057 kcal/kg	
Fibra bruta	6 a 8 %	
Extracto etéreo	3,60 a 4,00 %	
Cenizas	3,20 a 3,50 %	
Calcio	0,05 %	
Fósforo	0,30 %	
Proteína bruta ( %PB)	11,00 a 11,60 %	
Proteína digestible ( % de la PB)	65 %	
Valor comparable al maíz para cerdos	-	85 a 90 %
Valor comparable al maíz para aves	-	95 a 100 %

**Tabla 77:** Composición química del grano de mijo, valores expresados en base a materia seca (NRC, 1994).

Cuando se lo cultiva como forraje para pastorear, además de favorecerle el hecho de ser de buen macollaje, se puede empezar a pastorear con cuarenta centímetros de altura. No tiene compuestos tóxicos o antinutritivos. Rinde alrededor de 30.000 kg de forraje verde por hectárea. Se puede pastorear, henificar o ensilar. Tiene buen rebrote.

Para henificar, se recomienda dejar crecer el cultivo hasta una altura de 70-80 cm de alto y no más porque pierde palatabilidad. Comparando su calidad forrajera con la del sudan grass (sorgo forrajero) por presentar similares condiciones de clima y estacionali-

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

dad, se observa nutricionalmente son muy similares pero el mijo no presenta el peligro de toxicidad del sorgo (ácido cianhídrico) y además no se encaña como el sorgo forrajero.

El grano de mijo es pequeño (cien semillas pesan cinco gramos), y presentan una capa celulósica fuerte. Es necesario quebrarlo o remojarlo (si se va a dar entero) para ser mejor aprovechado por los animales (ver tabla 77).

De esta forma rinde entre un 80 y un 85 % del valor alimenticio del maíz y se puede utilizar en la alimentación de cerdos y de aves. Observar en la tabla 78 que se encuentra a continuación los valores resaltados con un asterisco: el mijo y la avena son los granos con mayor contenido de fibra seguidos por la cebada. Ese mayor contenido de fibra se asocia a valores de TND más bajos, pero, sorprendentemente, el valor de energía metabolizable para aves, del mijo es el más alto de los que aportan los tres granos vestidos mencionados, siendo más cercano al valor del maíz que al de los otros granos (3240 Kcal/kg del grano de mijo, 2750 para el grano de cebada y 2550 para el grano de avena).

Nutrientes:	Cebada	Avena	Mijo	Maíz dentado
Materia seca %	89,0	90,0	90,0	86,0
Proteína ruta %	11,50	11,00	11,50	7,90
Grasa %	1,90	4,00	3,60	3,50
Fibra bruta %	5,00	10,50	6,50	1,90
Calcio %	0,08	0,10	0,05	0,01
Fósforo total %	0,42	0,35	0,30	0,25
Fósforo inorgánico %	0,15	0,14	0,10	0,09
Cenizas %	2,50	4,00	3,20	1,10
Proteína digestible en rumen %	8,60	8,80	7,00	5,80
TND %	74,0	66,80	69,0	80,0
EM aves (Kcal/kg)	2750,0	2550,0	3240,0	3390,0
EM cerdos	2870,0	2670,0	3.200,0	3350,0
Metionina %	0,20	0,20	0,28	0,18
Cistina %	0,25	0,21	0,20	0,28
Lisina %	0,40	0,50	0,23	0,25
Triptofano %	0,17	0,18	0,17	0,07
Treonina %	0,36	0,50	0,36	0,29
Arginina %	0,50	0,80	0,33	0,40

EM: energía metabolizable.

**Tabla 78:** Análisis comparativo del grano de mijo con los granos vestidos avena y cebada y con el grano de maíz (grano desnudo patrón en nuestro medio) expresado en valores tal cual (Hassan *et al.*, 2021).

En relación al aporte de aminoácidos, presenta un contenido más bajo de lisina que los otros granos, pero más alto en metionina y sin mayores variantes respecto al resto de los aminoácidos en relación a otros concentrados energéticos. Al suministrarlo en dietas para aves su aporte es similar al del maíz, aunque se debe tener en cuenta el porcentaje de fibra. Su valor nutritivo como en los otros granos vistos, está influido por el manejo agronómico del cultivo, condiciones de la cama de siembra, fertilización, presencia de plagas y enfermedades, precipitaciones, temperatura, pastoreo previo o no (como se estila con varios cereales), entre otros.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Es bien aceptado por las aves, en especial por las ponedoras, con algo más de consumo usando mijo que usando maíz (para la misma producción). En aves al utilizarlo en lugar del maíz, se observa que no afecta su consumo al tamaño del huevo o al peso vivo de los animales y mejora la fertilidad de los huevos de incubar.

En el INTA de Pergamino se comprobó un uso provechoso de mijo en ponedoras a niveles entre 20 y 30 % de la ración siendo más económico por lo que se abarata el costo de producción.

A continuación, se observan datos comparativos del grano de mijo respecto al de sorgo forrajero (ver tabla 79) y respecto al grano de moha (ver tabla 80):

Especie:	Materia seca %	Proteína bruta %	EM aves Mcal/kg	TND %	Fibra %
Mijo	21	10,10	2,31	62	31
Sorgo forrajero	21	10,0	2,70	60	31

**Tabla 79:** Análisis comparativo del grano de mijo y del grano de sorgo forrajero expresado en base a alimento tal cual.

Con respecto a otra especie que se implanta también luego de un cultivo invernal (como ser: trigo, avena, cebada o centeno) y también presenta grano pequeño como es la moha, *Setaria itálica* (IFN 4-03-102), se observan las siguientes diferencias:

Especie:	Proteína %	Metionina %	Lisina %	Energía metabolizable Kcal/kg
Mijo	11,50	0,28	0,23	2950
Moha	10-12	0,23	0,21	3000.

**Tabla 80:** Análisis comparativo de la composición de granos de mijo y granos de moha expresados en base a alimento tal cual.

El cultivo de mijo rinde entre 1000 y 1500 kg de grano por hectárea. En alimentos para pollos parrilleros, se pueden incluir entre 40 y 45 % de la ración reemplazando igual cantidad de maíz sin afectar a los rendimientos de estas aves.

El mijo madura más rápido que el sorgo granífero y puede crecer con menos lluvia. Algunas variedades de mijo, en 100 días, maduran el grano y rinden entre 1 y 1,5 toneladas por hectárea. Es un cultivo precoz, de ciclo vegetativo corto. Otras variedades tienen un ciclo de 120 a 140 días. El mijo como forraje rinde pasto a los 70-75 días de sembrado. Se recupera muy fácil luego de llover, tras una sequía.

Por su tamaño, el grano escapa a la masticación, lo que hace necesario molerlo previamente. En su materia grasa tiene 50 % de ácidos grasos no saturados (especialmente ácidos linoleico y linolénico) lo cual es muy favorable desde el punto de vista nutritivo. Sus valores de análisis lo hacen comparable a los cereales típicos en cuanto a su valor alimenticio. Es una buena alternativa para la suplementación de vacunos en todas sus categorías. Los resultados de pruebas de alimentación de novillos en crecimiento y en terminación, sugieren que la proteína del mijo es de mayor valor biológico que la del grano de sorgo y siendo así, es más ventajoso su uso en animales en crecimiento que en terminación (Brethour & Stegmeier, 1983; Sullivan *et al.*, 1990).

**Triticale, *Triticum secale*, (mismo nombre en idioma inglés) (IFN 4-20-362)**

Es un cereal creado por el hombre, el primer cereal fruto de la ingeniería genética, un híbrido como resultado de cruzar trigo (“triti”, de *Triticum*), con centeno (“cale”, de *Secale cereale* el nombre en latín del centeno).

El primer triticale se creó en 1880, en Alemania, el 2º, en Rusia en 1930. En 1970 ya se cultivaron triticales en volúmenes comerciales en EE. UU.

Nutrientes:	Triticale	Centeno	Trigo
Proteína bruta %	16,50	13,70	14,70
Fibra bruta %	3,30	2,50	2,80
Extracto etéreo %	1,60	1,70	2,00
Cenizas %	2,00	2,00	2,00
TND (vacunos) %	84,00	82,60	88,00
Calcio %	0,05	0,07	0,05
Magnesio %	0,26	0,12	0,15
Fósforo total %	0,37	0,36	0,39

**Tabla 81:** Análisis comparativo de la composición química de los granos de triticale, centeno y trigo expresados en base materia seca (NRC, 1994).

A continuación, en la tabla 82 se presentan los resultados de otros parámetros comparando a estos tres granos:

Grano:	TND %	FDN %	FDA %	CHNF %	EN Lactancia Mcal/kg	EN Mantenimiento Mcal/kg	EN Ganancia Mcal/kg
Triticale	84	22	5	63,7	1,940	2,050	1,366
Centeno	84	10	4	72,6	1,851	1,940	1,278
Trigo	88	12	4	65,1	2,006	2,160	1,433

**Tabla 82:** Análisis comparativo de la composición química de los granos de triticale, centeno y trigo expresados en base materia seca respecto a su contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA), total de nutrientes digeribles (TND), carbohidratos no fibrosos (CHNF) y energía neta (EN) de lactancia, mantenimiento y ganancia expresadas en Mcal/kg (NRC, 2001).

Los valores dados muestran similitudes cercanas entre triticale y sus granos padres. El centeno crece bien en suelos menos fértiles y en condiciones de climas más variables que los que necesita el trigo. El triticale tolera mejor las sequías que los otros granos.

Aunque el aminoácido limitante en el centeno es lisina, el nivel de este aminoácido es mayor que en el trigo y por lo tanto la proteína del triticale tiene mayor valor nutritivo. Presenta menor palatabilidad que el trigo y su susceptibilidad a la infestación con el hongo *Claviceps*, limitan su uso en la alimentación animal. Hay algunos triticales menos susceptibles que otros al hongo *Claviceps*.

El cultivo de triticale madura suficientemente temprano para permitir una doble cosecha (de soja de segunda o de sorgo u otras cosechas de verano subsiguientes, como el mijo).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Al desarrollar este cultivo, la idea fue la de combinar la rusticidad del centeno con la excelente palatabilidad del trigo (además de sus buenas condiciones de panificación) y que se pudiera cultivar en áreas no aptas para el cultivo de trigo. El triticale tolera un clima adverso al trigo y presenta un comportamiento mejor frente a plagas y enfermedades que el trigo (excepto la susceptibilidad de ataques por *Claviceps sp.*) y también se comporta mejor que el trigo en suelos arenosos y ácidos.

Nutrientes:	Triticale	Trigo	Maíz	Centeno
Proteína bruta (% de materia seca)	16,80	17,20	10,70	10,90
Aminoácidos (g por 100 g de proteínas)				
Lisina	3,00	2,60	2,10	3,39
Treonina	1,90	1,70	3,20	3,30
Metionina	1,90	1,60	1,00	1,56
Cistina	2,60	2,41	1,00	2,39
Leucina	6,50	6,20	9,60	-
Isoleucina	3,10	2,80	4,30	-
Valina	3,60	3,40	3,20	-
Arginina	4,40	4,20	4,30	-
Histidina	2,00	2,00	2,10	-

**Tabla 83:** Composición proteica de los granos de triticale, trigo, maíz y centeno expresados en base a materia seca (Salmon, 1984; Mergoum *et al.*, 2007).

El valor energético del triticale ha sido descrito como similar al del trigo. Los valores encontrados para triticale, de energía metabolizable para aves van de 2870 a 3130 Kcal/kg (valores expresados base tal cual, con su humedad) y la energía digestible para cerdos varía de 3440 a 3890 Kcal/kg (base tal cual). Esta variación en los valores se debe probablemente al contenido variable de extracto etéreo (aceite) de las distintas variedades de triticale. Los valores comparativos son citados para establecer una comparación y evaluación entre los cuatro granos. Pueden existir diferencias entre variedades dentro de cada especie.

Nutrientes:	%	Nutrientes:	%
Extracto etéreo	1,70	Fósforo	0,38
Fibra bruta	2,70	Magnesio	0,15
Cenizas	2,40	Sodio	0,01
Calcio	0,10	Almidón	57,30(*)

(\*): almidón en trigo 60,70 % y en centeno 55,80 %

**Tabla 84:** Composición química del grano de triticale respecto a extracto etéreo, fibra bruta, cenizas, calcio, fósforo, magnesio, sodio y almidón expresados porcentaje base materia seca (Halvorson *et al.*, 1983).

Un triticale norteamericano: “Beagle 82” tiene mejores porcentajes de aminoácidos que el maíz, ver tabla 85:

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Aminoácidos: %	Maíz	Triticale "Beagle 82"
Lisina	0,24	0,41
Metionina + cistina	0,30	0,45
Triptofano	0,08	0,15
Treonina	0,39	0,49

**Tabla 85:** Tabla comparativa del contenido de aminoácidos del grano de maíz y del grano de triticale Beagle 82 (Hale *et al.*, 1985).

Esto significa en una ración para cerdos, por ejemplo, una reducción de alrededor del 5 % de harina de soja en la ración con triticale respecto de la hecha a base de maíz manteniendo los mismos valores de aminoácidos en ambas.

Factores anti nutricionales: provenientes del centeno se han transmitido a ciertas variedades de triticale. Algunos factores anti nutricionales como "alquil resorsinoles", que son inhibidores de la tripsina y quimiotripsina y también alcaloides (ergot), de la familia del ácido lisérgico y sus isómeros. La composición y cantidad de estos alcaloides varía mucho entre los esclerotos de *Claviceps purpurea*, de espigas vecinas de un mismo lote cultivado de triticale, así como sucede con el centeno. Estos esclerotos reemplazan a los granos en las espigas y son algo más grandes que esos granos así que sobresalen de las espigas. En el centeno pueden ser considerablemente más largos que los granos.

Los "alquil resorcinoles" se encuentran asociados con la porción fibra y están por lo tanto en el afrecho del triticale.

Los inhibidores de tripsina y quimiotripsina impiden la ruptura de las cadenas peptídicas en aminoácidos individuales y por lo tanto se disminuye la absorción de los mismos por el aparato digestivo. El contenido de inhibidor de tripsina del centeno es de 20 a 30 veces más alto que en el trigo y los valores en las variedades de triticale son intermedios y variables según esas variedades.

En cuanto al alcaloide del hongo *Claviceps purpúrea* (ergot), las primeras variedades de triticale eran susceptibles, pero en variedades como "*Triticale aestivum*", el potencial de infestación ha disminuido. El efecto de la contaminación con *Claviceps* reduce el crecimiento y consumo de alimento debido a su pobre palatabilidad y en las cerdas, disminuye la tasa de preñez y los períodos de gestación con creciente mortandad neonatal.

Las aves exhiben efectos similares sobre el crecimiento (con 1.6 % de ergot) y con mortandades, con niveles altos de contaminación con ergot (con 12,8 % de ergot). Algunos signos de contaminación con ergot se reflejan como ennegrecimiento de uñas, dedos y picos de las aves.

En rumiantes, se ve afectado principalmente el sistema nervioso con síntomas de ataxia (control imperfecto de los movimientos y de las funciones corporales) y lesiones gangrenosas en orejas, cola y en cerneas (articulación cerca de la pezuña en vacunos y del vaso de los caballos, herbívoro monogástrico).

Para mantener el crecimiento de los animales alimentados con dietas conteniendo triticale en niveles comparables a dietas con otros granos (maíz o trigo) y para disminuir el efecto de posibles factores antinutricionales de algunas líneas, se sugieren los siguientes niveles de uso (ver tabla 86):

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Especie:	Categoría	%
Cerdos	Iniciador, crecimiento	25
	Terminación	40
	Cerdas madres	30
Pollos parrilleros	Iniciador, crecimiento	25
	Terminación	30
	Pollita bebé	20
Gallinas ponedoras	Pollas en crecimiento	25
	Ponedoras y reproductoras	15
Pavos	Iniciador	25
	Crecimiento y terminación	30
	Reproductores	20
Bovinos	Terneros	50
	Lecheras, vacas de cría	Libre*
Lanares		Libre*

\* Prestar atención que tanto para bovinos como lanares aparece como libre, pero teniendo en cuenta, que al ser rumiantes, el agregado de grano debe hacerse en forma escalonada para generar una adaptación de la flora ruminal y siempre con un adecuado nivel de fibra en la ración para evitar la acidosis.

**Tabla 86:** Recomendación de uso de triticale en raciones de distintas especies como porcentaje del total de la ración para mantener el crecimiento de los animales alimentados con dietas conteniendo triticale en niveles comparables a dietas con otros granos (maíz o trigo) y para disminuir el efecto de posibles factores antinutricionales de algunas líneas.

Las características de molienda y manipuleo general del triticale son similares a las del trigo y conteniendo cantidades parecidas de almidón, se podrán obtener pelleteados de una calidad similar (que no se desintegran fácilmente con el manipuleo, por su efecto aglutinante).

En resumen, el triticale tiene mejor tolerancia a la sequía e insectos dañinos, mayor rinde por hectárea y mayor porcentaje de proteínas que la mayoría de los otros cereales. Dado que uno de los padres es el centeno, el valor nutricional de los distintos triticales es variable de una línea a otra, sumado a las variables debidas a cama de siembra, régimen de lluvias durante el cultivo, incidencia de plagas y enfermedades, fertilización, como en los otros cultivos que incidirán en la calidad del grano.

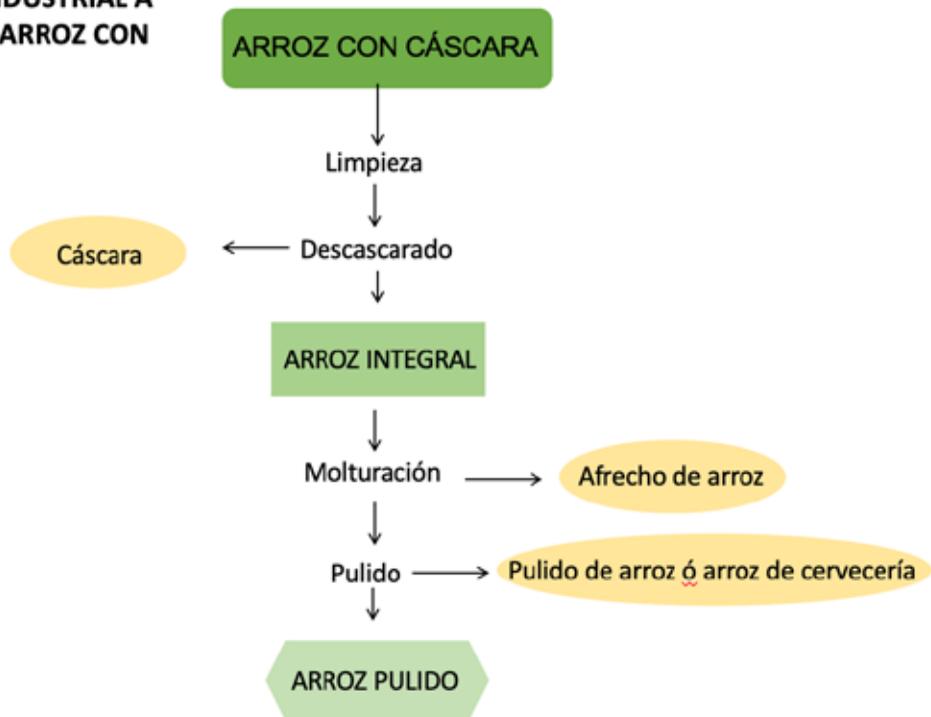
*Los errores son más fáciles de evitar que de corregir*  
(Anónimo)

### **Afrecho de arroz (*rice bran*, en inglés) (IFN 4-03-928)**

El afrecho de arroz es el pericarpio o capa exterior del grano de arroz que se ha descascarado previamente con la capa de aleurona más una pequeña porción de endosperma además del germen del grano con sólo la cantidad de fragmentos de cáscara, fragmentos de grano (granos rotos y granos chicos o “granos de cervecería”, como se los llama) que el tipo de maquinaria empleado no puede separar en el proceso de pulido del arroz para consumo humano (ver figura 5).

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

### PROCESO INDUSTRIAL A PARTIR DEL ARROZ CON CÁSCARA:



**Figura 6:** Proceso industrial del arroz para la obtención de grano de arroz pulido para consumo humano y sus subproductos.

A continuación, en la tabla 87, se presentan los porcentajes aproximados de las distintas fracciones que se obtienen al procesar 100 kilogramos de arroz con cáscara, como se lo obtiene luego de la cosecha y sus usos:

Arroz pulido: para consumo humano	65 %
Cáscaras: para cama de pollos, caballos, etc.	19 %
Afrecho de arroz: alimento animal	8 %
Pulido de arroz: alimento animal (**)	3 %
Arroz de cervecería: para cervecería y/o (*) (**)	2 %
Limpieza de zaranda: alimento animal (**)	3 %
(*): el "arroz de cervecería" se usa en alimentación animal especialmente para alimentos para mascotas (perros y gatos) cuando no se requiere para fabricar cerveza de más tenor alcohólico, que la que puede dar la malta de cebada por sí sola. (**): suelen incorporarse al afrecho de arroz. Cuando el arroz de cervecería no va a los destinos mencionados (producciones chicas de molinos arroceros de poca capacidad), se suele incorporar al afrecho de arroz con lo que los subproductos para alimentación animal serían: 8+3+2+3=16kg de 100 kg del grano con cáscara original.	

**Tabla 87:** Porcentaje de las distintas fracciones que se obtienen al procesar 100 kilogramos de arroz con cáscara (tal cual luego de la cosecha).

En la tabla 88 que sigue se observan los datos de la composición química del afrecho de arroz. Se debe tener en cuenta que la grasa (aceite) del afrecho de arroz contiene una enzima, una lipasa, que lo hace peligroso de conservar sin usar, en almacenamiento, por

más de unos pocos días, sobre todo en verano. El agregado de antioxidantes sólo preserva del enranciamiento de los ácidos grasos ya liberados por la lipasa. Actuando sobre los triglicéridos del aceite (es una rancidez hidrolítica) pero no impiden la continuidad de la acción de esa enzima sobre la materia grasa restante. Esta hidrólisis no es tan dañina como la rancidez oxidativa que puede afectar el valor nutritivo del afrecho de arroz. Es decir, los antioxidantes previenen la rancidez, pero no la hidrólisis de la materia grasa provocada por la enzima. Como norma de calidad se trata de mantener su valor de peróxido en no más de 5 miliequivalentes por kg. El contenido de ácidos grasos libres es una indicación del grado de rancidez del material en almacenaje.

Análisis tal cual:	Afrecho de arroz (con 12 % humedad)	Grano de Arroz vestido	Cáscara de Arroz
Proteína bruta	12,0 % (de 10,00 a 14,5)	8,00 %	3,00 %
Grasa	12,0 % (10,00 a 15,00)	2,00 %	0,50 %
Fibra bruta	12,0 % (10,50 a 14,50) (***)	10,00 %	36,00 %
Cenizas	11,0 % (10,50 a 14,50)	4,50 %	17,00 % (95 % Si.)
Calcio (*)	0,10 % (0,05 a 0,15)	0,08 %	-
Fósforo (**)	1,60 % (1,00 a 1,80)	0,35 %	-
Extractivo no nitrogenados	40,00 (TND 68 %)	65,00 %	-

El aceite de arroz es parecido al aceite de maní y tiene 35 % de ácido linoleico.  
 (\*) (\*\*): El nivel de fósforo es alto y con una relación inversa respecto del calcio lo que obliga a tenerlo en cuenta para invertir esa relación al considerarlo como ingrediente de una ración para las distintas especies animales.  
 (\*\*\*) : La fibra detergente neutro (FDN) del afrecho es de 23 % y la fibra detergente ácido (FDA) es de 13 %.

**Tabla 88:** Composición química promedio de afrecho de arroz (valores tal cual).

Aminoácidos %	Treonina	Cistina	Metionina	Lisina	Arginina
Aminoácidos totales	0,56	0,31	0,31	0,62	1,49
Coefficiente de digestibilidad	82,8	79,9	82,1	85,2	94,3
Aminoácidos digestibles	0,46	0,25	0,25	0,53	1,41

**Tabla 89:** Digestibilidad verdadera de los aminoácidos treonina, cistina, metionina, lisina y arginina del afrecho de arroz con 14.12 % de proteína bruta expresados en base a materia secas (Gallinger *et al.*, 2003).

El afrecho de arroz tiene además buenos niveles de vitaminas del grupo “B”: biotina (vit. H), niacina, tiamina (B1), ácido pantoténico, piridoxina (B6), y vitamina “E”.

El grano de arroz se cosecha con sus glumas (cáscaras) y con 20-27 % de humedad. Luego se seca a una temperatura de 37°C y esto ayuda al proceso de separación de las glumas o descascarado. Las cáscaras resultantes suelen comercializarse para su uso en galpones para pollos parrilleros, y otros animales mantenidos en estabulación.

El proceso de industrialización continúa con la separación del afrecho y del germen del grano de arroz que comercialmente se denomina afrecho (el proceso industrial no separa ambas fracciones: afrecho y germen). El afrecho se usa en la alimentación de vacunos, cerdos y aves.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Para el ganado mayor presenta un comportamiento similar al afrecho de trigo. Aporta un 75 a un 80 % del valor alimenticio del grano de maíz molido al utilizarlo en vacas lecheras en producción: con un mayor aporte de proteínas y más grasa o extracto etéreo que el maíz, aunque aporta un mayor contenido de fibra y de cenizas.

Alimento:	% proteína by pass	FDN %	FDA %	TND %	ENm Mcal/kg	ENg Mcal/kg	ENlact Mcal/kg
Afrecho de arroz	34,0 % del 12 %	31,0	19,0	66,0	1,499	0,838	1,477
Afrecho de trigo	30,0 % del 15 %	46,0	12,0	70,0	1,609	0,970	1,565

**Tabla 90:** Composición química del afrecho de trigo y del afrecho de arroz expresados en base a materia seca para su utilización en vacunos (Preston, 2016).

Tratándose de la alimentación de vacunos, especialmente de vacas lecheras, el límite del uso de afrecho de arroz está dado por su nivel de material grasa que no debe superar unos 700 gramos por vaca por día, y esto asumiendo que es el único aporte de grasa en la dieta. En este caso, un afrecho de arroz con 12 % de extracto etéreo (EE) puede suministrarse hasta:  $0,700 / 0,120$  (en cada kg. de afrecho de arroz que contiene 12 %) = 5,8 kg/ día. Esto significa que en 5,8 kg de afrecho de arroz hay 700 gramos de aceite si ese afrecho contiene 12 % de extracto etéreo. Si la proporción de aceite (grasa) en el afrecho de arroz fuera de 9 % (en lugar de 12 %), la cantidad de afrecho de arroz posible de suministrar será de:  $0,700 / 0,090 = 7,78$  kg (en la práctica, 8 kg).

Si se le suministrara el afrecho de arroz de 12 % de grasa incorporado en una ración y de esta ración se le suministrara, por ejemplo, 6 kg/día la proporción de afrecho de arroz en esa ración sería de:

$$0,700 \times 100 / 5,8 = 11,66 \% \text{ (que se puede redondear a 12 \%)}.$$

Con afrecho de arroz de 9 % de grasa sería:  $0,700 \times 100 / 7,78 = 8,99 \%$  (9 % en la práctica)

Para cerdos se usa hasta un 25 % de la ración con valor alimenticio comparable al de una avena arrollada (que es un 90 % del valor alimenticio del maíz). A niveles superiores al 25 %, el alto porcentaje de grasa con altos niveles de ácidos grasos no saturados, que contribuyen a la ración, produce canales de grasas blandas lo que representa una baja importante de su calidad comercial. No es recomendable el uso de afrecho de arroz en la alimentación de lechones por el peligro de rancidez de su materia grasa.

La calidad de la proteína es buena si se la compara con la de los granos de cereales. En aves se usa en niveles de 10 a 20 % y es la fibra la que limita un uso más elevado, además de la presencia también de un inhibidor de tripsina presente en este alimento. Las aves parecen ser más sensibles a este factor que los cerdos. El factor anti-tripsina no produce, en el caso del afrecho de arroz, en las aves, hipertrofia de páncreas como es el caso con harina de soja o poroto de soja sin tostar, pero afecta al consumo del alimento.

Este factor puede ser desactivado, así como la enzima lipasa, con calor húmedo lo que no se hace, hasta ahora, en nuestro medio. Esta práctica se utiliza en los países orientales donde la producción de este alimento es grande y, en consecuencia, su uso es muy extendido.

Un nivel alto de ácidos grasos insaturados especialmente de ácido linoleico favorece su incorporación en alimentos para aves dentro de los niveles mencionados. El ácido linoleico es un ácido graso esencial para las aves.

El aceite de arroz en el afrecho es inestable durante su almacenamiento pudiendo sufrir rancidez hidrolítica debido a la lipasa que contiene el afrecho que al interactuar con los triglicéridos del aceite libera ácidos grasos. Esta hidrólisis no es tan dañina como la rancidez oxidativa que puede afectar la aceptación (mal olor y mal gusto) y el valor nutritivo del afrecho.

Pero cuando la presentación final de una ración para aves sea en comprimidos (pellets), el nivel máximo de uso de afrecho de arroz será del 15 % porque a mayor nivel, la grasa contenida en este alimento hace muy difícil producir un buen comprimido (se desintegra al salir de la prensa y con el manipuleo posterior de la ración)

Lo mismo pasa con las raciones para los cerdos a esos niveles de incorporación.

Si bien con raciones molidas (no comprimidas), se pueden usar cantidades mayores de afrecho de arroz, éstas no bajan bien (por efecto del porcentaje de grasa) en los silos en que se almacenan cuando se manejan a granel y se producen problemas de descarga de estos silos (el alimento se traba en el manejo con silos a granel, queda “colgado”).

Cuando se extrae el aceite de arroz por la acción de solventes orgánicos, el afrecho resultante, no crea los problemas de rancidez, deja de presentar cantidad máxima de uso, no presenta el problema de favorecer las reses blandas. En este caso el análisis químico de este alimento varía y el alimento pasa a llamarse afrecho de arroz desgrasado.

#### **Afrecho de arroz desgrasado (*defatted rice bran*, en inglés) (IFN 4-03-930)**

El afrecho de arroz desgrasado tiene buena palatabilidad y se conserva bien en almacenamiento. El alto nivel de fibra (alta en lignina) y cenizas (alta en sílice) limitará su uso sobre todo en monogástricos por su acción irritante, abrasiva sobre la mucosa del intestino.

Nutrientes:	Promedios %	Variación %	Sin desgrasar Promedio %
Humedad	11,0	(de 10,0 a 12,5)	10,50
Proteína bruta	14,0	(de 13,5 a 15,5)	12,50
Grasa	1,0	(de 0,4 a 1,4)	14,0(*)
Fibra bruta	14,0	(de 12,0 a 14,0)	11,0
Cenizas	16,0	(de 14,5 a 16,5)	12,0
Calcio	0,10	(de 0,1 a 0,2)	0,10
Fósforo total	1,40	(de 1,1 a 1,6)	1,60

(\*) Este valor puede variar de 12 a 15 % según el equipo de procesamiento.

**Tabla 91:** Composición química del afrecho de arroz desgrasado y su análisis orientativo expresado en valores tal cual, con su humedad.

#### **Cáscara de arroz (*rice hulls*, en inglés) (IFN 1-08-075)**

No es un concentrado energético por su contenido de fibra y tiene, además, una proporción importante de sílice que la hace casi indigerible. Se usa, a veces, como diluyente de núcleos vitamínicos por su resistencia a tomar humedad y por la uniformidad de

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

molienda cuando se la muele para este propósito. Esto no afecta a las raciones donde se incorpora como diluyente de las premezclas pues sólo significan entre 200 y 300 gramos de cáscara por tonelada de ración en la dosis de premezcla que se agrega.

En la Tabla 92 se observa la composición química de la cáscara de arroz, pajas de trigo y paja de avena.

La fracción fibra de la cáscara de arroz es irritante para las mucosas del tracto digestivo pudiéndose llegar al extremo de provocar úlceras en el intestino, especialmente en equinos, conejos y cerdos, esto puede atenuarse si se mule muy finamente. También afecta negativamente la digestibilidad de otros alimentos de la dieta en todas las especies si se usa en cantidades importantes por tonelada.

No obstante, lo dicho respecto a los inconvenientes para ser usada como alimento, en algunos países de Europa se la ha usado como vehículo de nitrógeno no proteico mediante un tratamiento de temperatura (177°C = 350°F) y presión (175 libras por pulgada cuadrada), más la incorporación de amoníaco anhidro. Esto se conoce como “cáscara amoniada”. En otros casos se usan fosfato monocálcico más amoníaco anhidro, con el mismo propósito de aportar nitrógeno no proteico. El tratamiento por calor y presión hacen que la fibra de la cáscara sea más digestible que la cáscara cruda, pero el propósito del tratamiento es el de fijar la fuente de nitrógeno para que no se pierda antes de ser consumida y se libere en el rumen, también sin pérdidas

Análisis químicos:	Cáscara de arroz ( %ATC)	Pajas de trigo (base MS)	Pajas de avena (base MS)
Materia seca	92,00	(89,0)	(92,0)
Proteína bruta	2,80	(3,6)	(4,4)
Proteína digestible rumiantes	0,10	(0,3)	(0,9)
Grasa	0,70	(1,8)	(2,2)
Fibra bruta (es indigerible)	40,10(*)	(41,6)	(40,50)
Fibra detergente neutro	74,0	(64,4)	(50,00)
Fibra detergente ácido	64,4	(54,0)	(47,00)
Cenizas	18,90	(7,8)	(7,8)
Extractivos no nitrogenados.	29,80	(45,0)	(45,9)
TND (rumiantes)	10,00	(44,0)	(50,0)
Calcio	0,15	(0,18)	(0,24)
Fósforo total	0,07	(0,12)	(0,06)
(*) : Tiene alto contenido de sílice, gasta los dientes al masticarla.			

**Tabla 92:** Análisis químico aproximado de cáscara de arroz expresado en base a alimento tal cual (Ensminger & Olentine, 1983).

Con los valores anteriores no es extraño que las energías netas de la cáscara de arroz sean tan bajas como se ve a continuación en la tabla 93, comparada con las energías de la cáscara de avena o paja de avena que aparece entre paréntesis, los datos están expresados base materia seca.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

ENeta de mantenimiento	ENeta de ganancia	ENeta de lactancia
0,749 Mcal/kg (1,058)	0,00 Mcal/kg (0,198)	0,176 Mcal/kg (1,036)

**Tabla 93:** Aporte de energía neta de mantenimiento, de ganancia y de lactancia de la cáscara de arroz comparada con cáscara de avena. Datos en Mcal/ kg de la cáscara de avena o paja de avena entre paréntesis. (Preston, 2016)

La comparación con los valores para la paja de trigo, la de menor valor alimenticio entre las pajas de los otros cereales, da una buena idea de las limitaciones de esta cáscara. El alto valor de cenizas incluye esa elevada cantidad de sílice que se menciona en la descripción de esta cáscara.

Cuando se la usa como vehículo de vitaminas y minerales se le incorpora 20 a 50 % de carbonato de calcio; es decir que se trata, de una mezcla de cáscara y carbonato de calcio que facilita, por ejemplo, el fluir del producto de un envase a otro o de un silo depósito o celda de ingredientes a una mezcladora.

### **Pulido de arroz (*rice polishings*, en inglés) (IFN 4-03-943)**

Luego de la separación de la cáscara y del afrecho, junto con el germen, el último proceso para producir el grano de arroz comestible genera el “pulido” que es un material harinoso que es bajo en fibra y proteínas y tiene, para vacunos lecheros, un valor alimenticio semejante al del grano de maíz. Para cerdos no conviene suministrarles más de 25 a 30 % de este alimento en la ración, para no producir grasa blanda en estos animales. También puede usarse en aves como fuente primordialmente de energía.

Lo mismo que el afrecho de arroz tiende a enranciarse rápidamente por su alto contenido en grasa. Muy frecuentemente el pulido de arroz se incorpora en el afrecho de arroz y pierde así su identidad.

*El prójimo es nuestro lugar de cita con Dios.*  
**Cabodeville**

Nutrientes:	Esperado	Variación	Nutrientes	Esperado	Variación
Humedad %	10,00	9,0 a 13,00	Cenizas %	8,00	8,0 a 11,00
Proteína bruta %	12,00	10,0 a 14,00	Calcio %	0,05	0,03 a 0,08
Grasa %	12,00	9,0 a 12,50	Fósforo %	1,30 (*)	1,15 a 1,50
Fibra bruta %	4,00	3,0 a 5,00	-	-	-

(\*) Atención con el desequilibrio entre calcio y fósforo, se debe tener en consideración este aspecto del mismo modo que al utilizar afrecho de arroz, afrecho y afrechillo de trigo al armar una dieta.

**Tabla 94:** Análisis químico del pulido de arroz expresado en valores tal cual.

Respecto a su aporte energético, observar la tabla 95:

Alimento	TND %	ENmantenimiento	ENganancia	ENlactancia
Pulido de arroz	90 %	2,204 Mcal/kg	1,499 Mcal/kg	2,138 Mcal/kg
Afrecho de arroz	66 %	1,499 Mcal/kg	0,838 Mcal/kg	1,477 Mcal/kg
Sorgo, grano	82 %	1,962 Mcal/kg	1,300 Mcal/kg	1,873 Mcal/kg

**Tabla 95:** Aporte energético del pulido de arroz comparado con los del afrecho de arroz y del grano de sorgo expresados en base a materia seca (Preston, 2016).

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

### **Arroz quebrado (*brewers milled rice, o chipped rice, o groats, polished broken, en inglés*) (IFN 4-03-932)**

Son los fragmentos de granos de arroz (de alrededor de 1/3 del tamaño normal) separados de los granos enteros en el proceso de clasificación, del producto para consumo humano, antes de pulirlo.

Nutrientes:	Promedios	Variación
Humedad máxima	15,0 %	
Proteína bruta	2,0 %	(1,8 y 2,2 %)
Fibra bruta	0,1 %	(0,1 y 0,3 %)
Grasa	0,1 %	(0,1 y 0,3 %)

**Tabla 96:** Composición química aproximada del arroz quebrado expresado en base a alimento tal cual.

Se usa en alimentación animal para raciones para perros y gatos, cocido por prensas extrusoras (temperatura y presión o temperatura, humedad y presión según el equipo usado, aplicados sobre este alimento para provocar la digestión previa del almidón).

Es una fuente rica de energía (contiene 85 % de TND en base a materia seca) y baja en fibra, para mascotas, que no provoca ninguna reacción alérgica en esos animales, cosa que otros granos pueden producir en animales predispuestos, por esto es usado preferentemente en dietas para esas especies.

El nombre de arroz de cervecería que surge de la traducción del inglés (*brewers milled rice*), se debe a que también se usa en la producción de cerveza cuando se necesita levantar el contenido de almidón del grano a fermentar para tener más alcohol en la cerveza resultante.

### **Subproductos de panificación (*dry bakery products*) (IFN 4-00-461)**

Incluye a los residuos de la panificación, pan de devoluciones, de galletitas y otros productos derivados de la cocción de harinas (pastelerías, fideos, etc.) que son una fuente importante de energía y de buena palatabilidad, sobre todo para animales que no pueden digerir almidón crudo (perros, gatos, lechones, zorros, visones y otros).

Su contenido en grasa (hasta un 10 % y más a veces) y/o azúcar o sal, aumenta su palatabilidad y el hecho de estar cocido los hace más digeribles, mejorando la eficiencia de conversión. En un buen subproducto de panificación pueden obtenerse los siguientes valores:

Nutrientes:	Porcentaje (%)	Nutrientes	Porcentaje (%)
Proteína cruda	9,00	Cenizas (máximo)	4,00
Grasa	9,00(*)	Azúcar invertido	9,00(***)
Sal (máximo)	2,50(**)	-	-

(\*) Provee energía y palatabilidad; varía estacionalmente, llega a 12 %.  
 (\*\*) Observar esta cantidad: en verano se producen más galletitas con mayor contenido de sal y este valor más alto debería limitar el uso de sal agregada en las dietas.  
 (\*\*\*) Es otra fuente importante de palatabilidad y de energía de rápida utilización.

**Tabla 97:** Composición química de subproductos de panificación expresados en valores promedio base alimento tal cual.

Estos valores son orientativos y pueden existir variaciones importantes dependiendo del material con el cual se cuente, pero hay empresas que acopian materia prima de distinto origen y las mezclan para ofrecer un producto más uniforme. Una muestra con estos valores promedio tendría una palatabilidad igual a 1/3 de su cantidad en azúcar (100 kg de subproducto de panificación equivalen a 33 kg de azúcar) y con más de 9 % de grasa y más azúcar (más de 9 %), tendrá más palatabilidad aún.

Como se trata de un subproducto conformado con el total de lo que las panaderías, confiterías, fábricas de pastas, de granos en copos (de maíz: “flakes”) o inflados (arroz) descartan del consumo humano, la variabilidad entre proveedores y aún entre las partidas del mismo proveedor son muy importantes e incluso la variabilidad a lo largo del año, por lo que hay que evaluar esas diferencias mediante análisis químicos sobre todo respecto al contenido de humedad, proteínas, grasa y sal.

Si se destinara a lechones, conviene verificar el contenido de azúcar por la importancia que tiene, a esa edad, su efecto sobre la aceptación por palatabilidad del alimento, aunque no la aproveche nutricionalmente por ausencia de la enzima sacarasa en su aparato digestivo.

Materia seca %	Proteína Bruta %	Grasa %	Fibra Bruta %	FDN %	FDA %	Calcio %	Fósforo %	TND %
91	11,0	10,0	1,0	6,3	1,8	0,20	0,20	82,0
100	12,1	11,0	1,1	7,0	2,0	0,22	0,22	90,1

**Tabla 98:** Análisis orientativo de subproducto de panadería.

Al considerar la información presentada en la tabla 99, se observa que la comparación con otros concentrados energéticos sigue teniendo vigencia pues se notan en los cuatro primeros alimentos, una similitud en los aportes de energía, valores bajos en aminoácidos y minerales.

Los porcentajes de digestibilidad de los aminoácidos son algo más bajos que los de los otros concentrados energéticos (comparar con los valores para maíz y lo mismo sucede con el trigo, avena y cebada). Su palatabilidad, si el material es fresco, valoriza a los subproductos de panificación y junto con el aporte de energía de buena digestibilidad (alto en grasa y de hidratos de carbono cocidos) son los atractivos que fijan su precio en el mercado.

La técnica de la observación microscópica (en realidad se trata de la observación hecha con una lupa estereoscópica, pero se ha divulgado con esa denominación) es, en este alimento, muy útil, pues aún en materiales molidos, puede observarse la presencia de materiales ajenos y hasta peligrosos que pueden llegar a contaminarlo: papeles, plásticos de envases (como los de galletitas, de fideos, de pan de molde) o envoltorios de diversos orígenes, sin valor alimenticio y a veces dañinos (¡vidrio!). Se rechazan las partidas cuyas muestras tengan más de 1 % de estos materiales extraños, que no sean vidrio (no hay tolerancia para el vidrio).

La mayor demanda está orientada hacia los fabricantes de alimentos para mascotas y, pelíferos (por su muy buena palatabilidad y el hecho de ser cocido). Habiendo mayor oferta, el destino próximo sería para alimentos para lechones y para terneros por las mismas dos razones. Esto no excluye a todas las otras especies en todas sus edades, pero la

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

oferta es limitada por lo cual se mencionan sólo las prioridades dentro de las posibilidades de abastecimiento. Así si hubiera oferta suficiente para alimentar vacas lecheras, la circunstancia de contener almidón cocido limitaría su incorporación a un 10 % de la ración porque con un mayor porcentaje se reduciría la grasa de la leche. Puede darse más cantidad a las vacas secas y a las vaquillonas que no están en lactancia. Teniendo en cuenta el nivel de grasa de este alimento se limitará su aporte a un máximo del equivalente a 0,500kg de grasa aportada por el mismo / por vaca / día. Si el subproducto de panadería al ser analizado presenta 10 % de grasa, la cantidad a incorporar a la dieta de una vaca lechera en lactancia será:  $100 \times 0,5 / 10 \% = 5 \%$ .

Si otros ingredientes de la dieta también aportan grasas tener en cuenta esos aportes y reducirlos en la participación total (máximo total 0,5 kg /vaca en lactancia/día). Qué aporte de grasa reducir, será cuestión del costo por unidad de grasa de los distintos alimentos a utilizar (Shaver, 2013).

Nutrientes:	Subproductos de panificación	Trigo	Rebacillo de maíz (**)	Maíz	Afrechillo (***)
Materia seca %	91,0	88,0	89,0	86,0	89,0
Proteína bruta %	10,0	13,5	11,5	7,9	16,8 (***)
Grasa %	12,0	1,9	6,5 (**)	3,5	4,2
Fibra bruta %	1,50	3,00	5,00	1,90	8,20 (***)
Calcio %	0,10	0,05	0,05	0,01	0,11
Fósforo total %	0,25	0,41	0,50	0,25	0,76
Fósforo inorgánico %	0,18	0,12	0,17	0,09	0,21
Cenizas %	4,00	2,00	3,00	1,10	8,20
Proteína degradable (*)	6,0	10,9	8,0	5,8	12,0
TND %	82,0	76,0	86,0	80,0	77,0
EMaves Kcal/kg	3960,0	3170,0	3060,0	3390,0	2640,0
EMcerdos Kcal/kg	3960,0	3220,0	3365,0	3350,0	2910,0
Metionina (****)	0,16 (85 %)	0,25	0,22	0,18 (91 %)	0,18
Cistina	0,16 (80 %)	0,30	0,12	0,18 (85 %)	0,25
Lisina	0,30 (64 %)	0,40	0,45	0,25 (81 %)	0,70
Triptófano	0,09 (72 %)	0,18	0,12	0,07 (84 %)	0,23
Treonina	0,28 (72 %)	0,35	0,43	0,29 (84 %)	0,50
Arginina	0,40 (84 %)	0,60	0,60	0,40 (89 %)	0,95

(EM energía metabolizable).

(\*) Se trata de proteína degradable en rumen.

(\*\*) y (\*\*\*) Son alimentos de EE. UU. con algunas diferencias con los análisis de los alimentos locales de igual denominación; (\*\*) los valores locales de grasa suelen ser más altos: alrededor de 9 %; (\*\*\*) los valores de proteína son más bajos en muestras locales (15,5 % y menos) y los de fibra, más altos: (8 % y más). Pero la tabla sigue teniendo utilidad al ubicar a estos subproductos.

(\*\*\*\*) Los valores entre paréntesis acompañando las cantidades de cada aminoácido son las proporciones de digestibilidad de cada uno de ellos.

**Tabla 99:** Análisis comparativo de subproductos de panadería con otras fuentes de concentrados energéticos: grano de trigo, rebacillo, grano y afrechillo de maíz expresados en base a alimento tal cual (Dale, 1996).

**Melaza (*molasses* o *blackstrap molasses*, en inglés) (IFN 4-04-696)**

Es un subproducto de la industria azucarera, del cual ya no es posible, por los métodos hasta ahora empleados, rescatar más azúcar (sacarosa: glucosa + fructosa: el disacárido más abundante en la naturaleza) en el proceso industrial de cristalización debido a la presencia de azúcares reductores y de impurezas.

Es un líquido oscuro, viscoso, difícil de manejar a temperatura ambiente por lo que se lo mantiene a una temperatura (de 37°C o 100°F a un máximo de 43,3°C o 110°F) que lo fluidifica sin alterar sus buenas características.

La melaza es muy viscosa, lo que la hace difícil de manejar, pero su viscosidad disminuye rápidamente con temperatura y como se mencionó anteriormente la temperatura adecuada para hacerla fluida no debe superar los 43,3 grados centígrados (110 grados Fahrenheit) y preferentemente no superar los 37°C (100°F) quedando como margen de seguridad la diferencia de 37 a 43,3°C. Con temperaturas mayores de 43,3°C la melaza se carameliza y los grumos que se forman van al fondo del tanque y esto entorpece su manipuleo posterior tapando cañerías lo que obliga a filtrarla perdiendo así parte de la cantidad y su valor alimenticio correspondiente.

Por tratarse de un subproducto, se debe tener en cuenta que futuras mejoras en el proceso industrial para extraer el producto primario, motivo de la industrialización, podrán dar lugar a un subproducto con una composición química diferente. Esto es aplicable a los subproductos de todas las industrias.

La melaza es utilizada fundamentalmente en la alimentación de vacunos como fuente de energía a partir de sus hidratos de carbono fácilmente disponibles y porque estimula la actividad microbiana más allá de su valor en nutrientes digestibles. Se usa en vacunos lecheros o en hacienda de cría en la ración suplementaria de los forrajes. También se usa en lanares y en equinos.

Además de su energía rápidamente asimilable, la palatabilidad de la melaza mejora el gusto (aceptación) de las raciones de las cuales forma parte y además reduce el polvo de la ración que es un factor contraproducente en la aceptación del alimento por parte de los animales.

En aves y cerdos se utiliza como un aditivo aglomerante para asegurar un buen comprimido (pellet) luego que es prensado. En aves, con el uso de niveles mayores a 3 %, tiene un efecto laxante por lo que no se lo supera ya que la cantidad de minerales que aporta la melaza con ese porcentaje, superior al 3 %, es el causante del efecto mecánico (laxante) sobre los intestinos (el contenido potasio, principalmente).

En otros animales puede usarse hasta en un 5 % y aún un 8 % de la ración. Preferiblemente no más del 5 % por los mismos motivos de efecto laxante salvo que se use ese 8 % en una ración donde se limita su consumo permitido con lo que se evitará ese efecto.

Para incorporar uniformemente más de 3 o 4 % de melaza en una ración, se recomienda utilizar una mezcladora de dos ejes (en lugar de un eje mezclador) y utilizar más tiempo de mezclado para obtener una buena mezcla sin grumos. En caso de utilizar una mezcladora horizontal de un eje, se recomienda utilizar hasta 3 % de melaza y se obtienen buenos resultados con tres minutos de mezclado para cada carga (o "batch", término popularizado en la industria).

Los alimentos concentrados comerciales llamados también, comercialmente, "super-concentrados" son, básicamente, mezclas de concentrados proteicos, minerales y vitaminas

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

que puedan llevar melaza. En estos casos su nivel puede elevarse hasta 15 % y aún un 20 % pero para esta incorporación deberán usarse mezcladores especiales (a paletas) posteriormente al mezclado previo de los alimentos secos, en la mezcladora horizontal clásica. Estos concentrados comerciales, o “superconcentrados”, se complementarán en las granjas, tambos o corrales de engorde, con granos. La excelente palatabilidad de la melaza puede disimular la pobre aceptación de algunos alimentos que por otro lado son buena fuente económica de nutrientes. La dosificación de esos concentrados comerciales en la dieta a suministrar lleva la melaza a niveles finales de consumo de no más de 2 a 3 %.

Más allá del 15 %, su incorporación puede provocar que la ración mezclada se apelmace y/o que, por la humedad agregada, desarrolle hongos. Tener presente que 100 kg de melaza en 1000 kg de ración agregan 25 kg de agua = 2,5 % de humedad en la mezcla.

La producción de alcohol a partir del azúcar de melaza hace escasa su oferta para otros destinos que no sean la producción de alcohol; entonces estas cantidades de uso no son corrientes en nuestro medio sino en países con mayor producción de azúcar (América Central e Islas de la región: Puerto Rico, Jamaica, Cuba). Por cada 100 kg de azúcar se producen 25 a 50 kg de melaza con un promedio de 35 % (25 a 40 %) de sacarosa y 19 % de promedio (17 a 35 %) de azúcares reductores.

Humedad	Proteína bruta	Cenizas	TND	Azúcares totales
25 %	3,0 %	8 a 10 %	72 % (*)	48 a 54 % (**)
(*) en melazas con su humedad habitual del 25 % y 75 % de materia seca, el TND es de 54 % (72x75). (**) para responder a la definición de melaza debe tener un mínimo del 48 % de azúcares totales.				

**Tabla 100:** Composición química de la melaza expresado en base materia seca.

Con niveles menores a 46 % de azúcares totales puede fermentar a temperatura ambiente a partir de los 26,6°C (80°F) y su olor se tornará primero alcohólico y luego ácido y formará espuma que se desparramará fuera del depósito. Se controla su efecto indeseable pulverizando sobre su superficie aceite vegetal o con agentes antiespumantes a base de siliconas sólo hasta cubrirla con una capa fina.

Si se observara la presencia de hongos (mohos) en la superficie, se pulverizará la misma con una solución de propionato de calcio o de sodio, que los eliminará. La melaza es aproximadamente un 50 % más densa que el agua por lo cual se debe tener esto en consideración al pensar su sitio de almacenaje.

Alimento	ENmantenimiento Mcal/kg	ENganancia Mcal/kg	ENlactancia Mcal/kg
Melaza	1,741	1,102	1,697
Maíz, grano	2,116	1,411	1,984
EN: Energía neta.			

**Tabla 101:** Aporte energético comparado del grano de maíz y melaza para vacunos expresados base materia seca (Preston, 2016).

La planta de caña de azúcar de donde se obtiene, eventualmente la melaza, presenta la siguiente composición química:

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Proteína bruta	Fibra bruta	Cenizas	Grasa	Extractivos no nitrogenados
5,30 %	30,00 %	5,70 %	2,00 %	57,00 %

**Tabla 102:** Composición química de la planta de caña de azúcar.

Una hectárea de caña de azúcar rinde 100 toneladas de plantas, 30 toneladas de azúcar, 12 toneladas de bagazo (los restos fibrosos de la caña de la que se extrajo el azúcar) y 3 toneladas de melaza. Los megacentros de origen de la caña de azúcar son India, Pakistán, Bangladesh e Indonesia.

El estándar de calidad de la melaza se mide en grados Brix y debe tener 79,5 grados Brix como mínimo. Valores inferiores a esa cantidad indican la presencia de menor cantidad de azúcar (o de agregado de agua a la melaza). Su solución con igual cantidad de agua para pulverizarla sobre alimentos secos debe tener no menos de 39,75 grados Brix ( $79,5 / 2 = 39,75$ ).

En la tabla 103 que sigue a continuación obsérvese que la cantidad de potasio es de 28,5 kg/tonelada!!!

El potasio es esencial para el funcionamiento de enzimas, músculos, nervios, la actividad de los microorganismos del rumen y el estímulo del apetito, pero, se debe tener en cuenta que, por ejemplo, los requerimientos de potasio de un novillo son de 0,72 % de la dieta: 7,2 kg/t.

La medida en grados Brix, es una medida rápida, aunque sólo aproximada, del contenido de azúcar de una solución. Cada grado Brix representa 1 gramo de azúcar en 100 centímetros cúbicos de una doble dilución en agua de la melaza a 20° C de temperatura. De este modo se está midiendo la gravedad específica de los sólidos (azúcares, etc.) en la solución y provee una base rápida para comparaciones de calidad. Cualquier resultado menor a 79° Brix debe rechazarse por su mayor facilidad de alteración por descomposición, fermentación o acidificación. Con baja densidad estará también sujeta a desarrollar hongos.

Composición química melaza	"tal cual" %	Base 100 %MS %	Composición química melaza	"tal cual" %	Base 100 %MS %
Humedad	27,00	0,00	Magnesio	0,35	0,47
Materia seca	73,00	100	Azufre	0,35	0,46
Proteína bruta	3,90	5,20	Micro minerales y minerales trazas ppm(**)		
TND	55,00	73,00	Cobalto	0,908	1,21
Macrominerales			Cobre	60,40	80,50
Calcio	0,78	1,05	Iodo	1,577	2,103
Fósforo total	0,09	0,11	Hierro	0,019	0,026
Potasio	2,85	3,88	Manganeso	42,90	57,10
Sodio	0,17	0,22	Zinc	22,00	30,00
Cloro	2,78	3,71			

(\*\*): 1 ppm. = 1g en 1.000.000 g (o 1g/tonelada).

**Tabla 103:** Composición química de la melaza expresada en base a alimento tal cual (con su humedad) y en base a materia seca.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

En la tabla 104 se presentan los resultados de los análisis químicos del alimento melaza con 25 % de humedad respecto a algunos parámetros mencionados en la tabla anterior sumados a otros más específicos de la fracción proteica y de los hidratos de carbono presentes en este alimento:

Humedad	25 % (75 % MS)	Potasio	2,50 %
Proteína bruta	3,00 %	Azufre	0,19 %
Albuminoides	1,00 %	Sodio	0,10 %
Amidas	0,60 %	Calcio	0,40 a 0,80 %
Aminoácidos	1,10 %	Magnesio	0,35 %
Amoníaco	0,02 %	Fósforo	0,05 a 0,15 %
Otros	0,28 %	Standard de calidad	79,5° Brix
Grasa	0 a 0,01 %	Gravedad específica	1,41
Fibra bruta	0,00 %	Extractives no nitrogenados	63 a 65 %
Gomas solubles (*)	3,00	Azúcares totales	50 a 54 %
TND	72 % s./ MS	Sacarosa	35 %
TND tal cual	54 % (75 x 72=54 %)	Dextrosa	10 %
Cenizas tal cual	8 a 10 %	Levulosa	9 %
(*) incluyen: xilanos, arabanos y pectinas. A partir de una diferencia en las humedades (25 % versus 27 %), hay una pequeña diferencia en otros análisis.			

**Tabla 104:** Composición química de las melazas expresadas en base a alimento tal cual.

La melaza, en los ingenios azucareros, se almacena concentrada y se le agrega agua antes de su entrega a los usuarios. Es importante, entonces, controlar su humedad para verificar su ubicación dentro del estándar. El contenido de humedad y los “° Brix” se verifican en cada recepción en destino. Además, se debe verificar el contenido de azúcares totales como azúcares invertidos (TSI, total inverted sugar en inglés).

La viscosidad es un término que describe la consistencia y la capacidad de fluir de la melaza y este fluir depende mucho de la temperatura en su manejo. Como ejemplo la viscosidad disminuye 50 % si la temperatura a la que se prueba aumenta de 32,2°C (90°F) a 43.3°C (110°F = límite de calentamiento). Esta forma de medir la calidad de la melaza se aplica también a la melaza de remolacha azucarera cultivada donde el clima no permite el crecimiento de la caña de azúcar. En el Uruguay se cultiva la remolacha azucarera (*Beta vulgaris*, L.) para la obtención de azúcar.

Donde se cultiva caña de azúcar, es posible aprovechar los restos del cultivo (despuntes de las cañas) y aún las cañas mismas trozadas en pedazos de 5 a 10 centímetros de largo como alimento de vacunos. Con el bagazo se hace papel. Su valor para usarlo en la alimentación de rumiantes es muy bajo aún para casos de emergencia.

El día que los tratamientos (reducción de lignina) para liberar las fracciones potencialmente digeribles del bagazo (celulosa especialmente) como de muchos otros restos de cosecha sean económicamente factibles como se hace en otros países, adquirirá mayor valor como alimento para rumiantes, siempre dentro de niveles nutritivos bajos. En la tabla 105 que se presenta a continuación se observa el bajo valor nutritivo del bagazo de

caña al compararlo de acuerdo con su composición química con rastrojo de maíz, paja de avena (paja de cereal) y heno de avena (heno de gramínea o poácea).

Alimentos	Fibra bruta %	FDN %	FDA %	TND %	ENm (Mcal/kg)	ENg (Mcal/kg)	ENI (Mcal/kg)
Bagazo de caña	49	86	59	36	0,860	0,000	0,749
Rastrojo de maíz	35	72	44	59	1,300	0,617	1,300
Paja de avena	41	70	48	48	1,058	0,198	1,036
Heno de avena	30	63	39	59	1,300	0,617	1,300

TND: total de nutrientes digestibles FDN: fibra detergente neutro FDA: fibra detergente ácido  
ENm: energía neta de mantenimiento ENg: energía neta de ganancia ENI: energía neta de lactancia

**Tabla 105:** Comparación de la composición química de bagazo de caña, rastrojo de maíz, paja de avena y heno de avena, expresados en base a materia seca (Preston, 2016).

En otros países se usa una combinación de melaza con urea que se suministra a vacunos y lanares como aporte de nitrógeno no proteico con una fuente de hidratos de carbono rápidamente asimilable (el azúcar de la melaza). La combinación es lamida de una rueda sumergida en el recipiente conteniendo este suplemento líquido que gira por efecto del roce de las lenguas de los animales y de este modo se sigue cargando del “jarabe” con urea. Esta rueda descansa en un eje dentro del depósito de ese jarabe con urea y es la que asoma a la parte superior del tanque que contiene esta combinación de alimentos. Este tanque está cubierto y solo asoma la rueda que es el “lamedero”. Este sistema es muy popular en América Central y América del Norte para hacienda lechera y de cría. Funciona en forma similar a lo que eran los mojadores de estampillas de los correos para aquellos que los recuerdan. A la combinación principal de melaza y urea se le agregan varios minerales de acuerdo con las necesidades de las áreas de distribución y otros aditivos para controlar el consumo y mantener los ingredientes sin desmezclarse y preservar sus nutrientes. Para hacer un dispositivo más económico para probar el efecto de la combinación de melaza y urea, se puede usar una porción de un bebedero y poner flotando sobre la melaza una “tabla rejilla” como las que se usan en las duchas de los gimnasios, a través de cuyos espacios libres aflora la combinación melaza-urea y puede ser así lamida por los animales.

Cuando no hay posibilidades de manipular melaza en forma líquida, puede agregarse sobre materiales fibrosos donde se absorbe como ser cáscara de avena, marlos molidos, cáscara de soja, pasto seco, picado, etc. Tener presente que cada 100 kg de melaza se contribuye con 25 kg de agua al hacer estas mezclas de melaza con materiales absorbentes por lo que convendrá su uso rápido para que no se deteriore el material por exceso de humedad o, de lo contrario, secar la mezcla si se desea conservar.

Otro uso de melaza consiste en asegurar la buena y rápida fermentación de forraje a ensilar, sobre todo de alfalfa y otros forrajes bajos en hidratos de carbono de rápida fermentación. La proporción a usar es del 2 al 5 %, diluida en agua para facilitar la distribución.

#### **Melaza de remolacha azucarera (*beet molasses*, en inglés) (IFN 4-00-668)**

En Uruguay es posible conseguir melazas de remolacha cuyo uso es similar al de la melaza de caña de azúcar. La melaza de remolacha azucarera presenta características similares a la

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

melaza de caña de azúcar, excepto que no tiene el aroma de esta última. Su aroma recuerda al olor del azufre y no presenta buena palatabilidad como la melaza de caña de azúcar.

Es considerada inferior a la melaza de caña respecto de su palatabilidad y su olor. Tiene algo más de proteínas y cenizas, pero el valor de ambas melazas está en la cantidad de azúcares que tienen y en ese aspecto son similares.

Melaza de	Humedad	Proteína bruta	Cenizas	Calcio	Fósforo
Caña azucarera	25,00 %	3,00 %	8,50 %	0,70 %	0,10 %
Remolacha azucarera	23,00 %	6,50 % (x)	9,00 %	0,12 %	0,02 %

(x) Parte del nitrógeno puede estar como nitratos o como nitritos. El máximo en los alimentos para animales mayores y para aves es de 5000 ppm de nitratos y de 200 ppm de nitritos.

**Tabla 106:** Análisis químico comparado de las melazas de caña de azúcar y de remolacha azucarera expresadas en base a alimento tal cual.

### **Pulpa de remolacha, *Beta vulgaris saccharifera* (beet pulp, en inglés) (IFN 4-00-669)**

De la extracción del azúcar de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris saccharifera*) se genera un subproducto de valor alimenticio, usado principalmente como fuente de energía, de muy buena palatabilidad sobre todo para los rumiantes. No es de obtención local y la fuente más cercana es la República del Uruguay. Es el residuo seco de remolachas azucareras, limpias, sin hojas, ni coronas, ni arena, de las que se extrajo el azúcar.

En los países donde se obtiene pulpa de remolacha, se usa en la alimentación de lecheras y en la preparación de animales para exposiciones porque aporta al buen aspecto de los mismos (como lo hacen los subproductos de la semilla de lino). La pulpa deshidratada representa el 5 % del peso de la remolacha original. Es muy palatable. La remolacha azucarera es originaria del megacentro del Mediterráneo (FAO).

Estrictamente es un forraje (más de 18 % de fibra bruta) pero se lo considera un concentrado energético por su aporte energético, aunque voluminoso. Tiene una alta capacidad de absorber mucha agua al hidratarse, y su baja concentración en lignina favorece su digestión. La reducida cantidad de lignina hace a la fibra muy digestible para los rumiantes, lo que contribuye a mantener un alto nivel de grasa butirosa en la leche. Es muy palatable. Se suministra seca, o húmeda como sale del proceso de obtención del azúcar.

Materia seca %	88,30
TND %	69,10
Eneta de lactancia (Mcal/kg)	1,47
Eneta de ganancia (Mcal/kg)	0,99
Proteína ruta %	10,0 (RUP:80 %)
Grasa %	1,10
Fibra detergente neutro %	45,80
Fibra detergente ácido %	23,10 (FB:19,60 %)
Lignina %	1,60
Cenizas %	7,30

**Tabla 107:** Análisis orientativo de la composición química de la pulpa de remolacha azucarera seca expresada en base a materia seca (NRC, 2001).

La característica de absorber agua actúa expandiendo la masa alimenticia en el rumen, donde es muy fermentescible, y eso favorece la actividad digestiva. Esta característica hace a la pulpa de remolacha un buen ingrediente también para raciones para otros rumiantes (ovinos, caprinos) y para caballos y conejos. Se puede usar con la humedad original (con 9,5 % o de 9,5 a 12 % de materia seca), ensilada, o deshidratada. Su energía es de un 95 % del valor energético del grano de cebada y 85 % del grano de maíz. Es alto en calcio (0,91 %) porque se agrega cal en el proceso de extracción del azúcar y bajo en fósforo (0,09 %) que habrá que corregir con fuentes adecuadas.

El contenido de carbohidratos no fibrosos (CHNF) es de 39 % y gran parte corresponde a pectinas que son muy fermentable en el rumen y pueden usarse para suplir fibra fermentable a la dieta de rumiantes y también puede reemplazar parte del forraje de la dieta (entre el 15 y el 25 % de la materia seca forraje). Tiene un valor limitado como forraje: 0,43 vs.1 para forraje (los granos aportan alrededor del 75 % de CHNF).

#### **Melaza de maíz (*hydrol*, o *corn molasses*, en inglés) (IFN 4-02-888)**

Es el subproducto de la producción de dextrosa (azúcar para la industria de bebidas gaseosas) a partir del almidón de maíz (puede ser de otro grano como el sorgo) que es hidrolizado por el empleo de enzimas o de ácidos. Tiene alrededor de 43 % de azúcares reductores expresados en dextrosa y tendrá 60 % o más de hidratos de carbono y 39 grados Brix en solución con igual cantidad de agua y no menos de 73 % de sólidos totales.

Análisis:	Esperado	Rango	Análisis:	Esperado	Rango
Humedad %	27,00	22,00 a 29,00	°Brix	78-79	78,00 a 82,00
Cenizas totales %	8,00	7,80 a 8,50	Sólidos totales %	73,00	-
Calcio %	0,10	0,10 a 0,20	Proteína bruta %	0,50	0,30 a 0,50
Fósforo %	0,20	0,20 a 0,40	Azúcares % (*)	48,00	43,00 a 50,00
Ph	5	5,00 a 5,55	Potasio %	0,20	-

(\*) son azúcares totales-dextrinas.

Notar la importante diferencia en potasio respecto de las otras melazas con 2,5 % / 2,85 %.

**Tabla 108:** Composición química de la melaza de maíz.

Tiene un suave aroma a azúcar acaramelado y es de color marrón oscuro. Todas las consideraciones analíticas son similares a las de la melaza de caña de azúcar y las respuestas a la posible fermentación y/o presencia de hongos se tratan lo mismo que con la melaza de caña.

El *hydrol* derivado de la producción de dextrosa por hidrólisis ácida lleva a la formación de hasta 8 % de sal (ClNa) por lo que hace necesario conocer el origen de este alimento para regular su incorporación. Además, es bueno conocer esta presencia para prever la capacidad corrosiva de la sal sobre los equipos de metal.

Tal como sucede con la melaza de caña, la investigación muestra que su valor nutritivo va más allá de su contenido de minerales pues estimula la digestión ruminal.

**Melaza seca (melaza incorporada a un vehículo o “ulper” seco) (*dried molasses*, en inglés)**

Es una mezcla de alimentos que es usada como ingrediente para incorporar melaza en raciones donde no hay equipos apropiados para manejarla líquida.

La melaza contenida en la mezcla seca debe cumplir con las características de la melaza pura.

El vehículo es, generalmente, cáscara de soja tostada para inactivar la ureasa. Se pueden usar otros vehículos que sean comestibles para los animales y que sean carentes de olores desagradables y de moho.

Análisis:	Esperado (%)	Rango (%)
Humedad	5,00	5,00 a 7,00
Proteína bruta	5,00	3,00 a 7,00
Grasa	0,50	0,50
Fibra bruta	16,00	15,00 a 25,00
Total azúcar invertido	42,50	42,00 a 43,00
Equivalente melaza	88,00	87,00 a 89,00
Cenizas	11,00	11,00

**Tabla 109:** Composición química de la melaza seca.

La mezcla de la melaza incorporada al material seco se hace con mezcladoras especiales para manipular cantidades altas del líquido y luego se pasa todo por un secador para reducir la humedad a un nivel que no provoque la fermentación o la presencia de hongos y la mezcla debe mantenerse friable es decir que no se agrume y que fluya bien hacia el mezclado con los otros alimentos secos.

**Pulpa (u orujo) de citrus (*citrus pulp*, en inglés) (IFN 4-01-237) y silaje de pulpa de citrus (IFN 4-01-234)**

Es el subproducto de la extracción de jugos de las frutas cítricas: cáscaras, semillas y restos de la pulpa de las frutas, más las frutas que no son aceptables para la extracción de jugo), que se usa en la alimentación, principalmente, de vacunos, equinos y cerdos. La pulpa de citrus se empezó a usar en el Estado de Florida, EE. UU., en 1932.

Es un concentrado energético de buena digestibilidad (80 %), de un 85 % del valor energético del maíz grano y “voluminoso”, por la virtud de retener importantes cantidades de agua una vez ingerido, lo que facilita su digestibilidad. La pulpa de naranja es la más corriente por la mayor proporción de jugo de naranjas que se comercializa. Podría ser de pomelos y de limones también. Se presenta tal cual sale de las plantas extractoras, con su humedad, o también deshidratada, para facilitar su conservación y/o comercialización con destino a largas distancias de la planta elaboradora, o para exportar.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Nutrientes:	%	Rango %	Nutrientes	%	Rango
Humedad (*)	10,00	8-12	Cenizas	6,00	4-8
Proteína (**)	6,50	5-8	Calcio	2,200(****)	1,5-3
Grasa	3,50	2-5	Fósforo	0,10	0,10-0,30
Fibra bruta (***)	13,00	12-18	Potasio	0,60	0,10-1,14
FDN	23,10		Magnesio	0,30	0,02-0,50
FDA	20,70		Sodio	0,15	0,11-0,23
Extractivos no nitrogenados	60,00	56-73	Azufre	0,20	0,13-0,31

(\*) La humedad se ha reducido de un 82-85 % con la que sale de la sala de extracción de jugo.  
 (\*\*) La proteína es baja (algo más que 6,0 %) y su proteína digestible es algo menos que la mitad de ese valor (3,0 %).  
 (\*\*\*) La fibra es de buena digestibilidad rindiendo alta energía para los rumiantes. La razón de esta buena digestibilidad es su bajo contenido de lignina (3 % de la materia seca).  
 (\*\*\*\*) El nivel de calcio relativamente alto se debe a la incorporación al material previo a ser deshidratado, de cal hidratada, para actuar como ayuda en la liberación de agua retenida antes del proceso de deshidratado de la pulpa. La cantidad que se agrega es de entre 0,3 y 0,5 % del material húmedo. Esto neutraliza los ácidos de la pulpa húmeda formándose un pectato de calcio con las pectinas presentes que a su vez ayuda a la liberación del agua retenida.

**Tabla 110:** Análisis aproximado de pulpa de citrus deshidratada (expresado en valores tal cual).

Alimento:	TND %	ENmantenimiento (Mcal/kg)	ENganancia (Mcal/kg)	ENlactancia (Mcal/kg)
Maíz (grano)	85,0	2,10	1,43	1,96
Maíz silaje	70,0	1,63	1,03	1,60
Pulpa de citrus	77,0	1,86	1,22	1,77
Pulpa de manzana	69,0	1,60	1,00	1,57
Hez de malta	66,0	1,52	0,90	1,50
Mijo (grano)	66,8	1,52	0,84	1,52
Afrecho de arroz	70,0	1,63	1,03	1,61
Afrechillo/trigo	70,0	1,63	1,03	1,61
Avena (grano)	77,0	1,86	1,22	1,77

**Tabla 111:** Comparación de valores de energía para vacunos de pulpa de citrus y pulpa de manzana con cereales típicos y algunos subproductos expresados en base a materia seca (NRC Beef, 2016).

Como se aprecia en la tabla 111, la pulpa de citrus presenta valores similares a los valores del grano de avena y aporta más energía que la hez de malta y que el grano de mijo. Respecto de la aceptación de la pulpa de citrus, su palatabilidad, pasado el periodo de acostumbamiento, es buena, para los rumiantes particularmente, pero no exclusivamente. Para hacer un juicio completo de este alimento habría que tener en cuenta el resto de los aportes y su digestibilidad frente a los otros alimentos, pero el motivo de esta comparación parcial es hacer ver que existe un alimento interesante, poco conocido fuera de su área de difusión que puede satisfacer requerimientos que, sabemos, hacen otros alimentos más conocidos. Por área de difusión, se interpreta la distancia desde las plantas de producción de jugos de citrus hasta donde el costo del flete lo llega a poner en desventaja respecto de otros alimentos.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

El aroma de este alimento es típico de los citrus; lo mismo su sabor, lo que hace necesario un acostumbramiento de los animales para aceptarlo en cantidades importantes (hasta 25 % en raciones para vacunos). La presencia de glucósidos como “hesperidina o naranja”, puede dar sabores amargos que hacen más necesarios los períodos de acostumbramiento. Pero, así como toma semanas la aceptación de los niveles máximos de pulpa de citrus, será de extrañar su ausencia si el reemplazo no se hace gradual como se hizo su acostumbramiento inicial, para inducir a su consumo.

Aminoácidos:	Pulpa de citrus	Maíz, Grano	Aminoácidos:	Pulpa de citrus	Maíz Grano
Arginina	0,28	0,39	Metionina	0,08	0,17
Histidina	0,09	-	Fenilalanina	0,18	-
Isoleucina	0,18	-	Treonina	0,18	0,29
Leucina	0,31	-	Triptofano	0,06	0,06
Lisina	0,20	0,25	Valina	0,25	

**Tabla 112:** Contenido de aminoácidos de pulpa de citrus expresados en base a materia seca, comparados con los aminoácidos críticos del grano de maíz.

Notar que los valores de análisis de aminoácidos críticos del maíz, siendo bajos en relación con las necesidades de los animales, son, en esta comparación, mayores que los respectivos de la pulpa de citrus.

Desde 1932 se usa en ganado lechero, inicialmente en el estado de Florida (EE. UU.). Después su uso se extendió al ganado de carne y a otros animales domésticos con buenas respuestas respecto de su aceptación y su aprovechamiento. En la Argentina existen diversas publicaciones de INTA que recomiendan su utilización en la alimentación de ganado vacuno (Coppo & Mussart 2006).

La pulpa de citrus sale húmeda de la planta de elaboración de jugos con 15 a 18 % de materia seca. Se puede suministrar directamente (con su humedad) siendo los consumos de vacas lecheras, por ejemplo, de 10 a 20 kg/ vaca /día luego de un correcto acostumbramiento previo al suministro de este alimento en la ración.

Otro modo de suministrarlo es en forma de pellets (facilita la distribución, conservación y flete, atención costos!) o en forma de silaje como un alimento conservado. El silaje se realiza siguiendo las mismas pautas de conservación que se tienen en cuenta para ensilar un forraje (Fernandez Mayer, 2021).

Se debe prestar especial atención en el uso de este alimento especialmente en verano ya que comienza a fermentar rápidamente luego de salida de la planta de extracción de jugos, no se mantiene fresco más allá de los primeros tres días de salida de la producción. Estas fermentaciones son siempre descontroladas por lo que pueden ser peligrosas. Por esto se recurre a su ensilado para preservar sus buenas características a través de una fermentación controlada que se sostendrá en el tiempo con la producción de ácidos grasos volátiles típicos de un silaje.

Los caballos digieren su fibra más eficientemente que la del heno; por lo tanto, es una buena fuente de energía, pero no es muy palatable para ellos. El agregado de un 15 % (tratándose de pulpa de citrus deshidratada) en la ración muestra buena acepta-

ción, pero a niveles del 30 % se presentan rechazos en algunos casos, por lo que el nivel máximo de uso estaría entre 15 y 20 % utilizando pulpa deshidratada.

En la alimentación de cerdos, las semillas presentes en el orujo contienen una toxina (sustancia tóxica) para estos animales que no tienen efectos peligrosos sobre vacunos ni equinos. Por esto en general no se utiliza en alimentación de cerdos a menos que puedan descartarse las semillas.

En aves adultas se puede usar hasta un 5 % de la ración de pulpa, también deshidratada.

**Pulpa (u orujo) de manzana (*Malus sp.*) (*apple pomace*, en inglés) (IFN 4-00-423)**

La pulpa o el orujo de manzana es el subproducto que se obtiene de la producción de sidra y de jugo de manzana (también puede ser de peras). Sería lo que queda de la manzana luego de exprimido el jugo a fermentar (si es para sidra). Incluye las cáscaras, las semillas y los restos de la pulpa exprimida junto con las frutas que no se procesan por objeciones de calidad.

En general se consume fresco (con su humedad original), cerca de la planta de producción, preferentemente en raciones de novillos en engorde o de vacas lecheras o puede deshidratarse para poder ser comercializado lejos del lugar de producción, o para exportarse.

Este producto fresco representa una cuarta parte del volumen de fruta que se procesa para jugo. Su principal limitante es su conservación ya que rápidamente fermenta en presencia del oxígeno del aire, primero se alcoholiza y luego se avinagra (se acidifica) muy rápido presenta un alto contenido de humedad (79 %) y gran cantidad de hidratos de carbono de fácil fermentación. El consumo continuo de orujo de manzana en mal estado puede producir “cirrosis” de hígado en los animales. Normalmente el ritmo de recepción excede la capacidad de consumo, este problema se evita ensilando el material, produciendo una fermentación controlada en anaerobiosis evitando la producción de alcohol y promoviendo la formación de ácido láctico.

El orujo o pulpa de manzana es muy palatable para los vacunos, con menor contenido de extractivos no nitrogenados que un silaje de maíz, pero su aprovechamiento es similar en vacas lecheras y en novillos. Su fibra es de buena digestibilidad y aprovechamiento para los rumiantes.

Según los valores presentados en la tabla 111 en donde se comparaba el aporte de las pulpas de citrus y de manzana con otros alimentos, vemos que los aportes de energía (para vacunos) de la pulpa de manzana son semejantes a los del afrecho de arroz y afrechillo de trigo y mejores que los que aportan las heces de malta y los granos de mijo. Se trata de alimentos que geográficamente no se encontrarán en el mismo lugar que la pulpa de manzana (excepto quizás con el afrechillo de trigo de algún molino harinero cercano) por lo que existe una oportunidad ventajosa para aprovechar un subproducto de buenos aportes nutricionales en la vecindad en que se produce. En nuestro país sería el caso del valle del Río Negro. El destino de la pulpa de manzana de esa zona es el engorde de novillos a corral y la alimentación de vacas lecheras de tambos cercanos a las plantas industriales. A las vacas lecheras se la suministra después de los ordeños, para que la leche no tome el olor de la pulpa de manzana que tiene un dejo alcohólico: un leve olor a las manzanas, lógicamente.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Como las plantas de producción de sidra también usan peras, el subproducto podrá contener restos de esta otra fruta que no variará apreciablemente su composición química ni su aceptación, que será buena. Este y otros subproductos de producción estacional son bien aceptados al ser introducidos en la dieta en forma gradual. Pueden ocasionar diarreas y trastornos digestivos si se suministran sin acostumbramiento previo y si se suspenden alternativamente como si se dieran a comer por algunos días de la semana y suspendieran por otros tantos.

Materia seca %	Proteína Bruta %	Grasa %	Fibra bruta %	FDN %	FDA %	Calcio %	Fósforo %	TND %
21	1,6	1,0	4,5	38,2	6,7	0,02	0,02	15,0
100	7,6	4,8	21,4	42,0	32,0	0,10	0,10	71,4

**Tabla 113:** Composición química del orujo o pulpa de manzana al salir de la línea de producción (Macgregor, 2000).

Nutrientes:	% seco "tal cual"	% base materia seca	Nutrientes:	% seco "tal cual"	% base materia seca
Humedad	9,10	-	Calcio	0,13	0,14
Proteína bruta	5,40	5,90	Fósforo	0,12	0,13
Grasa	4,70	5,20	TND	69,00	76,00
Fibra bruta	16,00	17,00	Extractivos no nitrogenados	63,00	69,20
Cenizas	1,90	2,10	-	-	-

**Tabla 114:** Composición química del orujo o pulpa de manzana deshidratado (NRC, 2001).

Es un alimento muy palatable, de buena oferta de energía y de buena digestibilidad. Como la producción de sidra y/o jugos es estacional (de febrero a julio) se hace un aprovechamiento más eficiente si se da y se consume fresco lo que se puede y se ensila una buena parte para suministrarlo como alimento conservado. El silaje obtenido tendrá una calidad comparable nutricionalmente a un silaje de maíz. A continuación, en la tabla 115 se presentan datos respecto a la composición química de la pulpa de manzana comparándola con otros alimentos que se utilizan para aportar energía a las raciones:

Alimentos:	Fibra bruta %	TND %	ENm (Mcal/kg)	ENg (Mcal/kg)	ENI (Mcal/kg)
Pulpa de manzana, húmeda	17,0	68,0	1,543	0,904	1,521
Pulpa de manzana, seca	19,0	65,0	1,455	0,815	1,455
Silaje de maíz	23	70	1,609	0,970	1,565
Pulpa de citrus, seca	13,0	79,0	1,873	1,212	1,785
Avena, grano	10,0	76,0	1,785	1,146	1,719

**Tabla 115:** Comparación del aporte energético para rumiantes de la pulpa de manzana respecto a silaje de maíz, pulpa de citrus seca y grano de avena expresados en base a materia seca (ENm: energía neta de mantenimiento; ENg: energía neta de ganancia; ENI: energía neta de lactación (Preston, 2016).

La cantidad de pulpa fresca representa el 10 % del peso de la fruta cosechada para producir sidra y jugos. Como este subproducto se trata en parte de las cáscaras de las frutas es necesario saber si pueden quedar restos de insecticidas u otros tratamientos llevados a cabo durante la estación de crecimiento para asegurarse que no haya residuos tóxicos que pudieran, eventualmente, llegar a la leche o a la carne (hay menos riesgos para la carne que en la leche). Este mismo cuidado debe tenerse en cuenta para asegurarse de la calidad de varios de los subproductos usados en alimentación animal.

En la descripción de los dos alimentos que preceden este párrafo se han mencionado las ventajas del ensilado de los mismos. Esta forma de preservar alimentos no los mejora, sino que los hace disponibles en el tiempo sin pérdidas de su capacidad alimenticia salvo la de los nutrientes que se transformarán en ácidos grasos volátiles.

Así es como se pueden preservar restos de muchos vegetales, descartes de verduras y frutas en zonas donde por el costo de la tierra no es económico producir los forrajes típicos.

*Los diez mandamientos no están precedidos  
por un: si te viene bien, si tenés ganas.*

**Laura Schlessinger, escritora**

## **RAÍCES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS, (ROOTS, TUBERS AND DRY FRUITS)**

Se utilizan cerca de sus sitios de producción o como rezagos cerca de plantas elaboradoras, por ejemplo, papas en la zona de Balcarce, Provincia de Buenos Aires y mandioca en Misiones y norte de Corrientes.

El consumo de raíces es muy popular en países del norte de Europa donde las condiciones de clima no permiten el cultivo de otras fuentes de hidratos de carbono como maíz, sorgo u otros granos. En el extremo sur argentino podrían darse las condiciones para pensar en alguno de los alimentos de este grupo (nabo, remolacha azucarera, por ejemplo).

Presentan alto contenido de agua por lo cual se los denomina “concentrados energéticos diluidos” o suculentos. Tienen menos de la mitad de materia seca que el silaje de maíz, pero su materia seca es baja en celulosa o fibra y tienen un alto contenido de almidón que es su principal componente (papa y mandioca). A veces lo es el polisacárido inulina (en batata, camote o boniato) o el azúcar (en remolacha azucarera).

También son bajos en proteínas (más o menos 3 %) aunque se han conseguido papas de hasta 10 % y en cenizas, con predominio de calcio sobre fósforo, pero ambos en cantidades deficientes respecto de las necesidades de los animales.

También son pobres en vitaminas (algo de vitaminas del grupo B) con excepción de las zanahorias que tienen un nivel importante de carotenos (provitamina A). No tienen vitamina D, como los henos.

Sus materias secas tienen alta digestibilidad y los reemplazos se hacen sobre la base de sus materias secas. La alta humedad de los integrantes de este grupo hace que su consumo deba considerarse en volúmenes importantes reemplazando a parte del grano en ganado mayor y lanares (kg a kg de materia seca).

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Alimentos:	Materia seca %	Rumiantes		Cerdos	
		Tal cual Mcal /kg	Base materia seca Mcal/kg	Tal cual Kcal /kg	Base materia seca Kcal/kg
Zanahorias	13,00	0,51	3,81	432,00	3321,00
Mandioca	32,00	1,12	3,50	1252,00	3910,00
Chufa (*)	27,00	0,82	3,02	930,00	3445,00
Remolacha forrajera	11,00	0,35	3,53	401,00	3641,00
Papas	23,00	0,82	3,57	860,00	3736,00
Remolacha azucarera	20,00	0,75	3,77	787,00	3936,00
Batatas	31,00	1,10	3,55	1195,00	3853,00
Nabo (turnips)	9,00	0,33	3,77	315,00	3513,00

(\*) Chufa es *Cyperus esculentus*, usado para engorde de cerdos.

**Tabla 116:** Valores de energía digestible de varias raíces y tubérculos (Ensminger & Olentine, 1983).

Deben trozarse para evitar el peligro de obstrucción del esófago y lavarse previamente para eliminar los restos de tierra. Se pueden almacenar en silos o en lugares secos y bien ventilados. Durante el almacenaje se produce una deshidratación parcial si la ventilación es buena y el lugar seco, y aumenta el porcentaje de materia seca con algo de deterioro de la palatabilidad. Se usan como sustituto de silaje y también como variación de dieta para provocar mayor consumo en animales para exposición. Se debe tener mucho cuidado en el almacenamiento, que no se produzca un aumento de humedad y temperatura que favorece que el material se pudra y/o se generen micotoxinas. El costo de traslado es alto (se mueve mucha agua).

Las raíces requieren un trabajo manual extra cuando se compara con lo requerido para procurar y suministrar las otras fuentes de alimentación del área que satisfacen este grupo de alimentos. Por el alto contenido de agua, resultan afectadas por costos altos de transporte y a menudo se dañan fácil lo que eventualmente produce pérdidas por putrefacción. También su vida media es más corta que la de otras fuentes de energía y su valor nutritivo es inferior por unidad de peso (menos material seco).

### Raíces

Las raíces más importantes usadas para alimentación animal en distintas partes del mundo son: remolacha forrajera (*mangels*, en inglés), nabo, rutabaga, colinabo o *Brassica napus* (*rape*), otro nabo o *Brassica campestris* (turnips) y mandioca o *Cassava* o *Manihot sp.* (*manioc* o *tapioca meal*). A veces se cultivan con este fin la remolacha azucarera (*sugar beet*) y la zanahoria (*carrot*, en inglés) para caballos además de otras raíces comestibles.

En las condiciones de cultivo de la Pampa húmeda, el silaje de maíz rinde más materia seca, energía y nutrientes por hectárea y a mitad de costo que este grupo de alimentos; esto por mayor rinde por hectárea y menor costo de mano de obra. Se necesitan tres toneladas de remolacha forrajera o 2,5 toneladas de nabos o 1,7 toneladas de remolacha azucarera para equiparar los nutrientes de una tonelada (todo medido en materia seca) de un buen silaje de maíz, pero tener presente que ésta es sólo una comparación para dar idea de la contribución en alimento de los materiales nombrados. Donde el clima no permite

el cultivo de maíz, no tiene, lógicamente, valor esta comparación como posibilidad de elección y en esta circunstancia radica la ventaja de los otros alimentos.

Una característica adicional de este grupo de alimentos es la tendencia a aumentar la producción de leche y porcentaje de grasa de la leche porque debido a su palatabilidad aumenta la ingesta de nutrientes en animales que ya están comiendo bien otros alimentos.

En Europa, donde se usan estos alimentos, se mezcla pajas de cereales con raíces trozadas que al liberar agua embeban el forraje y el consumo de paja resultante es considerable (bastante mayor que el consumo voluntario de paja tal cual).

**Mandioca o yuca, *Manihot utilissima* y *Manihot esculenta*, (manioc, cassava, or tapioca meal, también conocida como *ketella*, *kaspe* y *upí*) (IFN 4-01-150)**

Es una raíz de las zonas húmedas, tropicales y subtropicales del mundo, que aporta altos contenidos de almidón (70 a 80 % base materia seca) de buena digestibilidad, comparable a la digestibilidad del almidón de los cereales (aporta 23 % amilosa y 77 % amilopectina). Es originaria de América y se difundió en África y Asia. Nigeria, Brasil y Tailandia son los mayores productores y Tailandia es el mayor exportador hacia Europa principalmente de mandioca trozada o en comprimidos gruesos (“chips”), molida es muy pulverulenta.

El nivel de nutrientes es insignificante porque su aporte es casi exclusivamente de energía. La harina de mandioca tiene un color blanco grisáceo. Cuando se cosecha la raíz, se troza, se seca (fresca tiene alrededor de 65 % de agua) y luego se muele.

La raíz de mandioca no es atacada por insectos y lo mismo sucede con raciones con 15 a más % de harina de mandioca. Presenta un tóxico cianogenético, un glucósido cianogenético: la manihotoxina (o linamarina), en la corteza de la mandioca dulce (*M. dulcis*) y en toda la raíz de la mandioca amarga (*M. utilissima*). Por acción enzimática libera ácido prúsico o ácido cianhídrico. Las raíces de mandioca dulce, peladas de su cáscara, tienen mucho menos glucósido porque la mayor parte del mismo está en la piel. El nivel de glucósido cianogenético varía según la variedad, la edad de la planta, las condiciones del suelo, la aplicación de fertilizantes, el clima y los métodos de cosecha, de secado y de procesado.

*En realidad, este condicionamiento vale para casi todas las variaciones que ocurren en todos los vegetales. (¡Recordar: “varía” y “depende”!)*

Los métodos de procesamiento tienden a reducir la cantidad del glucósido a niveles seguros y varían en cada región productora de mandioca. Cuando los “chips” se secan al sol o mecánicamente, se destruye la enzima que hidroliza el glucósido.

El agregado de metionina (100 gramos de metionina por cada 100 kg de mandioca) anula con su azufre a esta toxina, en su uso para alimentar cerdos y aves. Aumenta así el requerimiento de metionina. Para los cerdos existe el límite de 100 ppm de esta toxina (linamarina).

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Composición química	Mandioca fresca	Mandioca seca	Maíz grano
Materia seca	37,00 %	88,00 %	88,00 %
Energía metabolizable (*)	2,89 (s/ MS)	3,07	3,25
Energía neta de mantenimiento (*)	1,94	2,09	2,24
Energía neta de ganancia(*)	1,30	1,43	1,55
TND sobre materia seca %	80,00	85,00	90,00
Proteína bruta %	3,60	2,60	10,10
Extracto etéreo %	1,00(**)	0,80(**)	4,20(**)
Cenizas % (****)	3,90	3,50	1,40
Fibra bruta % (***)	4,60	5,20	2,20
Calcio %	0,30	0,28	0,02
Fósforo %	0,20	0,19	0,35
Potasio %	0,27	0,26	0,37

(\*) Los valores de energía se refieren a energías para vacunos de carne, en megacalorías por kilogramo.  
(\*\*) Notar la diferencia, con el grano de maíz, respecto del bajo % de extracto etéreo que hace a la mandioca seca y molida tan polvorienta; condición que hay que eliminar (corregir) al darla a consumir.  
(\*\*\*) La FDN es de 9,25 % y la FDA es de 7,50 %: muy bajas, lo cual indica facilidad para la digestión.  
(\*\*\*\*) Cuando las cenizas son más altas se trata de la presencia de tierra o arena del suelo, que no se separó bien.

**Tabla 117:** Composición química de la mandioca fresca y seca comparada con grano de maíz (NRC Beef, 2016).

La mandioca aporta mayoritariamente almidón (hidratos de carbono no fibrosos: 72 %) y bajo contenido de proteínas, de las cuales alrededor de un 60 % corresponde a nitrógeno proteico y entre 30 y 40 % a nitrógeno no proteico. Presenta un elevado coeficiente de digestibilidad por la reducida cantidad de celulosa. La digestibilidad del almidón es del 93 % y de la celulosa del 70 % (en vacunos). En muchos países tropicales reemplaza a los cereales en producción animal. Bajo estas condiciones (de clima tropical) es la más productiva en términos de energía / hectárea y es así la fuente más económica de energía en esos climas. Existen publicaciones donde se mencionan rendimientos por hectárea de raíces frescas (antes de secarlas) de hasta 45 toneladas en buenos campos (fertilizados).

Es un alimento especialmente apropiado para el engorde de cerdos, vacunos y lanar. En países donde su incorporación es económica, es usada en cantidades importantes en las especies mencionadas y en vacas lecheras también. En rumiantes, se usa fresca o seca y cortada en trozos que no representen un problema al tragarlos, o también se suministra molida. En dietas bien balanceadas reemplaza a la mayor parte de la fracción grano.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Aminoácidos:	Mandioca	Maíz grano
Arginina %	0,18	0,39
Cistina %	0,023	0,147
Histidina %	0,034	0,258
Isoleucina %	0,046	0,350
Leucina %	0,064	1,190
Lisina %	0,067	0,254
Metionina %	0,022	0,180
Fenilalanina %	0,040	0,464
Treonina %	0,043	0,342
Triptofano %	0,020	0,067
Valina %	0,054	0,461

**Tabla 118:** Composición química en aminoácidos esenciales de la mandioca y su comparación con los presentes en grano de maíz (NRC Beef, 2016).

El aporte en aminoácidos esenciales es muy bajo aún en comparación con el aporte del grano de maíz que también es bajo.

Para el engorde de cerdos se requiere la cocción previa para desactivar los glucósidos: en 100 litros de agua, 20 a 30 kg de mandioca y 4 a 5 kg de melaza para mejorar la palatabilidad (o 0,5 kg de sal cuando no se usa melaza). Se puede reemplazar entre el 40 y el 70 % de los granos sin problemas, salvo la necesidad de aportar, con otros alimentos, el faltante de proteínas (aminoácidos) que dejan de aportar los granos reemplazados.

La mandioca seca molida es muy polvorienta por lo que se la prensa una vez mezclada con los otros ingredientes de la ración para evitar los efectos molestos y nocivos del polvo y convertirla así en comprimidos, chips o pellets. El polvo de mandioca molida es muy irritante para los pulmones y los ojos de los caballos. Donde el prensado no es posible, se suministra humedecida con agua o con el agregado de hasta 3 % de melaza, que ayuda además a su consumo pues sin ésta, u otro atractivo, es de poca palatabilidad.

En aves de postura se puede también reemplazar todo el grano suplementando bien las deficiencias en aminoácidos, sobre todo de metionina que obra como detoxificador de los restos de glucósido tóxico linamarina.

Descuidando el aporte de metionina, la producción de huevos, en ponedoras, será de tamaño más reducido (típico síntoma del faltante de ese aminoácido).

La mandioca, más la proteína necesaria para equipararla a la proteína del grano a reemplazar, debe costar igual o menos que el precio de un grano de la zona, para la toma de decisión de su uso. En el costo de la mandioca se deben incorporar los costos de manejo extra (que no se necesiten al suministrar grano) para hacer esta comparación.

## Tubérculos

### **Papa; *Solanum tuberosum* (potato, en inglés) (IFN 4-03-787) y silaje de papas (IFN 4-03-768)**

Es originaria de los países andinos, de América Central y México (según FAO). Los conquistadores la llevaron a España y más tarde se difundió por Europa. La papa fue introducida en Europa desde América en 1534 y Parmentier (francés), la introdujo en la

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

alimentación humana en su país en el siglo XVII y después, se difundió por toda Europa cuando fallaron las cosechas de granos a fines de los siglos XVII y principios del XVIII y esto le dio su oportunidad. Posteriormente, una enfermedad, el tizón de la papa (*Phytophthora infestans*) fue la mayor enfermedad que azotó a Europa que provocó la emigración de grandes contingentes de personas a partir del hambre generalizado.

Como en el caso de otros alimentos cuyo principal destino es la alimentación humana, se presentan partidas estacionales de descartes de clasificación, por tamaño (papas chicas), por forma, por daño, que son utilizadas para alimentación animal, principalmente para vacunos y cerdos.

Análisis:	Papas	Papas	Maíz	Maíz
	Tal cual	Base materia seca	Base materia seca	Tal cual
Materia seca %	23,40 (15 a 34)	100	100	86,00
Humedad %	77,00	0	0	14,00
Proteína bruta %	2,20 (0,7 a 2,7)	9,50	10,10	8,70
TND %	19,00	81,00	84,00	73,00
Grasa %	0,10 (0,04 a 0,96)	0,40	4,30	3,70
Fibra bruta %	0,60 (0,3 a 3,00)	2,50	2,40	2,10
Cenizas %	1,10 (0,3 a 1,90)	4,80	1,40	1,20
Calcio %	0,01	0,04	0,023	0,02
Fósforo total	0,06	0,24	0,29	0,25

**Tabla 119:** Composición química aproximada de la papa comparada con grano de maíz en valores tal cual.

Cuando ambos alimentos se comparan en base a materia seca, el aporte en energía es parecido (81 y 84 % TND).

Aporta vitaminas del grupo B: tiamina; riboflavina, niacina, ácido pantoténico.

El TND de la materia seca es del 81 % lo que la acerca mucho a la energía de los cereales. El 81 % de la materia seca es almidón de muy buena digestibilidad. Se necesitan 4 a 4,5 kg de papa fresca para equiparar a un kg de grano en lo que respecta a su TND (esto por tener 23,4 % de materia seca versus 86 % del maíz grano).

Completando la comparación de la materia seca de papas con el grano de maíz observar en la tabla 120, los valores de energía para vacunos:

Alimento:	ENmantenimiento (Mcal /kg)	ENganancia (Mcal /kg)	ENlactancia (Mcal /kg)	% Fibra bruta	% FDA
Papas frescas	1,98	1,32	1,87	2,40	3,0
Silaje de papas	2,02	1,34	1,89	4,4	5,0
Maíz grano	2,10	1,43	1,96	1,90	3,30

**Tabla 120:** Aporte energético para vacunos de papas, silaje de papas y grano de maíz expresados sobre base materia seca (NRC Beef, 2016; Bath, 2018).

Los valores presentados de energía y fibras confirman el potencial de las papas como alimento energético para vacunos. Los reducidos valores en fibra indican que este alimento presentará buena digestibilidad y el valor de lignina es bajo. Las diferencias entre las papas frescas y las ensiladas se deben a la pérdida de humedad del material ensilado.

El contenido de nitrógeno y minerales es pobre. Dentro de los minerales cabe mencionar el contenido de potasio (0.48 %). De acuerdo con las características presentadas es un alimento que se usa en engorde.

La papa cuando está verde o brotada contiene un alcaloide, tóxico para los animales monogástricos, llamado solanina, que produce alteraciones gastrointestinales y neurológicas. El contenido de solanina en las papas se incrementa al brotar, en la primavera. En el tubérculo hay 0,1 g de solanina por kg, pero la semilla puede contener hasta 100 veces más, sobre todo hacia el momento de la germinación.

Las papas pueden ser suministradas a animales monogástricos luego de ser cocinadas. La solanina es hidrosoluble y cuando se cocinan las papas, con sus cáscaras, que es como se usan en la alimentación animal, la solanina va a quedar en el agua de cocción por lo que hay que desecharla. Cuando la papa trozada o entera presenta color verde, es indicio de alta solanina y es tóxica en estas condiciones, si se come cruda.

Suministrando papas cocidas, los cerdos pueden comer 7 a 9 kg por cada 100 kg de peso vivo. Si se las suministran crudas, necesitan un 30 % más para alcanzar los mismos aumentos de peso que con papas cocidas.

Cuando se suministran crudas suelen producir diarreas, producto de fermentaciones descontroladas de las féculas (almidón), en el intestino grueso. Por esta razón no conviene darlas a cerdas en los primeros tres meses de gestación.

A los vacunos se les pueden suministrar papas crudas y se recomienda trozadas. Consumen hasta 5 kg de papas por cada 100 kg de peso vivo (hasta 15 a 20 kg en total, por día), llegando a ese límite con un acostumbramiento gradual. Este aporte recomendado de papa se debe complementar con el agregado de forraje, (de alimentos de fibra larga) y concentrados proteicos, minerales y/o vitaminas de acuerdo el tipo de producción.

Los ovinos consumen hasta 2 kg por cabeza y por día, aprovechan las papas igual que los vacunos. Ambos, vacunos y lanares, aprovechan mejor las papas con un acostumbramiento gradual hasta llegar a la cantidad máxima de consumo para evitar así su acción laxante cuando de golpe se les dan cantidades grandes a consumir. Las papas en mal estado producen irritación del aparato digestivo por lo que las que sean pequeñas, trozadas, o deformes, deben ser sanas.

Para suministrarse a equinos deben cocinarse previamente como se aconseja para los cerdos. En la cocción se pierde un 15 % del peso correspondiente a nutrientes solubles en el agua de cocción. En caso de poder dar de comer las papas, cocidas sin la cáscara, con el líquido de cocción, no habrá tal pérdida.

Se pueden hacer silajes de papas trozadas con rastrojo de maíz o de sorgo o con heno picados en la proporción de 20 a 25 kg de material seco cada 100 kg de papas trozadas. Así se evita el escurrimiento del exceso de humedad (agua de constitución) de las papas y fermentará mejor el material ensilado. Con 35 a 40 % de materia seca resultante de la mezcla de forraje seco y de papas se puede obtener un buen silaje.

Usando los valores de materia seca de los materiales a mezclar en un cuadrado de Pearson poniendo en el centro de este la materia seca deseable: 35 o 40 %, se pueden ajustar las proporciones sobre todo si el forraje a usar tiene una humedad distinta a la de un heno; sería el caso de un rastrojo con algo de material verde, por ejemplo. El silaje obtenido tendrá un valor alimenticio semejante al silaje de maíz. También se pueden ensilar papas con material forrajero ensilado verde: hasta 500 Kg. De papas cada tonelada de material verde.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Cuando se almacenan las papas sin ser mezcladas con otro material, se debe tener en cuenta que en los primeros meses habrá una pérdida del 8 al 14 % y la mayor parte de esa pérdida será por el brotado de las mismas. Un almacenamiento de más tiempo provocará una pérdida de materia seca del 14 al 20 % aparte de lo que pudiera perderse por papas que se pudran si hubo alta humedad en el almacenado.

Los rumiantes pueden aprovechar las papas, la planta de papa y hasta las cáscaras (subproducto de las plantas que elaboran puré o papas fritas), luego de ser cocidas para separar la solanina que se concentra. Las papas fritas para consumo animal son las que resultan del descarte de las que se preparan para consumo humano y por la cantidad de aceite que absorben en la cocción debe limitarse su consumo a 1 a 1,5 kg por cada 100 kg de peso vivo en vacunos de carne mientras que, tratándose de cáscaras cocidas, su consumo puede ser de hasta 40 kg por día por vacunos en engorde, ver tabla 121.

*La diferencia entre ordinario y extraordinario es ese pequeño “extra”.*  
(Leadership: [www.motivateandinspire.com](http://www.motivateandinspire.com)).

Nutrientes	Cáscaras de papas	Papas (en trozos)	Papas fritas
Materia seca	12,30 %	22,70 %	32,20 %
Proteína bruta	21,60 %	8,40 %	6,60 %
Grasa	2,40 %	0,40 %	19,60 %
FDN	28,50 %	3,50 %	20,5 %
Digestibilidad	74,80 %	94,70 %	95,60 %
Cenizas	10,60 %	4,80 %	2,80 %
Calcio	0,25 %	0,36 %	0,29 %
Fósforo	0,24 %	0,20 %	0,16 %

**Tabla 121:** Análisis químico comparativo del tubérculo de papa, peladuras de papas y papas fritas (expresados en valores tal cual).

### **Batata (*Ipomea batata*), moñato (como se la llama en la Mesopotamia), o boniato (*sweet potatoe*, en inglés) (IFN 4-04-788)**

De áreas tropicales, lluviosas. Existen dos variedades: tubérculos blancos (de pulpa blanca), tubérculos rojos o púrpura (de pulpa amarilla por la presencia de carotenos). Son originarias según la FAO de América del Sur.

La batata contiene almidón y algo de azúcar que le da el sabor dulce. Es parecida en valor nutritivo a la papa y se aplican entonces las mismas normas de su manejo como recurso alimenticio. En los estados sureños norteamericanos se utilizan 100 kg de batatas trozadas como equivalentes a 250 kg de silaje de maíz o de sorgo. En algunos casos sueltan cerdos en el rastrojo de batatas para levantar lo que quedó en el rastrojo, luego de su cosecha y si se hace lo mismo con vacunos, éstos comen, con entusiasmo, la parte foliar de esta planta. Las plantas y restos de batatas trozadas pueden ensilarse combinadas o no con otros materiales forrajeros como se hace con las papas para preservar el material un plazo de tiempo.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Nutrientes:	Batatas	Papas	Nutrientes:	Batatas	Papas
Materia seca	31,0 %	23,0 %	-	-	-
TND	80,0 %	81,0 %	Calcio	0,09 %	0,04 %
Proteína bruta	5,0 %	9,5 %	Fósforo	0,13 %	0,24 %
Grasa	1,30 %	0,40 %	Potasio	1,19 %	2,17 %
Fibra bruta	6,0 %	2,40 %	Magnesio	0,16 %	0,14 %
FDA	8,0 %	3,0 %	Cenizas	3,60 %	4,80 %

**Tabla 122:** Análisis comparativo de la composición química de batatas y papas expresado en base a materia seca (Bath, 2018).

### **Tabla de sustitución de alimentos para vacunos**

La tabla que se presenta a continuación sirve a modo de resumen para realizar un adecuado manejo del grupo más representativo de los concentrados energéticos. Puede ser una guía muy útil en caso de no poder hacer los cálculos al reemplazar un alimento por otro tomando en cuenta el valor por unidad de energía haciendo un reemplazo más ajustado.

En la tabla 123 que sigue se observa:

Granos y sus subproductos, raíces y tubérculos (de proteína baja a mediana)	Valor relativo comparado con el básico (maíz) %	Porcentaje máximo que puede reemplazar
Maíz	100	100 (molido)
Afrecho de arroz	66 a 75	33,33
Avena	70 a 90	10 a 100 (1)
Cebada	90	25 a 100 (1)
Centeno	96	33,33 (4)
Espiga de maíz	85 a 90	100 (4)
Granzas (de limpieza) (5)	62 a 70	25 a 35 (2)
Grasa	225	5
Pulpa de manzana	78	33,33
Papas	10 a 25	85 (3)
Porotos (no soja)	80	10
Rebachillo de maíz	100	50
Sorgo	90 a 95	100 (4)
Trigo	100	30 (4)
Afrechillo	70 a 80	33 a 50

(1): Variación de cantidad en base a su peso hectolítrico: a más liviano, indicación de mayor porcentaje de fibra (menor valor energético). Usarlos molidos o aplastados (arrollados).  
 (2): Moler evitando así que germinen las semillas de malezas siempre presentes en toda "limpieza" de granos y que pasarían con la bosta y germinarían posteriormente.  
 (3) Trozarlas para evitar ahogos por obstrucción del esófago.  
 (4): Moler grueso para evitar el polvo, por ser granos bajos en extracto etéreo.  
 (5): Es el resultado de la limpieza de los granos y contiene los granos extraños (malezas, algunos) al que se limpia además de granos chicos y quebrados del grano a limpiar.

**Tabla 123:** Tabla de sustitución de alimentos para vacunos (Ensminger & Olentine, 1983).

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Lo más útil de estos valores relativos es el límite hasta el cual Ensminger y Olentine (1983) aconsejan ir al reemplazar maíz por alguno de los otros concentrados energéticos mencionados en la tabla. Se asume que se trata de alimentos sanos, es decir sin contaminaciones de micotoxinas.

### **GRASAS (FATS, EN INGLÉS)**

**Grasa vacuna (IFN 4-00-376); grasa de aves (IFN 4-00-409); aceites vegetales (*vegetable oils*, en inglés) (IFN 4-05-077)**

Las grasas son los lípidos más abundantes en materiales de origen animal y los aceites en materiales de origen vegetal. Son ésteres de ácidos grasos y glicerol. Están compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno con más altos porcentajes de carbono y de hidrógeno que los que están presentes en los carbohidratos.

Los lípidos son sustancias biológicas que son capaces de ser extraídas por solventes y dentro de este grupo químico se incluyen: grasas, ceras, esteroides, fosfolípidos, galactolípidos y un número de otros tipos de compuestos (de menor interés inmediato para el nutricionista).

Son la fuente más concentrada de energía (9,4 cal/g de energía bruta = 2,25 veces más que la que aportan los hidratos de carbono y las proteínas. Esto es así teniendo en consideración las energías brutas pero la relación en cuanto a la energía productiva, teniendo en cuenta la energía neta de lactancia de la grasa animal (5,84 Mcal/kg) y del maíz molido (1,96 Mcal/kg), la relación es de casi 3:1 ( $5,84 / 1,96 = 2,98$ ). Es más eficiente la grasa porque pierde menos energía por gases, al metabolizarse más eficientemente que la energía de los hidratos de carbono y la de las proteínas. Esto sucede porque los ácidos grasos no se degradan en el rumen y tienen mayor eficiencia de utilización en la síntesis de la leche (82,4 %) que los productos finales de la digestión de los hidratos de carbono y de las proteínas (63 a 65 %).

En la tabla 124 que sigue se presentan los valores de energía metabolizable de distintas fuentes de grasas y aceites de origen animal y vegetal:

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Nombre:	Energía Metabolizable aves	Energía Metabolizable aves
Materias grasas:	EM para pollos Hasta tres semanas	EM para aves de Más de tres semanas
Sebo vacuno	7.400 (*)	8.500
Grasa de cerdo	7.600	8.400
Aceite de aves (**)	8.200	9.000
Aceite de pescado (***)	8.600	9.000
Aceite vegetal (soja)	8.800	9.200
Borras de aceite (****)	7.800	8.100
Mezcla de grasas y aceites	7.700	8.000
Maíz grano	3.400	3.400

(\*) El sebo vacuno está compuesto de alta proporción de ácidos grasos saturados que los pollitos no digieren bien.  
 (\*\*) Es la mejor fuente de grasa para los pollos parrilleros por su perfil de ácidos grasos. Es de gran demanda en la formulación de dietas para mascotas (animales de compañía) por su digestibilidad, palatabilidad y calidad uniforme. Le siguen en preferencia especialmente para pollitos, los aceites vegetales, que son más caros por ser de uso en alimentación humana.  
 (\*\*\*) Contiene 25 % de ácidos grasos insaturados que lo hace muy propenso a rancidez por oxidación. Necesita el aporte de un antioxidante. Este aceite aumenta el nivel de ácido eicosapentanoico (ácido graso de cadena larga) en la carne y huevos que es beneficioso para la salud humana.  
 (\*\*\*\*) Las borras (*soapstock*, o *acidulated soapstock*, en inglés) son el resultado de la separación de materiales grasos en el refinado de los aceites comestibles.

**Tabla 124:** Composición en energía metabolizable de fuentes de grasas y aceites de origen animal y vegetal (Griffiths *et al.*, 1977).

*Dos hacen más corto el camino.*  
**Proverbio irlandés.**

Las características físicas y químicas de la mayoría de los lípidos son determinadas por el número de átomos de carbono en los ácidos grasos y por el número de dobles ligaduras de los carbonos. Los ácidos grasos son hidrocarburos con un radical ácido. Los ácidos grasos componentes de los lípidos tienen de 12 a 22 carbonos.

Los ácidos grasos en una grasa pueden ser todos iguales o diferentes, saturados o insaturados. El punto de fusión de las grasas aumenta a medida que se alargan las cadenas carbonadas de los ácidos grasos saturados y a partir de los ácidos grasos de 11 carbonos son sólidos a temperatura ambiente.

Ácido graso:	Número de carbonos	Punto de fusión
Butírico	4	-7,9°C
Caproico	6	-3,2
Caprílico	8	16
Estearico	18	70

**Tabla 125:** Influencia del número de átomos de carbono en los ácidos grasos sobre el punto de fusión.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Nombre:	Número de carbonos	Número de dobles ligaduras
Esteárico	18	0
Oleico	18	1
Linoleico	18	2
Linolénico	18	3
Araquidónico	20	4

**Tabla 126:** Ácidos grasos que se encuentran comúnmente en grasas y aceites.

Cuanto más dobles ligaduras presentan los ácidos grasos, más bajo es el punto de fusión. Las dobles ligaduras hacen que esos ácidos grasos sean más químicamente reactivos. Los ácidos palmítico y esteárico son los más abundantes en las grasas animales. Respecto a los ácidos grasos insaturados, los más abundantes en las grasas animales son: palmitoleico, oleico, linoléico y linolénico. El oleico es el ácido graso más abundante y más ampliamente distribuido en la naturaleza.

Las **grasas animales** (triglicéridos de ácidos grasos) son principalmente subproductos de la industria de la carne (desde grasa vacuna a grasa de aves). Se trata de los mejores grados de grasas no comestibles recuperadas de tejidos animales por tratamiento con calor, con temperaturas superiores de 40° centígrados que es por definición de grasas, el punto de fusión de las mismas. El contenido de ácidos grasos libres y el color define las clases o grados de grasa. El 95 % de todos los lípidos en las dietas para animales están en la forma de triglicéridos. La mayoría de los ácidos grasos de los lípidos de origen animal tienden a ser saturados.

Para mejorar su incorporación en alimentos sólidos y secos, se calientan de 65 a 70°C (150 a 160°F) para agregarlas líquidas y calientes. La temperatura hace más fácil a la grasa líquida embeberse en las harinas secas.

En almacenaje, se las mantiene a temperaturas alrededor de 49°C (120° F), lo que hace que se mantenga líquidas y fluidas para pulverizar sobre los alimentos secos o sobre los comprimidos, llegado el momento de suministro.

Los **aceites de origen animal** (ej. aceite de pollo: IFN 4-00-409) y los **aceites vegetales**, de semillas, (ej. aceite de soja: IFN 4-07-983) son líquidos a menos de 40°C.

La mayoría de los ácidos grasos de lípidos de origen vegetal son insaturados y poliinsaturados. Los lípidos en los vegetales se concentran en las semillas, esta energía será utilizada en la germinación.

El uso habitual en las dietas es de hasta 3 % sobre los ingredientes secos y en el mezclador, o más cantidad después de egresar del mezclador y previo al prensado (comprimidos o “pellets”). Si la formulación de un alimento requiere un nivel mayor de grasa por exigencias de un nivel más alto de energía, ésta se agregará sobre los comprimidos aun calientes al salir de la prensa y antes de pasar a la enfriadora. Los comprimidos calientes absorben muy bien la grasa caliente y no pierden su forma por ello.

Además de aumentar la energía de las raciones, mejorar la textura y su palatabilidad aplacan el polvo de las harinas (de los alimentos molidos). También lubrican el equipo de prensado y hacen más fácil el prensado y aumentan el rendimiento de las prensas en

hasta un 25 % con el agregado de grasa a la fórmula a prensar y reducen el desgaste de la maquinaria empleada. Esto se logra con sólo el agregado de 1 % de grasa. Es decir que no siendo necesario el agregado de grasa para cubrir un nivel de energía dado, se agrega ese 1 % para mayor eficiencia de la maquinaria del molino fabricante.

Las grasas requieren del agregado de un antioxidante para extender su conservación. Este agregado puede hacerse en la planta elaboradora que es la misma que produce harinas de carne y como subproducto de recuperación las grasas o se agrega en el momento de recibo al establecimiento.

La utilidad de las grasas depende, además de su importante aporte de energía, de la contribución de ácidos grasos esenciales. El agregado de grasa a las raciones reduce el consumo de alimento ya que aporta más energía por unidad de consumo, respecto de lo que aportan los hidratos de carbono. Esto significa una mejora de la conversión de alimento a producto: carne o huevos.

Alimentos:	EM Mcal/día
Grasas	6,02-7,69
Maíz, grano	3,35

**Tabla 127:** Aporte energético de las grasas vacunas comparadas con el grano de maíz expresados en base materia seca (NRC Poultry, 1994).

En lo que respecta a su calidad, no debe tener más del 2 % de humedad (mayor cantidad contribuye a su deterioro y a la oxidación de la maquinaria que la manipula).

Insolubles	Máximo	1,00 %	-
Insaponificables	Esperado	2,50 %	(2 y 6,00 %)
Ácidos grasos totales	Esperado	90,00 %	(85 y 90,00 %)
Ácidos grasos libres	Máximo	0,50 %	-
Peso específico	Máximo	0,924 a 0,926	-

**Tabla 128:** Otros requisitos tenidos en cuenta en la producción de raciones con inclusión de grasas y que definen la calidad de las mismas.

Se recomienda usar grasas a las que se les agregó un antioxidante estando frescas, también llamadas grasas estabilizadas. La rancidez es el principal enemigo de una grasa de calidad y resulta de cambios espontáneos que ocurren en las mismas. Dos diferentes cambios llevan a lo que es conocido como enranciamiento de las grasas. La hidrólisis de los glicéridos que resulta en ácidos grasos libres, o la oxidación de las dobles ligaduras (insaturadas) de las grasas, que forman aldehídos, cetonas y ácidos. Ordinariamente ambos procesos ocurren simultáneamente.

La temperatura, la luz y la humedad como la presencia de algunos metales que actúan como catalizadores, aceleran el proceso de oxidación. Las sales de cobre y de hierro son activos catalizadores para estas reacciones: una cantidad tan ínfima como 0,2 ppm (2 mg por kg: ¡2 gramos por tonelada!) (ppm: partes por millón) de estas sales promoverán la rancidez con fuerza. En el proceso oxidativo, existe un período de inducción, seguido de un período de absorción activa de oxígeno. La oxidación es una reacción en cadena (es auto catalítica) y por lo tanto aumenta rápidamente pasado el pe-

ríodo de inducción. Los antioxidantes entran en la reacción oxidativa y cambian pronto los productos de la reacción en otros productos que no entran en la reacción en cadena.

### Antioxidantes

Sólo deben usarse grasas estabilizadas con alguno de los antioxidantes que se ofrecen en el mercado: BHA: butil hidroxi anisol, BHT: butil hidroxi tolueno, trimetil etoxi dihidroquinolina (ETO) (agregados desde el 0,05 al 0,1 %), entre otros, o mezclas sinérgicas de dos o más de ellos que se ofrecen en el mercado. Un ejemplo entre varios, sería la combinación de 20 % de BHA más 20 % de ácido cítrico, más 60 % de propilenglicol integrados en un producto comercial que es agregado en la proporción del 0,025 % a la grasa. También se pueden utilizar antioxidantes naturales que se observan en la tabla 130. Actualmente se está tendiendo a la utilización de antioxidantes naturales e incluso en algunos países de la comunidad económica europea se encuentra prohibido el uso del ETO.

El número de días indicados en la tabla 129 que se presenta a continuación, indica el tiempo para alcanzar los 20 miliequivalentes de peróxido (un nivel equivalente de oxidación) y es el nivel en el que empiezan a cambiar las propiedades de los lípidos. Una grasa es estable cuando su índice de peróxidos no supera 20 meq/ kg en las mismas 20 horas después de iniciado el ensayo con la técnica del oxígeno activo.

Antioxidantes sintéticos y dosis de uso:	Días para alcanzar 20 meq/kg de peróxidos
ETO (ethoxyquin*): 0,015 %	60 días
TBHQ (butil hidroxi quinona terciaria): 0,02	55 días
PG (propil galato): 0,02 %	40 días
BHT (butil hidroxi tolueno): 0,02 %	25 días
BHA (butil hidroxi anisol): 0,02 %	20 días
* Prohibido su uso en la comunidad económica europea y para alimentos para mascotas	

**Tabla 129:** Eficacia de la utilización de antioxidantes sintéticos en la estabilidad de las grasas.

Antioxidante natural:	Días para alcanzar 20 meq de peróxidos/kg
Alfa tocoferol	12 días
Gamma tocoferol	16 días
Delta tocoferol	25 días
Mezcla de tocoferoles	20 días
Tocoferoles + lecitina + ácido cítrico	25 días
Tocoferoles + lecitina+ ácido Ascórbico	28 días
T+l+ac+aa+ edta (*)	35 días
(*) Se trata de la combinación de tocoferoles + lecitina + ácidos cítrico y ascórbico + etilen diamino tetraacetato o tetra acetato de etilen diamina (un coadyuvante). La lecitina y los ácidos cítrico y ascórbico tienen acción sinérgica con los antioxidantes.	

**Tabla 130:** Eficacia de la utilización de antioxidantes naturales sobre la estabilidad de las grasas.

Otra forma de adicionar grasas a las raciones es mediante el uso de semillas de oleaginosas aportando así el aceite que contienen. Esto facilita la incorporación de lípidos en instalaciones en que no hay dispositivos para fundir e incorporar grasas sólidas.

En la Argentina el poroto de soja es el recurso más frecuente para agregar lípidos en estas condiciones. Otras fuentes podrían ser las semillas de algodón, las de girasol y de maní, entre las más difundidas en el país. Esto no excluye el uso de otras semillas oleaginosas: colza, lino, cártamo, atendiendo en cada caso a las posibles limitaciones que sean necesarias tener en cuenta.

Las semillas de oleaginosas (algodón, soja, etc.), ceden aceite más despacio, por lo tanto, hay menos posibilidades de afectar la flora ruminal si se respetan los límites de inclusión. La cantidad de semillas de oleaginosas que se proyecte agregar para agregar lípidos (aceite, en este caso), a una ración para rumiantes deberá considerar también el aporte adicional de proteínas y otros nutrientes presentes en las respectivas semillas. De lo contrario, otras fuentes, pueden resultar más económicas.

El aceite de pescado es también un recurso para incorporar lípidos en alimentos para animales pilíferos y en alimentos para peces (truchas, salmones) y otros animales acuáticos.

#### **Uso de distintas fuentes de lípidos**

Hasta 3 % en la mezcladora o en la prensa de comprimidos o pellets (a 65-70°C de temperatura). Hasta 10 % en no rumiantes, por ejemplo, perros, gatos, (3 % en la mezcladora y 7 % sobre los comprimidos calientes al salir de la prensa).

Hasta 5 % de lípidos totales en rumiantes o 7,5 % si se usa grasa *by-pass* (que no interviene en la fermentación ruminal): podría utilizarse también 5 % de lípidos + 2,5 % de grasa *by-pass* en bovinos de leche de alta producción).

Ácidos grasos:	Ácidos grasos saturados		Ácidos grasos insaturados			Consistencia
	C14	C16 – C18	C18:1	C18:2	C18:3	
Especie animal:						
Aceite de pescado	-	11 – 15	-	20	50	Líquida
Grasa de pollo	-	25	40	25 - 30	-	Blanda
Grasa de cerdo	-	35	50	5-7	-	Blanda
Manteca	15	30 - 40	35	0,5	-	Blanda
Grasa vacuna	-	50	35	0,5	-	Sólida

**Tabla 131:** Composición de los ácidos grasos, expresados en porcentaje, de los lípidos de distintas especies animales y su consistencia a temperatura ambiente.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

Análisis:	Grasa animal	Mezclas de Grasas y aceites	Borras de Aceites (*)	Aceite Vegetal
Ácidos grasos totales, mínimo %	90	90	90	90
Ácidos grasos libres, máximo %	15	30	50	50
Humedad, máximo %	1,00	1,00	1,00	0,50
Impurezas, máximo %	0,50	0,50	1,00	0,20
Insaponificables máximo %	1,00	3,50	4,00	0,30
Total de humedad + impurezas, + insaponificables %	2,00	5,00	6,00	1,00

(\*) conocidas como "soap stock"

**Tabla 132:** Estándar de calidad de grasas.

Notar que el nivel de impurezas y de humedad son los más severos en todos los casos.

Ácidos grasos	Ácidos grasos saturados		Ácidos grasos insaturados			Consistencia
Aceites de:	C 14	C 16 + C 18	C 18:1C	18:2	C 18:3	
soja	-	7 – 10	23 – 30	50 – 60	5 – 9	líquida
girasol	-	6 – 15	20 – 50	30 – 60	-	líquida
algodón	-	24 – 29	15 – 20	49 – 57	-	líquida
lino	-	6 – 16	13 – 36	10 – 25	30 – 50	líquida
colza o nabo	-	6	61	20	13	líquida
coco	80	11	5 – 7	-	-	sólida

**Tabla 133:** Composición en ácidos grasos, expresados en porcentaje, de los lípidos de algunas semillas de oleaginosas y su consistencia a temperatura ambiente (C14: ácido mirístico; C16:0: ácido palmítico; C18:0: ácido esteárico; C18:1: ácido oleico; C18:2: ácido linoleico; C18:3: ácido linolénico; C20: ácido araquidónico) (Bondi, 1990).

Secuencia del agregado de lípidos	Origen de los lípidos:	Lípidos en porcentaje del total de MS de la ración	Lípidos kg/día a agregar
1°	De ingredientes: cereales, pasturas, silajes Henos y sus subproductos	3 %	0,454-0,690
2°	De grasas convencionales en concentrados proteicos de origen animal, sebo (*), semillas de oleaginosas	2 – 3 %	0,454-0,680
3°	De grasas <i>by-pass</i> o protegidas	2 – 3 %	0,454-0,680
-	Total	7 – 8 %	1,360-2,040

(\*) Sebos: punto de fusión debajo de los 40°C (ejemplos: sebo blanco a 37°C, sebo amarillo a 36°C, sebo marrón a 38°C); grasas: punto de fusión sobre 40°C (ejemplos: grasa a 41,5°C, grasa grado 1 a 40,5°C, grasa grado 2 a 40,0°C).

**Tabla 134:** Programa sugerido para la adición de lípidos a la ración de vacas lecheras (Palmquist & Jenkins, 1980).

Cuando se justifica el agregado de lípidos a la dieta de la vaca lechera existe un límite a su incorporación (alrededor del 5 a 6 % para la suma de lípidos de los alimentos corrientes: forrajes, cereales y subproductos y los lípidos de los concentrados proteicos de origen vegetal y animal, más una cantidad de lípidos de semillas o de sebos).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Si las circunstancias justifican un mayor agregado se deberá recurrir a grasas *by-pass* o también llamadas grasas inertes o grasas protegidas, es decir grasas tratadas de modo que no influyan negativamente sobre la flora ruminal en su paso hacia la digestión enzimática a nivel intestinal (duodeno). De este modo el total de grasa no afectará a la flora ruminal y el organismo aprovechará la energía de las distintas fuentes de grasa.

Fuentes de lípidos de distintos orígenes	Nivel de seguridad de uso (*)	Cantidad máxima (**)
Semillas de canola	0,9 a 1,4 kg.	1,800 kg
Semillas de algodón	2,3 a 2,7 kg	3,600 kg
Porotos crudos de soja	0,9 a 1,8 kg	2,300 kg
Porotos tostados de soja	2,3 a 3,2 kg	4,540 kg
Semillas de girasol	1,4 a 1,8 kg	2,300 kg
Grasa animal	0,454 kg	0,680 kg
Grasa animal protegida	0.454 kg	0,900 kg
Aceite vegetal	0 kg	0,113 kg
Grasa total en la dieta	2,3 kg (preferible)(*)	8 % de la Materia Seca

(\*) Éstos son límites en que no hay que tomar precauciones extras. Las cantidades corresponden a traducciones de libras (lb) a kg por lo que aparecen con hasta tres decimales que se pueden redondear a dos, pero se muestran así para respetar la tabla original. Se aconseja en forma prudente no superar el 5 % total en la dieta, con la suma de las distintas fuentes y sin aporte de lípidos *by pass*. Con grasa *by-pass* o pasante (que no interfieren en la fermentación ruminal) se puede llegar al 8 % total.

(\*\*) Las cantidades deben formar parte de dietas bien balanceadas, con proteínas de pasaje (o *by pass*) en raciones para vacunos y otros rumiantes para aprovechar bien estos niveles de energía de la ración aportados por los lípidos.

**Tabla 135:** Niveles de uso de lípidos en la dieta de vacunos expresados en kg/Vacuno/día (Erdman *et al.*, 1980).

Fuentes	Palatabilidad	Costo comparativo	Disturbios en el rumen	Concentración de grasa	Manejo
Grasas protegidas	Mala	Muy alto	Bajos	Alta	Fácil
Grasas animales	Buena	Alto	Altos	Alta	Complicado
Semilla / algodón	Mala	Bajo	Bajos	Baja	Complicado
Porotos de soja	Buena	Bajo	Altos	Baja	Fácil
Aceites vegetales	Mala	Bajo	Muy altos	Alta	Fácil

**Tabla 136:** Fuentes de lípidos para utilizar en dietas de vacunos de acuerdo con su palatabilidad, costo comparativo (depende zona), posibilidad de producir disturbios en el rumen, concentración de lípidos y manejo.

Estas características hay que tomarlas en cuenta comparativamente y decidir cómo contrarrestar las que son desfavorables frente a otras de las fuentes: las grasas protegidas, por ejemplo, tienen, comparativamente, mala palatabilidad, costo muy alto frente a otras fuentes, pero de fácil manejo en su incorporación al resto de los otros ingredientes de la dieta; de bajo efecto negativo para las bacterias del rumen y alta concentración de lípidos por lo cual el aporte de una cantidad reducida (podría enmascarar su palatabilidad pobre) y puede

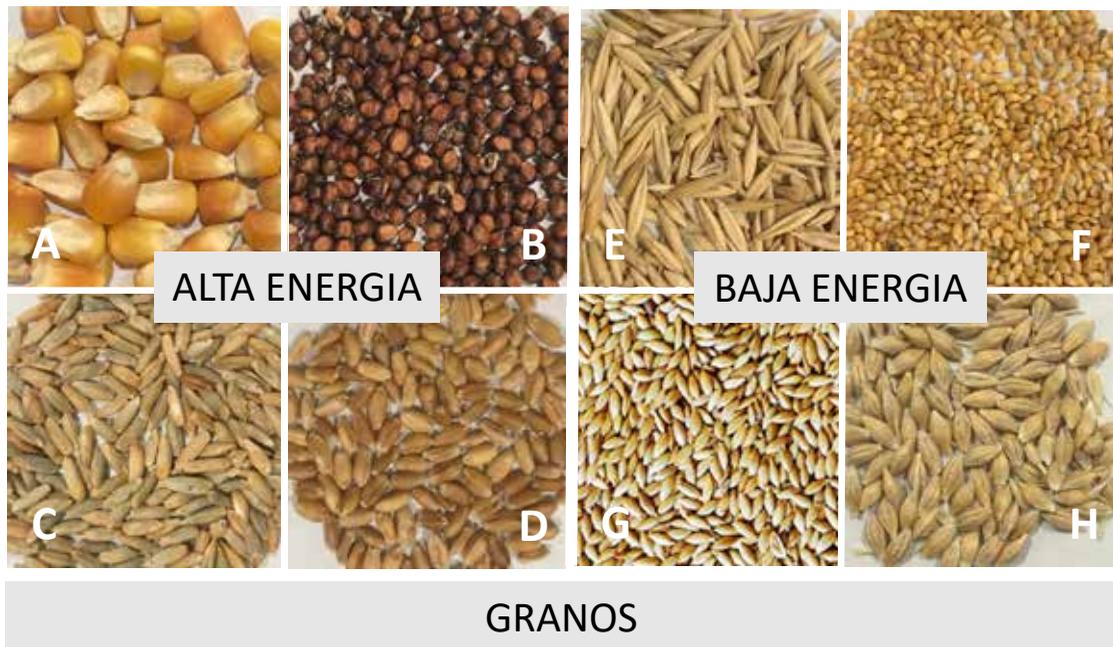
## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

cubrir las necesidades y disminuir sus cualidades objetables. Como la grasa no contribuye con energía para la síntesis microbiana de proteína, en rumiantes, el reemplazo de carbohidratos por grasa debe complementarse con el agregado de 1 % de proteína por cada 3 % de grasa agregada. También aumentar los niveles de Calcio a 0,9 % y de Magnesio a 0,3 %.

Tener en cuenta que en la Argentina no se pueden utilizar grasas de origen animal en la alimentación de rumiantes debido a la reglamentación vigente de encefalomiелitis espongiiforme bovina o “mal de la vaca loca”, solamente se puede utilizar harina de plumas hidrolizadas y aceite de pescado con sus recomendaciones específicas en cada caso. La Argentina se encuentra libre de esta enfermedad y es el trabajo de todos el tratar que sigamos con ese estándar. En otros países de América y de Europa está permitido el agregado de grasas de origen animal a las raciones de rumiantes.



**Ilustración 6:** Alimentos fuera de grado: A, Pellet de alfalfa, depende la calidad pueden entrar dentro de concentrados proteicos (cortado más fresco con PB > 20) ó dentro de forrajes de volumen en un corte meas tardía con FB > 18%. B: cubos de alfalfa, sucede lo mismo que con los pellets de alfalfa; C: ración de mixer llamada TMR (total mixed ration). Fotos gentileza de: (A); Arrazate Benta, F.; (B-C) Laboratorio de Evaluación de alimentos para Uso animal (LEAA-UCA).



## CONCENTRADOS ENERGETICOS

### SUBPRODUCTOS INDUSTRIALES



Ilustración 4: Concentrados energéticos: Granos de alta energía: A: grano de maíz; B: grano de sorgo; C: grano de centeno; D: grano de trigo; Granos de baja energía: E: grano de avena; F: grano de mijo; G: grano de alpiste; H: grano de cebada cervecera; y Subproductos industriales: I: harina de germen de maíz; J: pellet de afrechillo de trigo; K: expeller de afrecho de arroz.

Fotos gentileza de: Laboratorio de Evaluación de alimentos para Uso animal (LEAA-UCA): (A- J); Marticorena, M. (K).

## Bibliografía

- Alimentation Equilibree de Commentry (AEC). (1978). Animal Feeding. Energy, Aminoacids, Vitamins, Minerals. *Document N° 4. Francia*.
- Annison, G., & Choct, M. (1991). Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. *World's Poultry Science Journal*, 47(3), 232-242.
- Aregheore, E. M. (2000). Chemical composition and nutritive value of some tropical by-product feedstuffs for small ruminants—*in vivo* and *in vitro* digestibility. *Animal feed science and technology*, 85(1-2), 99-109.
- Arendt, E. K. & Emanuele, Z. (2013). Cereal grains for the food and beverage industries. *Woodhead Publishing Ltd. Elsevier. Cambridge, UK*, 512 pp.
- Bath, D. L. (2018). Feed by-products and their utilization by ruminants. In *Upgrading residues and by-products for animals* (pp. 1-16). CRC Press.
- Bondi, A. A. (1990). *Animal nutrition*. John Wiley & Sons Ltd.
- Bonino, M. F. A. (1981). Relación entre el contenido de tanino del grano de sorgo y su valor nutritivo en aves. *Boletín de divulgación técnica-INTA EEA Pergamino*, 52. 8pp
- Boyer, C. D., & Hannah, L. C. (2000). Kernel mutants of corn. In *Specialty corns* (pp. 13-44). CRC press.
- Brethour, J. R., & Stegmeier, W. D. (1983). Pearl millet for beef cattle. *Report of Progress 432, Roundup 70, Hays Branch*.
- Burns, R. E., (1963). Method of tannin analysis for forage crop evaluation. *Bull. Tech. N.S. 32. Georgia Agricultural Experiment Station. University of Georgia College of Agriculture*. 14 p.
- Carrasco, N., Zamora, M., Melin, A. (2011). Manual de sorgo 1ª ed.- *Chacra Experimental Integrada Barrow: ediciones INTA*. 105 p; 21 x 15 cm. ISBN: 978-987-679-071-0
- Coppo, J. A. & Mussart, N. B. (2006). Orujo de citrus como suplemento invernal de vaquillas cruce cebú en Argentina. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(4), 1-18.
- Choct, M., & Annison, G. (1990). Antinutritive activity of wheat pentosans in broiler diets. *British poultry science*, 31(4), 811-821.
- Choct, M. (1997). Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. *Feed milling international*, 191(1), 13-26.
- Dale, N. (1990). The Metabolizable Energy of Wheat By-Products. *Journal of Applied Poultry Research*, 105-108.
- Dale, N. (1996). Ingredient analysis table: 1996 edition. *Feedstuffs*.
- De Blas Beorlegui, C., Rebollar, P. G., Mateos, G. G., Gorrochategui, M., Cegarra, E., Méndez, J., & de Ayala, P. P. (2019). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*.
- Engelke, G. L. (1997). Advances in corn hybrids bring change. *Feedstuffs* 69:1, 29–36.
- Ensminger, M. E., Olentine, C. G. (1983) *Alimentos y nutrición de los animales*. Buenos Aires ISBN 950-023026-7 682p.
- Erdman, R. A., Botts, R. L., Hemken, R. W., & Bull, L. S. (1980). Effect of dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide on production and physiology in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 63(6), 923-930.
- Fernandez Mayer, A. (2021). Utilización del bagazo de cítricos en la alimentación de rodeos bovinos de carne y leche (Use of citrus pomace in bovine diets por meat and milk production). *Foro de la Alimentación, la Nutrición y la Salud*.
- Gallinger, C., Suárez, D., Barrera, R., Azcona, J., & Schang, M. (2003). Salvado de arroz: valor nutritivo y uso potencial en alimentos de parrilleros. *Revista argentina de producción animal*, 23(1).
- Gómez, L. M., Posada, S. L. & Olivera, M. (2016). Starch in ruminant diets: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 29(2), 77-90.
- Griffiths, L., Leeson, S. & Summers, J. D. (1977). Influence of energy system and level of various fat sources on performance and carcass composition of broilers. *Poultry Science*, 56(3), 1018-1026.
- Hale, O. M., Morey, D. D., & Myer, R. O. (1985). Nutritive value of Beagle 82 triticale for swine. *Journal of Animal Science*, 60(2), 503-510.
- Halvorson, J. C., Shehata, M. A. & Waibel, P. E. (1983). White lupins and triticale as feedstuffs in diets for turkeys. *Poultry Science*, 62(6), 1038-1044.
- Hassan, Z. M., Sebola, N. A. & Mabelebele, M. (2021). The nutritional use of millet grain for food and feed: a review. *Agric & Food Secur* 10, 16

- Herrera-Saldana, R. E., Huber, J. T., & Poore, M. H. (1990). Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. *Journal of dairy science*, 73(9), 2386-2393.
- Hoffman, P. C., Mertens, D. R., Larson, J., Coblenz, W. K. & Shaver, R. D. (2012). A query for effective mean particle size in dry and high-moisture corns. *Journal of dairy science*, 95(6), 3467-3477.
- Holding, D. R. (2014). Recent advances in the study of prolamin storage protein organization and function. *Frontiers in Plant Science: Plant Evolution and Development*, 276:1-9.
- Huntington, G. B. (1997). Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *Journal of animal science*, 75(3), 852-867.
- Hutjens, M. (2001). Successful feeding systems for dairy. *Hoard's Dairyman Books*.
- Iglesias, B. F., Schang, M. J., Azcona, J. O. & Charriere, M. V. (2019). Avances en la valorización nutricional del maíz y la soja. [https://produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/115-soja\\_maiz.pdf](https://produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/115-soja_maiz.pdf)
- Josifovich, J., Maddaloni, J., Bertin, O. & Echeverría, I. (1985). Sorgo con tanino y maíz en la producción de carne bovina. *Informe Técnico (INTA. Pergamino)*.
- Jurgens, M. H., Bregendahl, K., Coverdale, J. & Hansen, S. (2014). *Animal feeding & nutrition*.
- Kajuna, S. T. (2001). FAO INPho Información sobre poscosecha: Mijo [https://www.fao.org/in-action/inpho/cropcompendium/cerealsgrains/es/?page=2&ipp=7&no\\_cache=1&tx\\_dynalist\\_pi1\[par\]=YToxOntzOjE6IkwilO3M6MToiMil7fQ==](https://www.fao.org/in-action/inpho/cropcompendium/cerealsgrains/es/?page=2&ipp=7&no_cache=1&tx_dynalist_pi1[par]=YToxOntzOjE6IkwilO3M6MToiMil7fQ==)
- Knowlton, K. F., Glenn, B. P. & Erdman, R. A. (1998). Performance, ruminal fermentation, and site of starch digestion in early lactation cows fed corn grain harvested and processed differently. *Journal of Dairy Science*, 81(7), 1972-1984.
- Krishnamoorthy, U., Muscato, T. V., Sniffen, C. J. & Van Soest, P. J. (1982). Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *Journal of Dairy Science*, 65(2), 217-225.
- Macgregor, C. A. (2000). Directory of feeds & feed ingredients. *Hoard's Dairyman Books*.
- Mansilla, P. S. (2018). Evaluación del valor nutricional de maíces especiales (*Zea mays L.*): selección para calidad agroalimentaria. *Universidad Nacional de Córdoba*. [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/89302/CONICET\\_Digital\\_Nro.7bc825f0-c24f-4c60-8251-cee10ed06a02\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/89302/CONICET_Digital_Nro.7bc825f0-c24f-4c60-8251-cee10ed06a02_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- McCarthy Jr, R. D., Klusmeyer, T. H., Vicini, J. L., Clark, J. H. & Nelson, D. R. (1989). Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 72(8), 2002-2016.
- Mergoum, M., Singh, P. K., Pena, R. J., Lozano-del Río, A. J., Cooper, K. V., Salmon, D. F. & Gómez Macpherson, H. (2009). Triticale: a "new" crop with old challenges. In *Cereals* (pp. 267-287). Springer, New York, NY.
- Mertens, D. R. (1991). Critical conditions in determining detergent fibers. In *Proceedings of the forage analysis workshop* (pp. C1-C8). National Forage Testing Association Denver. Pages 5-11
- Morrison, W.R. (1992). Analysis of Cereal Starches. In: *Linskens, H.F., Jackson, J.F. (eds) Seed Analysis. Modern Methods of Plant Analysis, vol 14*. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-01639-8\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-662-01639-8_10)
- National Research Council. (1994). *Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition*, Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/2114>.
- National Research Council. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*, Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9825>.
- National Research Council. (2016). *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Revised Edition*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/19014>.
- Nocek, J. E., & Tamminga, S. (1991). Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3598-3629.
- Palmquist, D. L., & Jenkins, T. C. (1980). Fat in lactation rations. *Journal of dairy science*, 63(1), 1-14.
- Piccioni, M. (1970). *Diccionario de alimentación animal*. P.673-674. Ed. Acribia. España.
- Pond, W. G., Church, D. B., Pond, K. R. & Schoknecht, P. A. (2004). *Basic animal nutrition and feeding*. John Wiley & Sons.
- Preston, R. L. (2016). Feed composition table. *Beef Magazine*. <https://www.beefmagazine.com/sites/beef-magazine.com/files/2016-feed-composition-tables-beef-magazine.pdf>
- Robutti, J. L. (2004). Calidad y usos del maíz. *Revista de información sobre investigación y desarrollo agropecuario, Idia XXI* 6:100-104.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

- Rottinghaus, G. E., Schultz, L. M., Ross, P. F. and Hill, N. S. (1993) An HPLC method for the detection of ergot in ground and pelleted foods. *J. Vet. Diag. Invest.* 5:242-247.
- Rusoff, L. L. (1981). Mineral deficiencies and toxicities in dairy cattle. *Feedstuffs, EE. UU.* 53:29- 30.
- Salmon, R. E. (1984). True metabolizable energy and amino acid composition of wheat and triticale and their comparative performance in turkey starter diets. *Poultry Science*, 63(8), 1664-1666.
- Shaver, R. D. (2013). By-product feedstuffs in dairy cattle diets in the upper midwest. *Forage Resources & Information*.
- Shukla, R., & Cheryan, M. (2001). Zein: the industrial protein from corn. *Industrial crops and products*, 13(3), 171-192.
- Sniffen, C. J., O'connor, J. D., Van Soest, P. J., Fox, D. G. & Russell, J. B. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of animal science*, 70(11), 3562-3577.
- Sodek, L., & Wilson, C. M. (1971). Amino acid compositions of proteins isolated from normal, opaque-2, and floury-2 corn endosperms by a modified Osborne procedure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 19(6), 1144-1150.
- Sullivan, T. W., J. H. Douglas, D. J. Andrews, P. L. Bowland, J. D. Hancock, P. J. Bramel-Cox, W. D. Stegmeier, & J. R. Brethour, (1990). Nutritional value of pearl millet for food and feed. Pages 83-94 in: *Proceedings of the International Conference on Sorghum Nutritional Quality. Purdue University, West Lafayette, IN.*
- Thomison, P. R., Geyer, A. B., Lotz, L. D., Siegrist, H. J. & Dobbels, T. L. (2003). TopCross high oil corn production: select grain quality attributes. *Agronomy Journal*, 95(1), 147-154.
- Thornton, J. H., Goodrich, R. D., & Meiske, J. C. (1969). Corn maturity. I. Composition of corn grain of various maturities and test weights. *Journal of Animal Science*, 29(6), 977-982.

## Índice de tablas y figuras

- Tabla 1:** Contenido promedio de almidón de los granos de maíz, sorgo, trigo, cebada y avena.
- Tabla 2:** Degradabilidad "in vitro" del almidón de los granos de avena, trigo, cebada, maíz y sorgo.
- Tabla 3:** Degradabilidad "in situ" de la materia seca, las proteínas y el almidón de granos de trigo, avena, cebada, maíz y sorgo en una misma unidad de tiempo (Herrera-Saldana *et al.*, 1990).
- Tabla 4:** Composición química de los granos de maíz, sorgo, trigo, cebada y arroz en base a materia seca respecto a su porcentaje de: materia orgánica, proteína bruta, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) en la parte superior y en la parte inferior el porcentaje de almidón base materia seca, rango, desviación estándar y coeficiente de variación de las muestras analizadas.
- Tabla 5:** Diferencias en la extensión de la digestión ruminal de los almidones basadas en cómo son afectadas por su origen y por su procesamiento; expresadas en porcentaje de digestión en el rumen. (Nocek & Tamminga, 1991; Knowlton *et al.*, 1998).
- Tabla 6:** Efecto del tratamiento de grano de maíz dentado aplastado (por calor y arrollado) y extrusado (por calor humedad y presión) comparado con el rendimiento del grano entero en la ganancia de peso diaria, el consumo promedio, los kilogramos consumidos por 100 kg de peso ganado en engorde de novillos a corral durante 148 días con una ración conteniendo 62 % de maíz, se indican los coeficientes de digestibilidad respecto a la energía aportada y a la proteína para los tres tratamientos (Pond *et al.*, 2004).
- Tabla 7:** Tabla comparativa del peso de un bushel (medida de volumen) de granos de cebada, maíz, sorgo, avena, arroz con cáscara, centeno, trigo y soja en libras y en kilogramos.
- Tabla 8:** Consumo de materia seca, almidón, lugares de digestión y digestibilidad de granos de maíz molido y de cebada arrollada suministrados a vacas lecheras Holstein en lactancia temprana (McCarthy *et al.*, 1989).
- Tabla 9:** Tasa y extensión de la digestión de distintos concentrados energéticos en el rumen en forma decreciente (Mertens, 1991)
- Tabla 10:** Digestibilidad de la fibra bruta de varios granos y de sus subproductos industriales al ser utilizadas por rumiantes.
- Tabla 11:** Comparación de los valores analíticos obtenidos de muestras de maíz grano y rebacillo o afrecho de maíz respecto a su porcentaje de proteína, extracto etéreo (EE), fibra bruta, cenizas, extractivos no nitrogenados (ENN) y total de nutrientes digestibles (TND).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

- Tabla 12:** Aporte del grano de maíz en base a alimento tal cual de ácidos grasos esenciales según FEDNA (de Blas Beorlegui *et al.*, 2019).
- Tabla 13:** Composición química promedio de distintos cereales en porcentaje “base tal cual” es decir con su humedad respecto a proteína, extracto etéreo (EE), fibra, extractivos no nitrogenados (ENN), total de nutrientes digestibles (TND), calcio y fósforo.
- Tabla 14:** Porcentaje de nitrógeno presente en proteínas de origen animal, de hojas de plantas, de cereales y de oleaginosas. Factor de conversión utilizado en el método de Kjeldhal una vez obtenido el contenido de nitrógeno para calcular el porcentaje de proteína bruta en alimentos mencionados.
- Tabla 15:** Composición y estructura de los granos de maíz, trigo y sorgo.
- Tabla 16:** Distribución de las fracciones proteicas como porcentaje del total de las proteínas de los granos de cebada, avena, maíz, trigo, centeno, sorgo, mijo y arroz. (Sniffen *et al.*, 1992).
- Tabla 17:** Solubilidad y digestibilidad de la proteína del grano de maíz en distintas presentaciones, y granos de cebada, avena y trigo molidos y su subproducto afrechillo molido (Krishnamoorthy *et al.*, 1982).
- Tabla 18:** Composición de aminoácidos en las proteínas del grano de maíz (en % del total de los aminoácidos de cada proteína) (Sodek & Wilson, 1971).
- Tabla 19:** Contribución de los aminoácidos metionina, metionina + cistina, lisina y treonina de las proteínas de algunos de los concentrados energéticos (avena, trigo blando, maíz, cebada, sorgo y los subproductos de trigo afrecho y afrechillo). Valores presentados en gramos por 16 gramos de nitrógeno (AEC 1978).
- Tabla 20:** Contenidos de aminoácidos de los cereales, en gramos por 100 gramos de proteína (o por sus 16,95g. de nitrógeno)
- Tabla 21:** Composición química del afrecho de arroz, granos de maíz, trigo, sorgo, cebada y agrecillo respecto a su contenido de fósforo total, inorgánico y fitatos (Rusoff, 1981).
- Tabla 22:** Comparación en el aporte proteico (tomando el valor 100 para el trigo) y energético (tomando como valor 100 al maíz) de los granos de maíz, cebada, centeno, sorgo, avena y trigo (Morrison, 1992).
- Tabla 23:** Partes que componen el grano o cariopse de maíz (Piccioni, 1970).
- Tabla 24:** Proteínas del grano de maíz. (Boyer & Hannah, 2000)
- Tabla 25:** Proteínas en el germen y en el endosperma del grano de maíz (Shukla & Cheryan, 2001).
- Tabla 26:** Coeficiente de digestibilidad de la proteína del grano de maíz en diversas especies y composición en aminoácidos según FEDNA (de Blas Beorlegui *et al.*, 2019).
- Tabla 27:** Digestibilidad verdadera de aminoácidos de maíz duro o “flint”, maíz semi-dentado y dentado. (Iglesias *et al.*, 2019).
- Tabla 28:** Contribución de proteínas en el armado de raciones utilizando grano de maíz de diferentes porcentajes de proteínas bruta.
- Tabla 29:** Análisis proximal, contenido de almidón y de pared celular del grano de maíz en cuatro etapas de maduración, expresados en base a materia seca (Thornton *et al.*, 1969).
- Tabla 30:** Composición nutricional de grano de maíz con alto porcentaje de aceite comparado con grano de maíz dentado convencional (Engelke, 1997; Thomison *et al.*, 2003).
- Tabla 31:** Análisis comparativo de los aminoácidos de grano de maíz con alto porcentaje de aceite “con valor agregado” comparado con grano de maíz dentado convencional (Engelke, 1997; Thomison *et al.*, 2003).
- Tabla 32:** Análisis comparativo de los ácidos grasos de grano de maíz con alto porcentaje de aceite “con valor agregado” comparado con grano de maíz dentado convencional, valores expresados base tal cual con granos con 13 % de humedad (Engelke, 1997; Thomison *et al.*, 2003).
- Tabla 33:** Ejemplo de la fórmula de una dieta para pollos parrilleros mencionando los alimentos, su proporción en peso y aporte energético en porcentaje en una dieta de 3100 Kcal/kg que aportan energía: (Dale, 1990).
- Tabla 34:** Cantidad de grano de alta humedad requerido para igualar 100 Kg. de Grano de 14 % de Humedad (Standard de Comercialización): (Jurgens *et al.*, 2014).
- Tabla 35:** Valores comparativos de algunos análisis de maíz grano seco (12 % de humedad) y maíz grano de 28 % de humedad (Hoffman *et al.*, 2012).
- Tabla 36:** Análisis orientativo de aspiración de polvo de granos.
- Tabla 37:** Análisis orientativo de “polvo” de algunos granos comparados con sus granos de origen o madres expresados en porcentaje.
- Tabla 38:** Análisis orientativo, expresado en porcentaje, de polvo de sorgo y de soja comparados con sus granos madres (Macgregor, 2000).
- Tabla 39:** Valores de fibra y energía neta (mantenimiento, ganancia, lactancia de polvo de granos comparados con afrecho de trigo y grano de avena expresado base materia seca (Preston, 2016).
- Tabla 40:** Análisis comparativo en base a alimento tal cual de espiga de maíz y grano de maíz.
- Tabla 41:** Composición química expresada en porcentaje base materia seca de espiga de maíz dentado limpia y espiga completa con chala (Macgregor, 2000).

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

- Tabla 42:** Cuadro comparativo de distintos materiales ensilados, maíz planta entera picada, espiga de alta humedad molida, espiga con chala de alta humedad molida y grano de alta humedad molido (Hutjens, 2001).
- Tabla 43:** Análisis promedio de marlos molidos expresados en porcentaje en base materia seca (Aregheore, 2000).
- Tabla 44:** Aporte de total de nutrientes digestibles (TND), expresado en porcentaje base materia seca y aporte de energía metabolizable y netas de lactancia, mantenimiento y ganancia de marlos de maíz expresadas en Mcal/kg (Preston, 2016).
- Tabla 45:** Análisis comparativo de la composición química de grano de maíz dentado, espiga de maíz dentado, marlos, gluten feed y gluten meal en base a alimento tal cual y en base a materia seca (Dale, 1996).
- Tabla 46:** Análisis proximal promedio expresado en base materia seca de afrecho y de rebacillo de maíz (Preston, 2016).
- Tabla 47:** Composición química de los granos de maíz dentado, sorgo granífero y trigo, rebacillo de maíz y grasa animal respecto a materia seca, total de nutrientes digestibles, energía metabolizable en aves y cerdos y contenido de los aminoácidos metionina, cistina, lisina, triptófano, treonina y arginina expresados todos en base alimento tal cual (Dale, 1996).
- Tabla 48:** Comparación de ganancias diarias obtenidas en la alimentación de novillos suministrando grano de sorgo entero, quebrado comparado a dietas sin el agregado de grano. (Josifovich *et al.*, 1982).
- Tabla 49:** Porcentajes en base materia seca de proteína y taninos de 66 híbridos de sorgo cultivados en la Argentina (Josifovich *et al.*, 1982).
- Tabla 50:** Composición química, expresada en porcentaje, respecto a proteínas, fibra, extracto etéreo y taninos de 101 cultivares de sorgo (Carrasco *et al.*, 2011).
- Tabla 51:** Composición química proximal de sorgo en grano expresada en base alimento tal cual.
- Tabla 52:** Comparación entre grano de maíz y grano sorgo de bajo tanino respecto a fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA), total de nutrientes digestibles, expresados en base materia seca, y energía neta (EN) de mantenimiento (m), de ganancia (g) y de lactación (lact) expresados en Kcal/kg.
- Tabla 53:** Composición en los aminoácidos esenciales dietéticos lisina, metionina+cistina, treonina de las proteínas del grano de sorgo (respecto al porcentaje total de aminoácidos) (Sodek y Wilson, 1971).
- Tabla 54:** Digestibilidad en porcentaje del aporte de energía metabolizable (EM) y de los aminoácidos metionina, cistina y lisina de acuerdo al contenido de taninos en el grano de sorgo (alto-medio y bajo tanino), expresados como alimento tal cual (Bonino, 1981).
- Tabla 55:** Digestibilidad verdadera de sorgos con diferentes niveles de tanino expresados en base a materia seca (Bonino, 1981).
- Tabla 56:** Efecto del pulido en la mejora en el aprovechamiento de los aminoácidos metionina, cistina y cisteína en granos de sorgo pulidos y sin pulir (Bonino, 1981).
- Tabla 57:** Ganancias de peso vivo de novillos, alimentados con sorgos con distinto nivel de taninos (Josifovich *et al.*, 1985).
- Tabla 58:** Rendimiento comparativo en total de nutrientes digestibles (TND) resultante de diferentes tratamientos aplicado en grano de sorgo.
- Tabla 59:** Proporciones de los componentes del grano de trigo obtenidos en la molienda y sus respectivos contenidos en proteína.
- Tabla 60:** Análisis proximal del grano de trigo expresado en valores tal cual (el grano con su humedad).
- Tabla 61:** Composición química del grano de trigo y del grano de maíz respecto a proteína, fibra detergente neutro (FDN) y ácido, total de nutrientes digestibles (TND), expresados en base materia seca y energía neta de mantenimiento (ENm), ganancia (ENg) y lactación (ENI) (Preston, 1992).
- Tabla 62:** Análisis químico del afrecho de trigo expresados en base a alimento tal cual.
- Tabla 63:** Comparación de la composición química del afrecho, afrechillo y grano de trigo, grano de maíz y grano de avena expresados en base a materia seca y su aporte en energía neta para vacas lecheras (Shaver, 2013).
- Tabla 64:** Análisis del afrechillo de trigo (origen argentino) expresado en base tal cual.
- Tabla 65:** Composición química del afrechillo de trigo vinculada con su aprovechamiento por parte de los rumiantes expresada sobre base materia seca.
- Tabla 66:** Composición química del germen de trigo expresada en base a valores tal cual.
- Tabla 67:** Estructura del grano de centeno (y el de trigo), comparada con los dos granos vestidos típicos: avena y cebada.
- Tabla 68:** Composición química del grano de centeno (valores expresados en base a alimento tal cual y en base a materia seca (Shaver, 2013).
- Tabla 69:** Composición química aproximada de granos enteros, granos pelados y cáscaras de avena y cebada.
- Tabla 70:** Composición química del grano de cebada (expresada en base a alimento tal cual) (Shaver, 2013).
- Tabla 71:** Sitios de digestión del almidón del grano de cebada arrollado comparado con la del grano de maíz molido (McCarthy *et al.*, 1989).
- Tabla 72:** Contenido de betaglucanos y de pentosanos (polisacáridos distintos del almidón) presentes en distintos granos expresados en base a materia seca (Choct & Annison, 1990; Annison & Choct, 1991).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

- Tabla 73:** Contenido de polisacáridos solubles (distintos del almidón) y polisacáridos no solubles en granos de cereales expresados en base materia seca (Choct, 1997).
- Tabla 74:** Composición química del grano de avena expresada en base a alimento tal cual.
- Tabla 75:** Composición en fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), carbohidratos no fibrosos (CHO no fibra), total de nutrientes digestibles (TND) y energías de lactancia (ENI), mantenimiento (ENm) y ganancia (ENg) de los granos de avena, maíz y cebada expresados en base a materia seca (Preston, 2016).
- Tabla 76 A y B: A:** Composición química del grano de avena y del rebacillo de avena expresado en alimento tal cual. **B:** Composición química del rebacillo de avena respecto a materia seca, calcio, fósforo (total e inorgánico), TND, proteína digestible y energía metabolizable (Bath, 2018).
- Tabla 77:** Composición química del grano de mijo, valores expresados en base a materia seca (NRC, 1994).
- Tabla 78:** Análisis comparativo del grano de mijo con los granos vestidos avena y cebada y con el grano de maíz (grano desnudo patrón en nuestro medio) expresado en valores tal cual (Hassan *et al.*, 2021).
- Tabla 79:** Análisis comparativo del grano de mijo y del grano de sorgo forrajero expresado en base a alimento tal cual.
- Tabla 80:** Análisis comparativo de la composición de granos de mijo y granos de moha expresados en base a alimento tal cual.
- Tabla 81:** Análisis comparativo de la composición química de los granos de triticale, centeno y trigo expresados de base materia seca (NRC, 1994).
- Tabla 82:** Análisis comparativo de la composición química de los granos de triticale, centeno y trigo expresados en base materia seca respecto a su contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA), total de nutrientes digestibles (TND), carbohidratos no fibrosos (CHO no fibrosos) y energía neta (EN) de lactancia, mantenimiento y ganancia expresadas en Mcal/kg (NRC, 1994).
- Tabla 83:** Composición proteica de los granos de triticale, trigo, maíz y centeno expresados en base a materia seca (Salmon, 1984; Mergoum *et al.*, 2007).
- Tabla 84:** Composición química del grano de triticale respecto a extracto etéreo, fibra bruta, cenizas, calcio, fósforo, magnesio, sodio y almidón expresados porcentaje base materia seca (Halvorson *et al.*, 1983).
- Tabla 85:** Tabla comparativa del contenido de aminoácidos del grano de maíz y del grano de triticale Beagle 62 (Hale *et al.*, 1985).
- Tabla 86:** Recomendación de uso de triticale en raciones de distintas especies como porcentaje del total de la ración para mantener el crecimiento de los animales alimentados con dietas conteniendo tritricale en niveles comparables a dietas con otros granos (maíz o trigo) y para disminuir el efecto de posibles factores antinutricionales de algunas líneas.
- Tabla 87:** Porcentaje de las distintas fracciones que se obtienen al procesar 100 kilogramos de arroz con cáscara (tal cual luego de la cosecha).
- Tabla 88:** Composición química promedio de afrecho de arroz (valores tal cual).
- Tabla 89:** Digestibilidad verdadera de los aminoácidos treonina, cistina, metionina, lisina y arginina del afrecho de arroz con 14.12 % de proteína bruta expresados en base a materia secas (Gallinger *et al.*, 2003).
- Tabla 90:** Composición química del afrecho de trigo y del afrecho de arroz expresados en base a materia seca para su utilización en vacunos (Preston, 2016).
- Tabla 91:** Composición química del afrecho de arroz desgrasado y su análisis orientativo expresado en valores tal cual, con su humedad.
- Tabla 92:** Análisis químico aproximado de cáscara de arroz expresado en base a alimento tal cual (Ensminger & Olentine, 1983).
- Tabla 93:** Aporte de energía neta de mantenimiento, de ganancia y de lactancia de la cáscara de arroz comparada con cáscara de avena: datos entre paréntesis (Preston, 2016).
- Tabla 94:** Análisis químico del pulido de arroz expresado en valores tal cual.
- Tabla 95:** Aporte energético del pulido de arroz comparado con los del afrecho de arroz y del grano de sorgo expresados en base a materia seca (Preston, 2016).
- Tabla 96:** Composición química aproximada del arroz quebrado expresado en base a alimento tal cual.
- Tabla 97:** Composición química de subproductos de panificación expresados en valores promedio base alimento tal cual.
- Tabla 98:** Análisis orientativo de subproducto de panadería.
- Tabla 99:** Análisis comparativo de subproductos de panadería con otras fuentes de concentrados energéticos: grano de trigo, rebacillo, grano y afrechillo de maíz expresados en base a alimento tal cual (Dale, 1996).
- Tabla 100:** Composición química de la melaza expresado en base materia seca.
- Tabla 101:** Aporte energético comparado del grano de maíz y melaza para vacunos expresados base materia seca (Preston, 2016).
- Tabla 102:** Composición química de la planta de caña de azúcar.
- Tabla 103:** Composición química de la melaza expresada en base a alimento tal cual (con su humedad) y en base a materia seca.
- Tabla 104:** Composición química de las melazas expresadas en base a alimento tal cual.

## CONCENTRADOS ENERGÉTICOS

- Tabla 105:** Comparación de la composición química de bagazo de caña, rastrojo de maíz, paja de avena y heno de avena, expresados en base a materia seca (Preston, 2016).
- Tabla 106:** Análisis químico comparado de las melazas de caña de azúcar y de remolacha azucarera expresadas en base a alimento tal cual.
- Tabla 107:** Análisis orientativo de la composición química de la pulpa de remolacha azucarera seca expresada en base a materia seca (NRC, 2001).
- Tabla 108:** Composición química de la melaza de maíz.
- Tabla 109:** Composición química de la melaza seca.
- Tabla 110:** Análisis aproximado de pulpa de citrus deshidratada (expresado en valores tal cual).
- Tabla 111:** Comparación de valores de energía de pulpa de citrus y pulpa de manzana con cereales típicos y algunos subproductos expresados en base a materia seca (NRC Beef, 2016).
- Tabla 112:** Contenido de aminoácidos de pulpa de citrus expresados en base a materia seca, comparados con los aminoácidos críticos del grano de maíz.
- Tabla 113:** Composición química del orujo o pulpa de manzana al salir de la línea de producción (Macgregor, 2000).
- Tabla 114:** Composición química del orujo o pulpa de manzana deshidratado (NRC, 2001).
- Tabla 115:** Comparación del aporte energético para rumiantes de la pulpa de manzana respecto al silaje de maíz, pulpa de citrus seca y grano de avena expresados en base a materia seca (ENm: energía neta de mantenimiento; ENg: energía neta de ganancia; ENl: energía neta de lactación (Preston, 2016).
- Tabla 116:** Valores de energía digestible de varias raíces y tubérculos: (Ensminger & Olentine, 1983).
- Tabla 117:** Composición química de la mandioca fresca y seca comparada con grano de maíz (NRC Beef, 2016).
- Tabla 118:** Composición química en aminoácidos esenciales de la mandioca y su comparación con los presentes en grano de maíz (NRC Beef, 2016).
- Tabla 119:** Composición química aproximada de la papa comparada con grano de maíz en valores tal cual.
- Tabla 120:** Aporte energético para vacunos de papas, silaje de papas y grano de maíz expresados sobre base materia seca (NRC Beef, 2016).
- Tabla 121:** Análisis químico comparativo del tubérculo de papa, peladuras de papas y papas fritas (expresados en valores tal cual).
- Tabla 122:** Análisis comparativo de la composición química de batatas y papas expresado en base a materia seca (Bath, 2018).
- Tabla 123:** Tabla de sustitución de alimentos para vacunos (Ensminger & Olentine, 1983).
- Tabla 124:** Composición en energía metabolizable de fuentes de grasas y aceites de origen animal y vegetal. (Griffiths *et al.*, 1977).
- Tabla 125:** Influencia del número de átomos de carbono en los ácidos grasos sobre el punto de fusión
- Tabla 126:** Ácidos grasos que se encuentran comúnmente en grasas y aceites.
- Tabla 127:** Aporte energético de las grasas vacunas comparadas con el grano de maíz expresados en base materia seca (NRC Poultry, 1994).
- Tabla 128:** Otros requisitos tenidos en cuenta en la producción de raciones con inclusión de grasas y que definen la calidad de las mismas.
- Tabla 129:** Eficacia de la utilización de antioxidantes sintéticos en la estabilidad de las grasas
- Tabla 130:** Eficacia de la utilización de antioxidantes naturales sobre la estabilidad de las grasas.
- Tabla 131:** Composición de los ácidos grasos, expresados en porcentaje, de los lípidos de distintas especies animales y su consistencia a temperatura ambiente.
- Tabla 132:** Estándar de calidad de grasas.
- Tabla 133:** Composición en ácidos grasos, expresados en porcentaje, de los lípidos de algunas semillas de oleaginosas y su consistencia a temperatura ambiente (C14: ácido mirístico; C16:0: ácido palmítico; C18:0: ácido esteárico; C18:1: ácido oleico; C18:2: ácido linoleico; C18:3: ácido linolénico; C20: ácido araquidónico) (Bondi, 1990).
- Tabla 134:** Programa sugerido para la adición de lípidos a la ración de vacas lecheras (Palmquist, 1980).
- Tabla 135:** Niveles de uso de lípidos en la dieta de vacunos expresados en kg/Vacuno/día (Erdman *et al.*, 1980).
- Tabla 136:** Fuentes de lípidos para utilizar en dietas de vacunos de acuerdo con su palatabilidad, costo comparativo (depende zona), posibilidad de producir disturbios en el rumen, concentración de lípidos y manejo.

## Índice de figuras

- Figura 1:** Estructura anatómica del grano de maíz (Arendt & Emanuele, 2013).
- Figura 2:** Fotografía de microscopía electrónica de barrido (SEM) representativa del corte transversal longitudinal de un grano de maíz (Arendt & Emanuele, 2013; Mansilla, 2018).
- Figura 3:** Fotografía de microscopio electrónico de barrido (3000X) del endosperma vítreo (A) y harinoso (B) de maíz (Robutti, 2004; Mansilla, 2018).
- Figura 4:** Principales maíces producidos en la Argentina (Mansilla, 2018).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

**Figura 5:** Estructura del endosperma de genotipos de maíz normal, *opaco 2* y *QPM*. A: representación esquemática de la disposición de los gránulos de almidón y cuerpos proteicos de zeínas. B: cortes transversales de los granos maduros indicando la proporción de endosperma vítreo y harinoso según el tipo de grano (Holding, 2014).

**Figura 6:** Proceso industrial del arroz para la obtención de grano de arroz pulido para consumo humano y sus subproductos.

# CONCENTRADOS PROTEICOS

Los alimentos concentrados proteicos de acuerdo a la clasificación mencionada en el capítulo anterior, por ser concentrados poseen menos de 18 % de fibra, lo que los diferencia de los alimentos forrajeros, y por ser proteicos tienen más de 20 % de proteínas lo que los distingue de los concentrados energéticos, ver figura 1.

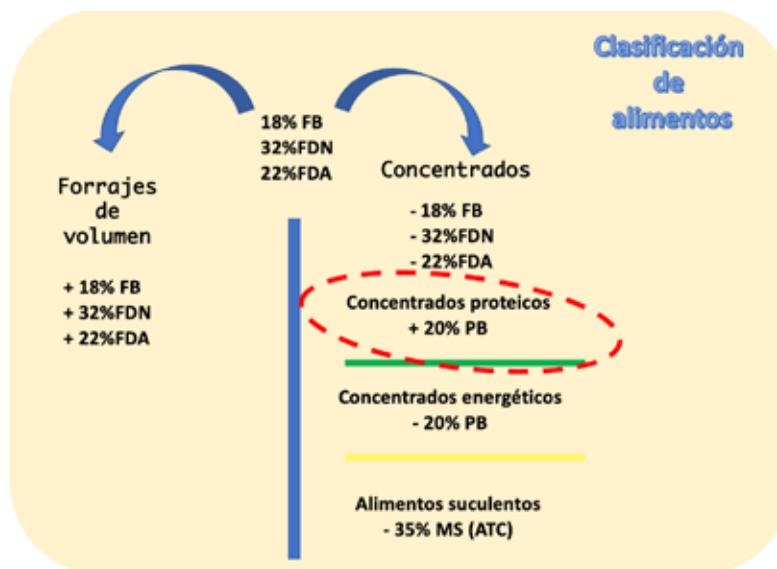


Figura 1: Clasificación de alimentos.

Los vegetales pueden sintetizar todos los aminoácidos para formar sus proteínas a partir de elementos simples. Los animales no rumiantes, no pueden hacerlo, necesitando algunos aminoácidos esenciales preformados. De ahí la importancia de las proteínas en la alimentación animal. (Chalupa & Sniffen, 2006)

## CONCENTRADOS PROTEICOS (IFN 5-XX.XXX...).

### *De origen vegetal*

Los concentrados proteicos de origen vegetal se dividen en dos grupos de acuerdo con su nivel proteico. Aquellos que aportan de 20 a 30 % de proteínas y los que aportan 30-45 % o más proteína a la ración, ver Tabla 1.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

De 20 a 30 % de proteínas (*)	Gluten feed (25 %)
	Hez de malta (23 %)
	Brotos de malta (21-22 %)
De 30 a 45 % y más proteínas (**)	
Harinas, expellers o tortas de	Soja, desactivada para monogástricos y, si se usa urea, también para rumiantes
	Algodón
	Maní
	Girasol
	Lino, etc.
No oleaginosas:	Gluten meal (60 %)
	Burlandas de maíz y de sorgo (***)
<p>(*) De baja proteína, en cantidad y en calidad: subproductos de industrias del almidón o de la fermentación o destilación. Tienden a ser altos en fibra y de baja calidad proteica.</p> <p>(**) De alta proteína: casi enteramente subproductos de semillas oleaginosas (excepto gluten meal y algunas semillas enteras). Son de proteínas de mejor calidad que las del grupo (*).</p> <p>Con excepción de la harina y semilla de soja, estos concentrados son deficientes en lisina y son de uso limitado en aves y cerdos. Los valores de proteína varían, en los subproductos, según el proceso de obtención del aceite.</p> <p>(***) Según el proceso empleado, la burlanda será de hasta 30 % o más de proteínas por lo que puede estar en uno u otro grupo.</p>	

**Tabla 1:** Clasificación de los concentrados proteicos de acuerdo con su aporte en proteína bruta a la dieta.

A continuación, se presenta un perfil nutricional promedio de los alimentos de los grupos mencionados en la tabla 1 (ver Tabla 2).

Parámetro analizado	20 a 30 % PB	De 30 a más % PB
Proteína bruta %	26,00	44,00
Grasa %	5,00	De 1,50m a 8,00 (*)
Fibra bruta %	12,00	8,00
Extractivos no nitrogenados %	44,00	31,00
TND %	70,00	76,00
Calcio %	0,17	0,27
Fósforo %	0,50	0,80
TND: total de nutrientes digestibles. (*) varía según el método de extracción del aceite de las semillas oleaginosas: por presión (dejando más grasa en el subproducto) o por solventes (dejando menor cantidad de grasas).		

**Tabla 2:** Valores promedio del perfil nutricional de los concentrados de origen vegetal de baja y alta proteína.

Debe tenerse en cuenta que el contenido de nitrógeno en las proteínas de estos concentrados es diferente como puede observarse en la tabla 3:

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Origen de las proteínas:	% de nitrógeno en la proteína	Factor de conversión
Proteínas oleaginosas	18,5 %	$100 / 18,5 = 5,4$
Proteínas de cereales	17,0 %	$100 / 17,0 = 5,9$
Proteínas de hojas de plantas	15,0 %	$100 / 15,0 = 6,6$
Proteínas animales	16,0 %	$100 / 16,0 = 6,25$

**Tabla 3:** Porcentaje de nitrógeno presente en proteínas de distinto origen (adaptado de McDonald *et al.*, 2011).

A pesar de las diferencias en contenido proteico, el 6,25 es un factor razonablemente satisfactorio para usarlo como único factor de conversión. Pero, quienes sólo analizan un grupo exclusivamente (cereales por parte de los molineros, por ejemplo), usan el factor específico: en este caso el 5,9. Esto da una idea de cantidad proteica solamente, y no de calidad que está a cargo del nivel de los aminoácidos y sus digestibilidades.

Dentro de los concentrados proteicos de origen vegetal, el **grupo de 20-30 % de proteínas** está constituido principalmente, por subproductos de la industria del almidón o de la industria de destilación de alcohol de maíz o de sorgo, y de malta (cebada). Los subproductos tienden a ser altos en fibra (12 % o algo más).

En cambio, el **grupo de concentrados de 30 % o mayor porcentaje de proteínas**, son casi enteramente subproductos de la industria de la extracción de aceites de semillas oleaginosas que han sido procesadas por extracción química (por solventes) o por presión, para obtener la mayor parte del aceite. El gluten meal es una excepción ya que tiene un porcentaje bajo en grasa. Se produce por separación física del germen de maíz como uno de los pasos en el proceso de molienda húmeda del grano de maíz (o de sorgo también, como se hace en otros países). En la Argentina sólo hay gluten meal de maíz.

La fracción de hidratos de carbono en estos alimentos es relativamente pequeña. Debido al mayor contenido en grasa, el segundo grupo (30 % a más de proteína), tiene más TND. Esto se cumple en los subproductos de oleaginosas cuando la extracción de aceite es sólo mecánica y no por solventes.

La calidad de la proteína (mayor cantidad de aminoácidos esenciales dietéticos) es mejor en el segundo grupo (de 30 % a más de proteína). Esto sucede porque menor proporción de la proteína de los gérmenes es separada en el proceso de extracción de aceite que lo que se separa con el tratamiento por agua (para el almidón) o por la destilación alcohólica (cerveza u otras bebidas alcohólicas a partir de los granos) del primer grupo (de 20 a 30 % de proteína).

Los subproductos del primer grupo son de cebada o maíz y la mayor o por lo menos la primera limitante de su proteína es la poca lisina. El brote de malta es en este caso una excepción donde la proteína es la combinación de la proteína de parte del grano más la proteína de las raicillas recién formadas (ex germen) que puede semejar en calidad a la de la proteína de las hojas de la planta.

La proteína de los subproductos de la extracción del aceite es, a pesar de su mejor calidad, de algunas limitaciones. Así las harinas de lino y de algodón son bajas en lisina. La harina de maní es deficiente en aminoácidos azufrados (metionina y cistina) y en segundo grado deficiente en lisina. La proteína de la soja es la más completa de cualquiera de las proteínas vegetales siendo algo deficiente en metionina sobre todo si se la relaciona con su alto nivel de lisina. De acuerdo a lo presentado, la suplementación de concentrados energéticos con harinas

obtenidas de la extracción de aceite de semillas oleaginosas (exceptuando a la harina de soja), es decir con concentrados proteicos de origen vegetal de más de 30 % de proteínas, no resultará en una ración de mayor valor biológico (mejor aporte de aminoácidos esenciales) pues casi todos presentan una deficiencia común: lisina, lo que limita su uso en animales en que la calidad proteica debe ser considerada (aves, cerdos y monogástricos en general).

Respecto a su aporte de fibra bruta (FB), los subproductos del grupo de menor porcentaje de proteínas (20 a 30 % de proteína), suelen aportar un porcentaje de fibra mayor comparado a los del grupo de subproductos de semillas oleaginosas (con excepción de los subproductos de girasol, algodón y cártamo, entre otros, que también son altos en fibra). Por ello no se utilizan frecuentemente en raciones de aves y cerdos, pero sí se utilizan para rumiantes.

Se debe tener en cuenta que, a mayor cantidad de fibra, el alimento presentará mayor volumen para el mismo peso. Esto cobra importancia en la alimentación de equinos en box en donde se suplementa por “tarros” de ración en lugar de cantidad de kilogramos diarios. Al hacer la ración más voluminosa al incluir alimentos con más fibra, el volumen de la ración requerido para completar la cantidad de TND, proteínas, etc., será mayor para un mismo peso de ración y, si el encargado de suministrar la ración no está prevenido, estará suministrando menos cantidad de alimento del necesario. Si el encargado del manejo de la alimentación de los animales está informado de las diferencias de densidad para dar el mismo contenido de nutrientes en el suplemento o ración, podría equilibrar las diferencias de volumen generadas por el uso de los distintos concentrados de este grupo. Si se compara una ración de 75 % de TND con otra de 70 % de TND y se necesita suministrar un kilogramo de TND con cada ración, tendrá que darse más volumen de la ración de 70 % de TND que de la de 75 %.

Considerando los requerimientos de calcio (Ca) y fósforo (P): los forrajes mayormente pueden satisfacer el calcio diario (en vacunos de cría) por lo tanto su importancia en los concentrados proteicos vegetales es pequeña. De todos modos, estos concentrados proteicos, no formarán más del 15 al 20 % de la ración final para un vacuno y su aporte en calcio no será importante como para cambiar el porcentaje total de la ración.

Con el fósforo es distinto. El mismo está más correlacionado con el porcentaje de proteínas y, por lo tanto, los concentrados proteicos de más alta proteína proveen más fósforo que los de proteína más baja. Los del grupo de 20-30 % de proteína proveen aproximadamente dos veces el fósforo requerido en la ración final para vacunos (entre 0,6 y 0,7 %) y algo más los concentrados de más de 30 % (hasta 1,0 -1,10 %). (Esto si se usaran integrando el 100 % de la dieta). Al aumentar el aporte de estos concentrados en una ración, aumentamos la proteína y el fósforo. No quiere decir que debemos omitir el fósforo suplementario, pero esto se tendrá en cuenta a la hora de formular.

Alimento:	Fósforo total	Fósforo inorgánico	Fósforo fítico
Harina de soja (50 %)	0,65	20 % de 0,65	80 % de 0,65
Semilla de algodón	1,06	22 % de 1,06	78 % de 1,06
Harina de algodón	1,17	31 % de 1,17	69 % de 1,17
Semilla de sésamo	0,64	14 % de 0,64	86 % de 0,64
Semilla de maní	0,33	30 % de 0,33	70 % de 0,33

**Tabla 4:** Contenido de fósforo (total, fítico e inorgánico) de algunas semillas oleaginosas y subproductos (Rusoff, 1981).

Obsérvese la importante diferencia entre los valores de fósforo fítico y de fósforo inorgánico presentados en la tabla 4. El uso de fitasas reduce la necesidad del agregado de fuentes de fósforo inorgánico y minimiza la contaminación de las aguas superficiales donde hay una gran concentración de animales monogástricos en crianza.

### Efectos del procesamiento

Los concentrados proteicos tienden a ser menos constantes en su composición química que los concentrados energéticos no procesados. Algunos procesos a los que se somete el grano para la extracción del aceite y la obtención del subproducto tienen un efecto en su valor nutritivo. El uso del calor, por ejemplo, puede ser beneficioso o perjudicial para el valor nutritivo, dependiendo del alimento y de la cantidad de calor suministrada (intensidad y tiempo).

Tratamiento:	Proteína	Lisina	Peso de pollos	Alimento/ peso
Tratamiento adecuado	46 %	3,50	0,684 kg	1,92
Tratamiento deficiente	47,1 %	3,20	0,658 kg (*)	1,94 (*)
Tratamiento con exceso de calor	54,9 %	3,20	0,382 kg (*)	2,49 (*)

(\*) Observe que los valores de proteína favorecían en cantidad de proteínas, a las harinas de soja (de 47,1 o 54,9 % vs. 46 %) pero, con tratamientos de calor defectuoso (ya sea con menor como con mayor temperatura), los valores de lisina se mostraron en análisis químico sólo parcialmente afectados pero los pesos de los pollos a las 5 semanas de vida y las conversiones de alimento a carne de esos pollos reflejaron mejor los desvíos entre tratamientos a partir de un calentamiento adecuado.

**Tabla 5:** Efecto del tratamiento por calor sobre el valor nutritivo de la proteína de soja.

Obsérvese que el efecto de un tratamiento de temperatura deficiente se refleja mejor en los ensayos biológicos que detectan digestibilidad o disponibilidad de los nutrientes que en los análisis químicos como se muestra en la tabla anterior.

El remojado y subsecuente secado a que se someten algunos granos, en los tratamientos industriales puede tener también un efecto en la disponibilidad de alguno de los nutrientes de los subproductos resultantes. En el subproducto de la producción de malta de cerveza, la cantidad de calor que soporta el grano entero suele ser sólo la necesaria para secarlos luego de haber germinado y llevarlo a una humedad compatible con su buena conservación. Con las semillas oleaginosas, el uso del calor es para un propósito distinto. Se aplica intencionalmente o es inherente al proceso de la extracción del aceite.

La semilla oleaginosa se quiebra para los procesos mecánicos o se aplasta y calienta formando “copos”, “escamas” (o “flakes”) que ofrecen mayor superficie de exposición al solvente en la extracción no mecánica.

De los tres métodos conocidos para la extracción de aceite, en el conocido como extracción hidráulica o de presión discontinua, la semilla es calentada para ayudar a la extracción del aceite. El subproducto resultante es una torta con 8 a 10 % de aceite.

En el proceso conocido como expeller o de presión continua, las semillas oleaginosas se calientan con vapor y después son sometidas a presión en las prensas a tornillo, y se genera allí considerable calor por la presión ejercida. El subproducto resultante es un expeller con 3 a 4,5 % de aceite.

En el proceso de extracción de aceite con la utilización de solventes, el tratamiento es distinto ya que un solvente orgánico (hidrocarburos muy refinados; por ejemplo el hexano) aplicado como una lluvia sobre los copos u hojuelas de los porotos, arrastra el aceite

y luego que el aceite fue extraído, el residuo proteico (una harina con 1,5 a 2 % de aceite) es calentado para extraer el resto de solvente.

Una actualización de estos sistemas de extracción del aceite consiste en hacer una primera extracción por presión continua y al expeller resultante se lo trata por solventes; de este modo el resultado en cuanto al subproducto sigue siendo una harina, pero se consigue con mucho menos uso de solvente que es más caro que el aceite y peligroso por ser combustible. Aunque el solvente se recupera, siempre hay una pérdida que se disminuye con esta práctica y es también menos peligroso su manejo.

Según la oleaginosa, el residuo puede llegar a necesitar más calentamiento: calor y humedad, o tostado (como en el caso de la harina de soja), para mejorar su digestibilidad, destruyendo factores anti-nutritivos. La soja necesita un tostado para destruir una sustancia presente mientras está cruda o en su estado natural, que inhibe la proteólisis (factor anti-tripsina) que afecta a la digestión de los animales “no rumiantes”. Se produce también un cambio en la estructura molecular de la proteína que aumenta la disponibilidad de la metionina y de la cistina y otros beneficios adicionales.

En los casos en que el calor mejora la calidad de la proteína, la temperatura y el tiempo de suministro de calor, más su intensidad, tienen su importancia ya que, como se observa en la tabla 5, un exceso como un defecto tendrán un efecto desfavorable. Teniendo en cuenta el costo del combustible, es más probable encontrar harinas de soja mal tostadas (insuficiente tostado) que sobre tostadas.

Mucho calor en el procesamiento de obtención de aceite daña a la proteína. Con la pequeña porción de hidratos de carbono reductores (glucosa) que contienen estas semillas pueden, con calor, reaccionar con los grupos amino libres, de las proteínas (grupo amino épsilon de la lisina, por ejemplo, o de la arginina, histidina y triptofano). Estas reacciones, ya varias veces mencionadas de hidratos de carbono con aminoácidos, son llamadas reacciones de Maillard o *browning*; resultan en uniones que no son hidrolizables por las enzimas digestivas aun cuando en la determinación química puedan recobrase por hidrólisis ácida. Por lo tanto, son “no disponibles” para los animales, pero el análisis químico sí los recupera. Como ya se comentó anteriormente, existe una ventaja del análisis biológico sobre el químico para definir la calidad de la proteína. Hay otras uniones (o *linkages*) que se producen entre moléculas de proteínas y grupos amino libres de las proteínas que también son resistentes a la hidrólisis enzimática por lo que se reduce la digestibilidad de la proteína y la disponibilidad de los aminoácidos afectados. En caso de tener una partida que fue tratada con exceso de calor se puede recuperar su valor nutritivo con el agregado de lisina y metionina al ingrediente, por ejemplo, a una harina de soja, pero esto tiene un costo extra.

El calor generado en la extracción de aceite de semillas de algodón producido por la fricción en las prensas ayuda a ligar parte del gossypol libre (compuesto tóxico presente en la semilla) pero, el calor en exceso puede hacerlo reaccionar con el grupo amino épsilon de la lisina, reduciendo su disponibilidad en forma semejante a la reacción *browning* de azúcares reductores, y a lo ya comentado para la harina de soja en párrafos anteriores.

Del mismo modo que se explicó en párrafos anteriores respecto a una disminución en la digestibilidad o en el valor biológico de sus proteínas puede producirse con todos los subproductos de semillas oleaginosas por problemas en los tratamientos térmicos (subproductos de maní, entre otros).

Se ha llegado a la conclusión que los alimentos cuyas proteínas no son tratadas por calor en su proceso de obtención y que los resultados biológicos de su uso no coinciden con

## CONCENTRADOS PROTEICOS

su análisis químico, mostrarán una mejora en su valor biológico con el tratamiento por calor. En cambio, las proteínas donde coinciden su valor biológico y su análisis químico sufren un deterioro en su valor biológico si son tratadas por calor. De las proteínas usadas en alimentación animal, sólo la de soja es beneficiada con tratamientos de calor (tostado). Las otras pueden dañarse, principalmente por la desnaturalización de la lisina, cuando se aplica calor excesivo en el proceso de extracción del aceite.

Respecto al nivel de aceite, la mayoría de los concentrados proteicos de semillas oleaginosas (tortas o expellers) producen grasa animal blanda si son suministrados durante uno a dos meses antes de su faena y esto es por influencia del contenido en aceite de los mismos, afectando especialmente la producción de cerdos (aunque también puede afectar a pollos parrilleros).

En animales jóvenes no hay inconvenientes en su agregado en la dieta, pero sí en los que están próximos a su faena. Si se usan las semillas de oleaginosas en la dieta sin extraer el aceite, pueden suministrarse a animales jóvenes teniendo en consideración que se deberá cambiar la dieta para modificar la calidad de la grasa depositada previo al momento de la faena.

Como se usan cada vez más las harinas de extracción, en lugar de expellers o tortas, y teniendo las harinas poca grasa (1,2 a 2,0 %) casi no hay riesgos de grasas blandas a faena por el agregado de concentrados proteicos.

Con excepción del brote de malta y de la hez de malta, incluyendo las harinas de semillas oleaginosas con mucha cáscara, el agregado de casi cualquier concentrado proteico de origen vegetal en las raciones para ganado, aumenta el TND además de la proteína, por lo tanto donde compitieran en precio en base a su TND con los granos (se suele dar en nuestro medio con semilla de algodón o su subproducto sobre todo en el lugar de origen de estos alimentos -Chaco, Corrientes-) pueden incluirse por su valor energético en las raciones.

Alimento y tratamiento:	% de grasa	Energía Digestible (Kcal/kg)	%TND
Poroto de soja	18	3690	84
Expeller de soja	4,70	3294	75
Harina de soja	0,90	3139	71
Lino, semilla	36	4320	98
Lino, expeller de	5,20	3210	73
Lino, harina de	1,70	3129	71
Maní, semilla (*)	34,40	4381	99
Maní, expeller de	5,90	3570	81
Maní, harina de	1,20	3367	76
Comparar con:			
Maíz dentado, grano	3,40	3530	80
Maíz Flint, grano	4,30	3571	81
Sorgo, grano	2,60	3492	70
(*) Estos valores corresponden a semilla de maní con su cáscara; Sin cáscara tiene 40 % de aceite. Obsérvese la diferencia en la cantidad de extracto etéreo entre las semillas y sus subproductos como son acompañadas por reducciones en los valores de energía.			

**Tabla 6:** Efecto de la extracción del aceite en semillas de oleaginosas sobre la energía de sus subproductos (Crampton & Harris, 1974).

La mayoría de las harinas de semillas oleaginosas son inocuas y palatables para toda clase de animales. Una excepción sería la soja sin tostar que presenta factores antinutricionales para los cerdos, aves y otros monogástricos, pero tostada es óptima. Hay, no obstante, algunas precauciones que debieran tenerse en cuenta, por ejemplo, con la harina de algodón. Esta debe usarse con cautela en cualquier edad de vacunos, excepto en los adultos, por la naturaleza tóxica del gossypol libre presente en cantidades variables (mayor, cuanto más cáscara se deja en el subproducto al extraer el aceite). Por eso las de menor calidad debe evitarse su suministro en lo posible a animales jóvenes cuya susceptibilidad es alta, y aún las de mejor calidad deben evitarse en cerdos que son una especie muy sensible al gossypol.

## **Concentrados de 20 a 30 % de proteínas**

### **Brotos de malta o raicillas (*malt sprouts*) (IFN 5-00-545)**

Los brotes de malta se obtienen de la cebada malteada o “malta” mediante la remoción de los brotes y raicillas y puede incluir algo de las glumas de los granos e incluso alguna porción de grano que en el manipuleo de la malta se haya quebrado.

Es un subproducto de la industria cervecera. En la primera etapa de la producción de cerveza, se realiza el “malteado” del grano de cebada. El malteado (o germinado provocado industrialmente) del grano de cebada se hace en plantas específicas que venden malta a las empresas cerveceras o en empresas que realizan todo el proceso hasta la obtención de la cerveza.

El malteado consiste en hacer brotar o provocar un germinado controlado de los granos en un medio húmedo y caluroso que produce un complemento de enzimas que permiten convertir el almidón del grano en azúcares fermentables y asegurar una adecuada oferta de aminoácidos para las levaduras, y luego separar el brote y raicillas generadas. En este proceso la semilla absorbe hasta el 50 % de su peso en agua en los primeros dos días del tratamiento. El agua se suministra a 20°C (68°F) de temperatura y se cambia varias veces durante 48 horas. Transcurrido este tiempo, se desagota el exceso y el grano va a las cámaras de malteado.

Durante el malteado el grano se mueve lentamente, con cuidado y mecánicamente, y es ventilado con aire con 100 % de humedad relativa con una temperatura de entre 12 y 13°C.

Cuando los brotes y raicillas de los granos han adquirido el largo adecuado (equivalente al largo del mismo grano), en 5 a 6 días, se obtiene lo que se conoce como “malta verde”. Esta se traslada a hornos secadores donde aumenta la temperatura hasta 60°C, lo que suspende la germinación y las reacciones bioquímicas que la caracterizan y así, al secarse los granos malteados, reduciendo su humedad al 4 %, se desprenden los brotes y raicillas por efecto de la deshidratación y posteriormente se los separa de la malta y ésta se enfría. Las raicillas y brotes aparecen como filamentos de 5 a 8 mm (el largo del grano).

El rendimiento de brotes de malta es de 4,5 a 5,6 % cada 100 kg de malta.

La malta obtenida se muele, cocina y fermenta bajo condiciones controladas de tiempo y temperatura que darán lugar a la conversión de almidón a dextrina y azúcares deseada.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Nutrientes:	Mínimo %	Máximo %	Promedios %
Materia seca	79,50	96,80	89,90
Proteína bruta	18,00	30,00	24,20 (78 % digestible)
Extracto etéreo	0,70	3,00	2,10
Extractivos no nitrogenados	18,50	56,80	42,80
Fibra bruta	12,00	18,10	14,30
Cenizas	5,00	8,00	6,25
Calcio	0,16	0,28	0,20
Fósforo	0,68	0,85	0,70

**Tabla 7:** Análisis aproximado de brotes de malta (expresado en base a alimento tal cual).

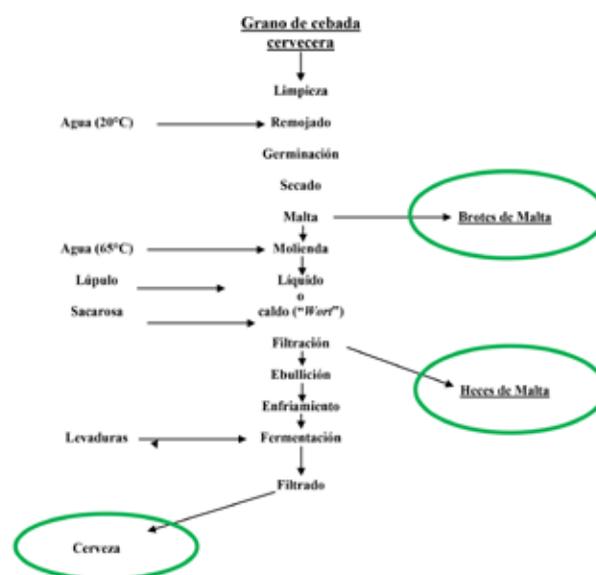
A continuación, en la tabla 8, se presentan otros valores referidos a la composición química de brotes de malta:

Nutrientes:	Cantidad	Nutrientes:	Cantidad
Total de nutrientes digestibles	63 %	Proteína no degradable	40 %
Energía metabolizable (EM) aves	1410 kcal/kg	Carbohidratos no fibrosos	16,5 %
EM cerdos	1405 kcal/kg	Energía neta lactancia	1,675 Mcal/kg
Fibra detergente neutro	43 %	Azufre	0,85 %
Fibra detergente ácido	16,5 %	-	-

**Tabla 8:** Otros datos de la composición química de brotes de malta expresados en base materia seca (Batal & Dale, 2006).

El brote de malta dentro de los concentrados proteicos aporta mediana a baja cantidad de proteína, un contenido energético medio, y algo alto en fibra con un valor energético de alrededor del 75 % del valor del grano de maíz.

El proceso de producción de cerveza da lugar a los subproductos mencionados, como se puede ver a continuación en la Figura 2 de Muller & Tobin (1980):



**Figura 2:** Esquema del proceso de industrialización del grano de cebada cervecera para la obtención de cerveza y sus subproductos (Muller & Tobin, 1980).

El brote de malta absorbe mucha agua en el rumen, hasta cinco veces su peso. Esto favorece el peristaltismo del aparato digestivo del mismo modo que todos los alimentos que absorben agua una vez ingeridos.

El brote malta presenta sabor amargo por lo cual es poco palatable y se debe hacer un acostumbramiento si se suministra solo. En una ración en donde se presenta una mezcla de alimentos no es necesario el acostumbramiento. Es aconsejable no superar el 15 % en una ración de suplementación de vacas lecheras pues puede transmitir sabor a la leche. Es apto para otros rumiantes, pero se utiliza comúnmente en vacas lecheras.

Los equinos pueden aprovechar la proteína de este concentrado proteico pero el sabor amargo que reduce su palatabilidad limita la cantidad a utilizar. Por falta de información pertinente se limita la cantidad a alrededor del 10 % de la ración para equinos (siempre realizando un acostumbramiento gradual para llegar a esta proporción).

**Hez de malta (*brewers dried grains*) (IFN 5-00-516 deshidratada) (5-00-517 con su humedad de producción)**

El concentrado proteico hez de malta, es el residuo de la fermentación de la malta de cebada en el proceso de producción de cerveza. Se obtiene en el paso de producción de la porción líquida del grano malteado a mosto de cerveza o caldo (*wort*) y fermentado. Está formado por las envolturas o glumas de los granos vaciados de los hidratos de carbono, pero presenta la mayor parte de las proteínas, grasas, fibra, minerales y vitaminas generadas por el proceso fermentativo para obtener cerveza.

Los granos de malta, a los que se les habían separado los brotes y raicillas, son molidos cocinados y sometidos a la acción de las diastasas en condiciones controladas de tiempo y temperatura que darán la conversión de almidón a dextrina y azúcares. Luego, se produce el filtrado o centrifugación donde se separan los granos exhaustos que formarán la hez de malta. El filtrado o “mosto” se hierve con el agregado de lúpulo (que le imparte el típico sabor amargo, formación de espuma y coopera en su mantenimiento) durante la cocción. Terminado este paso se separa el lúpulo que se incorpora a las heces de malta y el mosto enfriado se envía a los fermentadores con el agregado de las levaduras de cerveza que transforman los azúcares del mosto en alcohol y anhídrido carbónico. Al terminar el proceso, un posterior filtrado separa los restos de levaduras que se deshidratan y comercializan como cultivos de levadura seca o levadura seca de cervecería para la alimentación animal. Según el tipo de levadura usado, será el tipo de cerveza producido: las levaduras de fondo: para cerveza tipo Lager; las levaduras de superficie: cervezas tipos Ale, Stout y Porter.

En los casos en que otros granos (arroz de cervecería, sorgo) se agregaran, en proporciones reducidas respecto de la cantidad de malta: nunca más del 20 % del total, para aumentar el tenor alcohólico de la cerveza resultante, las heces de malta tendrán en su análisis el efecto de esos agregados. Esto explica las variaciones en el análisis de este alimento. Estos agregados, o adjuntos, como se los conoce en la industria, pueden ser: arroz, maíz, sorgo, trigo, tapioca y azúcar.

También puede contener los restos de lúpulo seco, rescatados del proceso de producción de cerveza. Del mismo modo podría tener el agregado de los restos de la levadura, pero es más común la comercialización de la levadura separada de las heces de malta.

La malta puede provenir solamente de granos de cebada cervecera (de dos carreras o sea de dos líneas de granos en cada espiga) que tiene así granos más grandes que la cebada forrajera (de seis carreras), o de cebada y otros granos agregados (o adjuntos) para fer-

## CONCENTRADOS PROTEICOS

mentar (arroz, por ejemplo: ver arroz quebrado, en alimentos concentrados energéticos). Estos residuos son secados (deshidratados) y resulta un alimento muy apetitoso y nutritivo sobre todo para vacas lecheras. Es una buena fuente de proteínas no degradables, de escape o *by pass* (aproximadamente el 50 % de la proteína total, comparado con 40-45 % de la harina de soja). El proceso de fermentación la convierte en no degradable en buena medida, y por eso no conviene usar más del equivalente a la mitad de la proteína de una dieta en base a heces de malta para no excederse en proteína *by pass*, y quedar en deficiencia la necesaria proteína degradable en el rumen para la síntesis de proteína microbiana.

Se recomienda darlo a las vacas lecheras después de los ordeños para que su aroma no altere el sabor de la leche. Lo mismo hay que hacer con los silajes y todo otro alimento que, consumido antes del ordeño, trasladaría sus olores al aliento de las lecheras y al estar a través del aire en contacto con la leche ésta tomaría el olor y sabor, alterando sus características organolépticas, lo que aun sucede en instalaciones de circuito de leche prácticamente cerrado. El aliento de los animales consumiendo estos alimentos aromáticos, es el vehículo de estos olores atípicos que pueden impregnar a la leche. La leche debe oler a leche y no a olores o sabores extraños.

El aroma de las harinas de malta es grato y recuerda a la fermentación de donde provino. Esto para vacunos y equinos. Pero es necesario un acostumbramiento a su palatabilidad. Tiene acción favorable en el incremento de la producción de leche y de grasa butirosa. Los tamberos vecinos a las plantas productoras de cerveza son quienes mejor aprovechan este alimento y lo retiran húmedo, con la humedad con que sale de la producción de cerveza o también seco si ha sido deshidratado para poderlo mezclar con otros alimentos secos y suplementar así las varias categorías de animales en un tambo. Entre 3 y 4 kg de material húmedo equivalen a 1 kg de hez de malta seco.

Cuando se lo retira húmedo se lo suministra tal como llega o se lo ensila para poder conservarlo y suministrar en los meses de faltantes de otros recursos. Su conservación en estado húmedo sin ensilar es muy limitada (no dejar más de dos días sin usar o sin ensilar), sobre todo en los meses de verano, ya que la humedad ambiente y las temperaturas altas producen una fermentación descontrolada, deteriorando el alimento. En cambio, convenientemente ensilado, preserva todas sus buenas cualidades.

El mercado para las heces de malta húmeda es entonces para lugares de consumo cercanos al lugar de producción. Las heces de malta se usan principalmente en rumiantes: hasta un 25 % en raciones para lecheras y hasta 15 % para vacunos de cría y lanares.

Nutrientes	Hez o heces de malta	Brote de malta	Grano de cebada
Humedad %	10,0	10,1	12,0
Proteína bruta %	23,0	24,20	12,0
TND %	60,0	64,0	76,0
Fibra bruta %	16,0	14,30	6,25
Grasa %	6,0	2,10	2,0
Cenizas %	6,0	6,25	3,0
Calcio %	0,25	0,20	0,06
Fósforo total %	0,60	0,70	0,37

**Tabla 9:** Composición química aproximada de hez de malta deshidratada (en base tal cual) comparado con brote de malta y grano de cebada.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

A continuación, en la tabla 10 se presentan otros parámetros químicos evaluados respecto a estos alimentos:

Nutrientes:	Grano de cebada	Brote de malta	Hez de malta
Proteína digestible %	8,60	19,70	19,10
TND base tal cual %	74,00	63,00	66,00
TND base materia seca %	84,00	71,00	73,00
Energía metabolizable aves (kcal/kg)	2750	1410	2245
Energía metabolizable cerdos (kcal/kg)	2870	1405	1870
Metionina (kcal/kg)	0,18	0,32	0,60
Cistina (kcal/kg)	0,25	0,23	0,40
Lisina (kcal/kg)	0,53	1,10	0,90
Triptofano (kcal/kg)	0,17	0,41	0,40
Treonina (kcal/kg)	0,36	0,70	1,00
Arginina (kcal/kg)	0,50	1,00	1,30
Fibra detergente neutro b/MS %	19	47	46
Fibra detergente ácido b/MS %	7	18	24
(*) Observar la diferencia en energía a favor del grano de cebada respecto a los subproductos, por la transformación del almidón en cerveza. La mayor energía de la hez de malta sobre el brote de malta es debida a la mayor cantidad de grasa en la hez de malta. Del mismo modo notar el incremento de proteína, aminoácidos y fibras de los subproductos frente al grano de cebada.			

**Tabla 10:** Composición química de la hez de malta y su comparación con grano de cebada y brote de malta expresada en base alimento tal cual o en base a materia seca según corresponda (Batal & Dale, 2006).

La hez de malta húmeda, tal como sale del proceso de producción de cerveza, presenta generalmente 60 % de humedad (40 % de MS). Esto quiere decir que, si se usan hasta 3 kg de heces de malta seca por vaca lechera y por día, cuando se la suministra húmeda el equivalente a suministrar será de  $3 \times 90 / 40 = 6,75\text{kg}$  con 60 % de humedad. Esto sería  $3 \times 100 / 40 = 7,5 \text{ kg}$  con 60 % de humedad.

Como se mencionó anteriormente es un buen alimento para caballos y ovejas y, a pesar de su volumen, se puede usar discretamente en la alimentación de cerdos. Puede substituir parte de la avena en raciones para caballos, con la repetida precaución de realizar su incorporación en la ración en forma gradual.

Un gradualismo que da buenos resultados es realizar en cuatro semanas la incorporación a la que se desea llegar preparando para cada semana raciones con 25 % de la cantidad final del alimento a agregar la primera semana, 50 % de la cantidad final la segunda semana, 75 %, la tercera semana, y el 100 % la cuarta semana. Este plan es bueno para casi todos los alimentos, pero tratándose de equinos, existe la individualidad en la que el animal pueda negarse a un cambio, aunque este sea sutil. En estos casos la utilización de melaza o de saborizantes comerciales pueden facilitar los cambios de ración. Si al utilizar melaza o los saborizantes no se observan cambios será mejor desistir del intento bajo el peligro de ver al animal venirse abajo (perder peso y debilitarse) por negarse a comer o comer menos de lo que necesita para alimentarse bien. Esto vale para cualquier alimento que se intente introducir en la dieta de animales “atletas” (de carrera, de salto) o de alta performance.

**Gluten feed o gluten de maíz (*corn gluten feed*, en inglés) (IFN 5-02-903)**

El concentrado proteico gluten feed es un subproducto de la molienda húmeda del grano de maíz en el proceso industrial para extraer el almidón para uso humano. Comprende las capas externas del grano con parte de las proteínas, fibra, aceite, minerales y el germen. Sería lo que queda del grano vaciado de la mayor parte de su almidón. Dicho de otra manera, tiene parte del gluten (proteínas), las cáscaras exteriores (afrecho) y el germen, entero, o desgrasado si la empresa produce aceite de maíz. (caso más frecuente). Si se extrae el aceite de maíz del germen, éste casi siempre se incorpora ya desgrasado, al gluten feed, aunque puede haber casos en que el germen se comercialice por separado.

En el proceso de extracción de almidón se produce fructosa a partir de ese almidón, que es uno de los azúcares (de mayor poder edulcorante que la sacarosa o azúcar de caña) usados en la producción de bebidas gaseosas y jarabes dulces.

Limpieza	<p>Por aire (se separa lo liviano)</p> <p>Por zaranda (se separa lo grueso)</p> <p>Por electroimanes (se separan los metales)</p>
Remojado (o "steeping")	<p>A 50-55°C, en agua con anhídrido sulfuroso(*), por dos días.</p> <p>Dispersa la trama proteica. Se aflojan las cáscaras (por el ácido láctico formado). El agua absorbe los minerales. Cáscaras y minerales van a gluten feed: 7,4 %</p> <p>(*): para evitar fermentaciones biológicas.</p>
Desgerminado	<p>Ruptura del grano, libera el germen por ablandamiento de la capa cementante entre germen y endosperma.</p>
Separación de gérmenes	<p>Por flotación, por alto contenido de grasa (aceite: 35 a 40 %). Incluye: lavado, secado, molienda fina del germen, extracción de aceite por presión continua. (Resulta un expeller con 3,6 % de aceite). La cantidad de expeller es el 3,8 % del grano original que va al gluten feed).</p>
Molienda del resto del grano	<p>Previo a la separación de cáscaras y fibra que formarán parte del gluten feed.</p>
Separación	<p>Del almidón (67 %) del gluten (12,2 %)</p>
Gluten feed:	<p>El almidón va a producir: dextrina y jarabes.</p>
12,20 % + 7,4 %	
Gluten meal:	<p>El gluten meal es el 5,3 % del maíz original y se obtiene por centrifugación por ser más denso.</p>
5,3 %	

(\*) Se agrega anhídrido sulfuroso para dispersar la proteína de la matriz o trama proteica que aloja los gránulos de almidón, facilitando la separación del almidón del gluten (proteína). Esto se hace a temperatura de ~50 a 55°C (grados centígrados = 120 a 130° Fahrenheit).

**Figura 3:** Proceso de la molienda húmeda del maíz (adaptado de Ensminger & Olentine, 1978)

Tal como se muestra en la secuencia del proceso llamado de molienda húmeda, el grano de maíz limpio se coloca en tanques con agua por 24 a 48 horas para que las cubiertas exteriores absorban agua. Se forma ácido láctico que hincha las células del afrecho del grano y las hace más fácil de romper con el paso siguiente.

El proceso también hincha las células del germen y la capa cementante entre germen y endosperma facilitando la separación del germen entero.

Del mismo modo extrae los nutrientes solubles del grano hacia este ambiente hídrico y facilita la separación de gluten y endosperma almidonoso y el anhídrido sulfuroso previene la fermentación por bacterias indeseables, que son eliminadas.

Al final del proceso se separa el agua y se concentran los solubles que se agregan al gluten y cáscara. El grano de maíz ya macerado va a molinos desintegradores que liberan el germen y aflojan el afrecho.

El germen se separa por flotación (es menos denso por su contenido de grasa) y las cáscaras se van al fondo de los tanques. Las distintas fracciones se secan previo a haber separado el almidón por centrifugado y éste sale con sólo 0,3 a 0,4 % de proteína.

El gluten feed se usa para el ganado vacuno, principalmente, pero también es usado para aves y cerdos con las limitaciones que dan la calidad de su proteína (bajo valor en lisina) y la proporción de fibra que resulta alta para estos monogástricos si su uso se exagera. Su valor energético es cercano al del grano de cebada.

Nutrientes:	Esperado %	Variación %
Humedad	11,00	10,00 a 13,50
Proteína bruta	23,00	20,00 a 25,00
Grasa	2,00	1,50 a 3,50
Fibra bruta	8,70	6,00 a 9,50
Cenizas	8,50	6,00 a 9,50
Calcio	0,45	0,20 a 0,60
Fósforo total	0,80	0,50 a 1,00
Extractivos no nitrogenados	49,00	

**Tabla 11:** Análisis químico aproximado del gluten feed (en base a alimento tal cual).

A continuación, en la tabla 12 se presentan otros datos respecto a la composición química del gluten feed.

Nutriente	Valor	Nutriente	Valor
Proteína no degradable en rumen	30 %	Fibra detergente neutro	45 %
Energía neta de lactancia	1,917 Mcal/kg	Fibra detergente ácido	12 %
Hidratos de carbono no fibra	19,5 % (x)		

(x) en maíz grano es el 75 %

**Tabla 12:** Otros valores de la composición química de gluten feed expresados en base a materia seca (Batajoo & Shaver, 1998).

De los valores de la tabla 13 que se presenta en la siguiente página, surgen varias observaciones. En primer lugar, el gluten meal tiene un valor de energía comparable al del grano de maíz (por su alta proteína).

En el gluten feed se debe tener en consideración el valor de fibra demasiado alta para los monogástricos También sus valores son bajos en aminoácidos al compararlos con las otras fuentes de proteína.

El gluten meal tiene un valor alto en metionina, al compararlo al de la harina de pescado; y también es alto el valor de xantófila del gluten meal respecto al maíz y al gluten feed. Se destacan la harina de soja y de pescado por su aporte de lisina, lo que los diferencia notablemente de los glútenes.

De 100 kg de maíz grano, se obtienen hasta 23 kg de gluten feed y hasta más o menos 5,3 kg de gluten meal.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

El gluten feed tiene un olor dulce, similar al de los cereales tostados, con un ligero sabor a maíz fermentado y seco. Es difícil definir olores y aromas sin recurrir a la memoria del lector y si no hay registros en la memoria es más difícil aún. Sólo se puede decir que una vez que se lo haya olido por primera vez, el olor del gluten feed es uno de los más distintivos entre los subproductos del procesamiento de los granos.

Nutrientes:	Maíz Grano	Gluten Feed	Gluten Meal	Harina De soja	Harina de Pescado
Proteína bruta	8,00 %	23,00 %	60,00 %	44,00 %	61,00 %
Grasa	3,60 %	2,00 %	2,30 %	0,80 %	10,00 %
Fibra bruta	2,20 %	8,70 %	4,00 %	6,0 %	1,00 %
Calcio	0,02 %	0,45 %	0,15 %	0,29 %	5,00 %
Fósforo total	0,33 %	0,80 %	0,70 %	0,66 %	3,02 %
Fósforo inorgánico	0,11 %	0,28 %	0,16 %	0,28 %	3,02 %
TND	81,00 % (*)	75,00 %	86,00 %	75,00 %	72,00 %
Lisina	0,25	0,60	1,00	2,80	4,30
Metionina	0,17	0,50	1,60	0,61	1,65
Metionina + cistina	0,37	1,00	2,60	1,30	2,08
Triptófano	0,06	0,10	0,30	0,62	0,70
Xantofila	25 mg/kg	9,00 mg/kg	360,00 mg/kg	-	-

**Tabla 13:** Subproductos de la molienda húmeda del maíz: gluten feed y gluten meal. Análisis comparativos con el grano de maíz, de donde provienen, y dos subproductos de "buena proteína": harina de soja y harina de pescado expresadas en valores tal cual.

A continuación, se presentan los valores de solubilidad y digestibilidad de la proteína de hez de malta, grano de cebada, gluten feed y grano de maíz.

Alimento	Proteína bruta %	Proteína soluble%	Proteína degradable%	Proteína no degradable%	Proteína ligada%
Hez de malta	25,6	2,9	47,0 (de 25,6)	53,0 (de 25,6)	13,0
Cebada, grano	11,3	35,0	79,0	21,0	2,0
Gluten feed	21,7	48,0	70,0	30,0	2,5
Maíz, grano	10,0	12,0	30,0	70,0	6,2

**Tabla 14:** Fraccionamiento de la proteína: solubilidad y digestibilidad de la proteína de hez de malta, grano de cebada, gluten feed y grano de maíz (Krishnamoorthy *et al.*, 1982; Chalupa & Sniffen, 1996).

Cuando existe un costo de oportunidad favorable para el uso de estos alimentos concentrados proteicos y las destinatarias son vacas lecheras de alta producción, se debe tener en cuenta las fracciones de proteínas: es de rigor para el mejor aprovechamiento de las ventajas de la digestión ruminal y la enzimática. Se han intercalado los fraccionamientos de las proteínas de los granos originales para mostrar los efectos del procesamiento de los respectivos granos y observar el efecto sobre las proteínas sobre todo en el gluten feed. La proteína no degradable tiene limitado valor por su bajo contenido en lisina, especialmente en dietas con alto contenido de silaje de maíz.

Además de su aporte de proteínas, el gluten feed aporta energía, aunque tiene más fibra que el grano de maíz. Es un buen alimento para vacas lecheras porque es alto en proteínas, bajo en almidón, alto en fibra digerible y bajo en aceite, por lo que puede darse en cantidades altas una vez acostumbradas a su palatabilidad por incorporación gradual en la ración (se aconseja no superar los 9 u 11kg por vaca para evitar problemas). El gluten feed es algo amargo y lo extrañarán en los primeros días del acostumbramiento al mismo, pero luego lo comerán bien. Aporta 40,5 % de FDN y 10.8 % de FDA, con humedad del 10 % (este valor, de FDA, indica que es bajo en lignina por lo tanto es un alimento de buena digestibilidad).

También se usa en aves y cerdos, pero como la proteína no es de buena calidad (baja en triptofano y lisina), esto limita la cantidad a suministrar a estos animales. Su aporte de fibra también contribuye a limitar su uso en estas dos especies salvo en dietas en que no se buscan los aumentos de peso sino más bien el mantenimiento dentro de lo saludable para la producción: aves y cerdos reproductores, por ejemplo.

Es un alimento que cuando es usado en raciones para mascotas (perros, gatos) permite ayudar a controlar la obesidad de animales adultos de poca actividad, por su porcentaje de fibra y de proteína indigerible.

El costo creciente de secar estos subproductos industriales con combustibles fósiles ha hecho que en otros países y también en nuestro país, se comercialicen con la humedad con que salen del proceso de producción y en el caso del gluten feed húmedo (*corn gluten feed wet* o también *golden gluten*) su uso en alimentación de vacunos ha resultado satisfactoria en engorde a corral (*feed lots*) y en la producción de leche.

En dietas para vacas lecheras se usa húmedo en una proporción de hasta el 25 % de la materia seca lo que representa alrededor de 13 kg de gluten feed húmedo por día. Su humedad limita la cantidad. En el caso de gluten feed seco se usa hasta cubrir el 50 % de la materia seca de la ración de grano de un vacuno.

Nutrientes:	Cantidad	Nutrientes	Cantidad
Humedad	60 %	Calcio	0,15 %
Materia seca	40 %	Fósforo total	0,60 %
Proteína bruta	12,50 %	TND % (s/materia seca)	75 %
Grasa	0,80 %	Proteína no degradable	2,80 %
Fibra bruta	3,60 %	Proteína degradable	9,40 %
Fibra detergente neutro	11,30 %	-	-

**Tabla 15:** Composición química del gluten feed húmedo en base a alimento tal cual (Chalupa & Sniffen, 1996).

### Harina de germen de maíz (*corn germ meal*) (IFN 5-02-896)

La harina de germen de maíz es el producto obtenido de la extracción del aceite de maíz para uso humano. Es muy palatable, con gran capacidad de absorber agua la cual es una buena característica desde el punto de vista de la digestión del alimento. Aunque rutinariamente este subproducto de la extracción del aceite de maíz se incorpora en el gluten feed, podría aparecer como alimento con su individualidad proveniente de una planta que sólo extrajera aceite de maíz.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Nutrientes:	Harina de germen de maíz (promedio)	Variaciones:	Grano de maíz
Humedad	9,00 %	De 8,0 a 13,0	14,0 %
Proteína bruta	22,0 %	20,0 a 23,0	8,0 %
Grasa	1,50 %	1,0 a 4,0	3,60 %
Fibra bruta	10,0 %	9,50 a 12,0	2,20 %
Cenizas	2,0 %	1,50 a 2,50	1,0 %
Calcio	0,30 %	0,20 a 0,60	0,02 %
Fósforo total	0,50 %	0,40 a 0,75	0,33 %

**Tabla 16:** Análisis químico comparado de la harina de germen de maíz y grano de maíz en base a alimento tal cual (Chalupa & Sniffen, 1996).

Este es el análisis aproximado, con sus variaciones, luego de extraerse el aceite por medio de solventes orgánicos (obteniendo harina de germen) o podría ser por presión continua (resultando en un expeller de germen de maíz) en cuyo caso la cantidad de grasa sería algo mayor (3 a 4 %) y con ello mayor energía y más palatabilidad.

El uso de este alimento está orientado mayormente a la alimentación de vacunos y otros rumiantes por el nivel de fibra relativamente alto.

También, este alimento tiene la capacidad de absorber cantidades de agua lo que favorece su digestibilidad en el rumen. Es de muy buena palatabilidad. El tratamiento del grano original en agua por 24 a 48 horas y los posteriores manejos para separar el germen del grano y extraerle el aceite, mejora la digestibilidad de la fibra del germen desgrasado con el consiguiente beneficio para vacunos (de hecho, para todos los rumiantes) y equinos también.

### Concentrados proteicos de origen vegetal de más de 30 % de proteínas

#### **Gluten meal (mismo nombre en inglés y su sinónimo "corn gluten, wet milled dehy") (IFN 5-09-318)**

Este alimento es el residuo seco del maíz luego de quitarle la mayor parte del almidón y del germen y la separación de las coberturas externas. En esto radica la diferencia con el gluten feed porque no conserva las coberturas externas, ni el germen; sólo concentra proteína del maíz.

Nutrientes:	Promedio	Variación
Humedad	12,00 %	
Proteína bruta	62,00 %	60,00 a 65,00 %
Grasa	2,50 %	1,00 a 5,20 %
Fibra bruta	2,00 %	0,50 a 2,50 %
Cenizas	1,80 %	
Calcio	0,2 %	0,15 a 0,50 %
Fósforo total	0,5 %	0,30 a 0,60 %
Xantofilas	275mg/kg	242 a 440mg/kg

**Tabla 17:** Composición química proximal del gluten meal expresado en base a alimento tal cual.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Proteína no degradable en rumen	55 %
Hidratos de carbono no fibrosos	14,6 %
Energía neta de lactancia	2,204 Mcal/kg
Fibra detergente neutro	14 %
Fibra detergente ácido	5 %

**Tabla 18:** Composición química proximal del gluten meal expresado en base a materia seca (Shaver, 2005).

Además de un valor alto de proteínas (el más alto entre los concentrados proteicos de origen vegetal) y un valor importante en metionina (0,90 a 1,90 % y metionina más cistina 2,6 %), este alimento se valoriza por encima de estas contribuciones por su contenido de xantófilas, de importancia en la terminación, para lograr una pigmentación deseable, para la comercialización de pollos parrilleros y huevos de consumo. Su color amarillo dorado a marrón amarillento expresa el contenido de xantófilas.

Lograr una correcta pigmentación de la piel, las garras y la yema del huevo puede tener un efecto muy positivo al momento de la comercialización en algunos mercados que asocian erradamente la piel blanca del pollo con un animal con problemas de salud, como dice la expresión popular: “la comida entra por los ojos”.

La pigmentación es una exigencia, mayormente, del consumidor de origen latino, que casualmente ha usado al maíz como fuente principal de energía para criar sus aves y se acostumbró a ver a sus pollos con buen color de piel; en cambio, los países del norte de Europa que deben importar maíz caro, porque no pueden producirlo, usando trigos blandos (no panificables), cebada o mandioca, por ejemplo, se acostumbraron a ver pollos blancos en las góndolas. Lo mismo los países árabes que usan cebada y sorgo. Si bien una vez cocinados, todos los pollos tienen igual aspecto.

Distinto de lo que ocurre con el gluten feed que es de partículas gruesas y más finas, el gluten meal presenta una estructura fina granular pareja (pasando un mínimo de 89 % por zaranda número 16, a 98 % pasando por zaranda número 10, según lo exija el mercado) con un bajo contenido de fibra, cenizas, de grasa y de extractivos no nitrogenados, en beneficio del alto valor de proteínas.

Al ser almacenado a granel, debido a su estructura y finura de molienda, se recomienda transferirlo de un silo a otro cada cuatro a cinco semanas y mantener una humedad menor al 12 % ya que tiende a apelmazarse y pueden generarse focos de crecimiento de hongos en las zonas apelmazadas con aumento de humedad

Aminoácidos %	Treonina	Cistina	Metionina	Lisina	Arginina
Aminoácidos totales	1,90	1,00	1,60	0,80	2,10
Coefficiente de digestibilidad	90,1	88,6	95,9	85,9	94,9
Aminoácidos digestibles	1,71	0,89	1,53	0,69	1,99

**Tabla 19:** Digestibilidad verdadera de aminoácidos del gluten meal expresados en base materia seca y proteína de 64,21 %.

En otros países se puede conseguir un gluten meal de 40 % de proteínas por incorporación al gluten de 60 % del germen de maíz desgrasado (extraído el aceite de maíz) y de gluten feed. En este caso aumentan los valores de fibra, extractivos no nitrogenados y cenizas en perjuicio del nivel de proteínas y de xantofilas que son así diluidos. Hace-

## CONCENTRADOS PROTEICOS

mos referencia a este caso para interpretar correctamente literatura extranjera que pueda mencionar, con el mismo nombre, un alimento de distinto nivel de proteínas. El número internacional del alimento con 40 % PB es IFN 5-20-411, lo identifica bien y lo distingue del número del gluten meal de 60 % de proteínas: IFN 5-09-318. La tendencia es ir hacia gluten meal de 60 % por la demanda de su mayor contenido de xantófilas.

Aminoácidos:	Gluten feed %	Gluten meal %	Aminoácido	Gluten feed %	Gluten meal %
Arginina	0,7 a 1,10	1,20 a 1,90	Cistina	0,45 a 0,55	0,90 a 1,15
Lisina	0,80 a 1,00	0,70 a 0,90	Treonina	0,80 a 1,00	1,40 a 2,00
Metionina	0,30 a 0,40	0,90 a 1,90(*)	Triptófano	0,10 a 0,20	0,20 a 0,40

(\*) Nótese el valor relativamente alto del nivel de metionina.

**Tabla 20:** Aporte del contenido de aminoácidos del gluten feed y gluten meal.

Dada la preferencia de utilización del gluten meal para pigmentar la piel de las aves con habilidad de fijar el pigmento y de los huevos de consumo como se comentara anteriormente, no se menciona su uso en otras especies animales salvo en alimentos para animales de compañía (perros y gatos). Para los otros animales criados para producir carne o leche, su precio resulta caro. De no ser caro, sería una buena alternativa de uso por su buen aporte de proteínas sin limitaciones de uso (como guía: hasta un 8 a 10 % en una ración para monogástricos y hasta 15 % en una ración para rumiantes, aportando así un alto nivel de proteína no degradable o “*by pass*”: 60 %; comparado por ejemplo con un 35 % para la harina de soja). A mayores incorporaciones podrían presentarse problemas de palatabilidad. Por su alta digestibilidad es usado en las dietas para animales de compañía (o mascotas).

### Gluten de sorgo (*milo gluten*, en inglés) (IFN 5-08-087)

El gluten de sorgo es un alimento que se obtiene cuando se procesan granos de sorgo en la misma forma que los granos de maíz. El subproducto obtenido tiene características similares, en algunos valores, al gluten meal de maíz, pero con una diferencia importante en cuanto al contenido de xantófilas (ya que este tiene una cantidad muy reducida respecto de la que ofrece el gluten meal (de maíz). A continuación, se presenta una tabla con el análisis químico comparativo entre gluten de sorgo y gluten meal de maíz:

Nutrientes:	Gluten De sorgo	Gluten meal (maíz)	Nutrientes:	Gluten de sorgo	Gluten meal (maíz)
Proteína bruta %	55,00	62	Arginina %	1,40	1,20 a 1,90
Grasa %	4,30	2,50	Lisina %	0,50	0,70 a 0,90
Fibra bruta %	2,50	2,0	Metionina %	1,10	0,90 a 1,90
Cenizas %	1,80	1,80	Cistina %	0,80	0,90 a 1,15
Calcio %	0,10	0,20	Triptófano %	0,50	0,20 a 0,40
Fósforo total %	0,50	0,50	Treonina %	1,30	1,40 a 2,00
TND %	80,00	83,00		-	-

**Tabla 21:** Análisis químico comparativo entre gluten de sorgo y gluten de maíz.

Respecto de los valores de análisis se nota una diferencia en los valores de aminoácidos que en general favorecen al gluten meal de maíz.

El uso de gluten de sorgo tiene los mismos destinos que el gluten meal (de maíz) en los casos en los que no se necesite la capacidad de pigmentar.

De este modo se valoriza como concentrado proteico de origen vegetal en competencia con los otros concentrados proteicos, por sus aportes de aminoácidos y proteína.

**Burlanda o granos secos de destilería (*distiller's dried grains*) (IFN 5-04-374, burlanda de sorgo)**

La burlanda es el residuo de la destilación del alcohol obtenido por la sacarificación del almidón de varios cereales y la sucesiva fermentación por levaduras, de los mostos. Son los insolubles de las vinazas o caldos de destilería remanentes de la destilación alcohólica.

En el país se obtienen a partir de los granos de maíz y sorgo granífero. En otros países se obtienen del procesamiento de granos de centeno y de cebada. Tienen un olor que recuerda a un residuo de fermentación: un dejo alcohólico. Las vinazas son retenidas por filtros-prensas y secadas en secadoras rotativas dando como resultado el alimento concentrado: burlanda.

Las burlandas son excelentes alimentos por su palatabilidad y valor nutritivo para vacas lecheras y vacunos en general. También para lanares. Pueden usarse moderadamente en cerdos y, en cantidades limitadas, en aves adultas.

Son deficientes en los mismos aminoácidos que carecen los granos que les dieron origen. La riqueza en vitaminas es buena por efecto de la fermentación provocada por las levaduras.

Existen varias fracciones de subproductos de la destilación alcohólica a partir de los granos:

- la burlanda (o *distiller's dried grains*, DDG), los solubles de destilería (*distiller's solubles* o *distiller's dried solubles*, DDS) obtenidos luego de la remoción del alcohol etílico por destilación de la fermentación por levaduras del grano y separación de los sólidos que dan lugar a la burlanda, y a la condensación y secado de los sólidos remanentes de la fracción líquida ya sin el alcohol
- la burlanda con solubles de destilería (*distiller's dried grains with solubles*, DDGS) que es la mezcla de los dos subproductos nombrados.

Es importante la distinción de ambas, ya que es muy distinto su aporte nutritivo sobre todo en la contribución de proteínas (aminoácidos), y también, e incluso más aún, en su aporte de vitaminas.

En nuestro medio las burlandas locales no tienen, hasta el momento, la contribución de los solubles, pero la bibliografía técnica de origen extranjero menciona las tres posibilidades, como rutina, de este grupo de concentrados. El costo de deshidratar los solubles, que son líquidos, es alto en nuestro medio. Lo es también en otros países en donde los deshidratan sólo parcialmente.

También existe una variación en el proceso de obtención de alcohol y de sus subproductos. El resultado más importante en cuanto a los subproductos es el nivel de proteínas: en nuestro medio se llega a niveles de proteína del 40 %, en cambio en otros países están más cerca del 30 %.

A continuación, se anexa la información de la composición química de los tres alimentos obtenidos como subproductos de la destilación alcohólica de los granos.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Nutrientes:	Burlanda	Burlanda con solubles	Solubles de destilería
Humedad	8,0 % (6 a 12)	8,0 % (7 a 12)	7,0 % (5,0 a 8,0)
Proteína bruta	27,0 % (25 a 28)	27,0 % (25 a 28)	26,0 % (24,0 a 28,0)
Grasa	8,5 % (7 a 10)	9,0 % (7,0 a 10,0)	9,0 % (7,0 a 10,0)
Fibra bruta	12,0 % (10 a 13,5)	9,0 % (7,5 a 9,5)	4,0 % (2,5 a 5,5)
Cenizas	3,0 % (2,5 a 4,5)	5,0 % (4,5 a 7,0)	7,5 % (6,0 a 9,0)
Calcio	0,09 % (0,07 a 0,12)	0,10 % (0,08 a 0,20)	0,30 % (0,15 a 0,40)
Fósforo total	0,40 % (0,35 a 0,45)	0,50 % (0,45 a 0,75)	1,30 % (1,20 a 1,40)

**Tabla 22:** Composición química de los tres alimentos obtenidos como subproductos de la destilación alcohólica de los granos.

Se nota, en los solubles, las diferencias de análisis respecto de la burlanda (fibra y cenizas, calcio y fósforo) y un análisis de la contribución de vitaminas haría más notables las diferencias. En el caso de la burlanda con solubles se nota la influencia de la incorporación de los solubles.

A continuación, se presenta el análisis de una burlanda de producción local. Son de notar las diferencias en los valores de proteínas, grasas y cenizas de la burlanda local respecto de las de otros orígenes:

Análisis:	Promedios	Análisis:	Promedios
Humedad	5,90 %	Cenizas	1,00 %
Proteína bruta	45,75 %	Calcio	0,08 %
Grasa	20,80 %	Fósforo	0,21 %
Fibra bruta	11,80 %	-	-

**Tabla 23:** Composición química de burlanda o granos de destilería de sorgo expresados en base a alimento tal cual.

Se debe prestar atención respecto a las diferencias en los valores de proteína, grasas y cenizas de la burlanda local respecto de las de otros orígenes.

Aminoácidos:	Burlanda % valores tal cual	Burlanda Gramos por 100 gramos de proteína	Harina de soja 44 % Valores tal cual	Harina de soja 44 % Gramos por 100 gramos de proteína
Lisina	0,60	1,31	2,93	6,65
Metionina	0,75	1,64	0,62	1,40
Cistina	0,25	0,43	1,53	1,20
Treonina	1,48	3,24	1,72	3,90
Arginina	0,96	2,21	3,39	7,72
Histidina	0,85	1,86	1,03	2,33
Isoleucina	2,23	4,87	2,34	5,31
Valina	2,44	5,33	2,35	5,34

**Tabla 24:** Composición química de burlanda comparada con harina de soja con 44 % de proteína bruta respecto a su composición en aminoácidos.

Esta presentación de comparación ante otros concentrados proteicos de origen vegetal hace evidente sus debilidades para satisfacer las exigencias en aminoácidos sobre todo para monogástricos de edades tempranas pero el valor alto de proteínas y una proporción interesante de proteína no degradable en el rumen (14 % o sea un 30 % del 45,75 %), sumado a su buena palatabilidad hacen de la burlanda un buen recurso para rumiantes.

### **Concentrados proteicos de origen vegetal: subproductos de semillas oleaginosas**

Este es el grupo más numeroso dentro de los concentrados vegetales de más de 30 % de proteínas. En la extracción de aceite de las semillas oleaginosas como de las grasas de los subproductos ganaderos y avícolas, salvando los pasos previos de preparación del material que es distinto para cada grupo, cuando se llega a la extracción en sí, hay tres formas de hacerlo.

Comúnmente existen tres métodos utilizados para extraer el aceite de semillas de oleaginosas. Estos métodos darán como subproductos concentrados proteicos de distinta concentración de proteínas:

- Método hidráulico o por presión discontinua
- Método expeller o de presión continua
- Método de extracción por solventes (o una combinación de los dos últimos en plantas más modernas: en estos casos se utiliza presión continua, seguida de extracción por solvente del expeller).

Antes de realizar la descripción de la harina de soja que es el principal concentrado proteico de origen vegetal, se considera oportuno mencionar la forma en que ocurren los tres grandes grupos de subproductos de la extracción de aceite de las varias semillas oleaginosas y de las grasas de los subproductos ganaderos siguiendo después con la mención del poroto y su harina de extracción como ejemplo.

El método hidráulico consiste en quebrantar primero los porotos u otras semillas oleaginosas calentados, que luego son aplastados con molinos a rolos (o rodillos) y llevados a cocinas donde permanecen a temperaturas de entre 103 y 110°C por 90 minutos.

Luego, los porotos o semillas cocinados van a una prensa hidráulica a 65-75°C por 50 a 60 minutos donde se les aplica muy alta presión con un pistón, bajo cuya fuerza los porotos liberan el aceite el que va a un refinado que varía para cada clase de aceite.

Al residuo que queda en la prensa duro y compactado se le da el nombre de “torta” (“oil cake”, en inglés). La torta se desintegra y muele para poder manipularla para la alimentación animal. Este método no puede extraer todo el aceite quedando alrededor de 8 % o algo más en la torta.

Es el método más antiguo de extracción de grasa o aceite y va quedando obsoleto por lo menos en la industria oleaginosa salvo, en parte, para extraer aceite de las semillas de lino, que no es comestible pero que es muy buscado para tratamiento de maderas a la intemperie y pinturas para barcos (es un aceite industrial). Gran parte de las harinas de carne, pescado y pollo son obtenidas por este mismo método hidráulico luego de la extracción de sus grasas.

El método “expeller” o de presión continua se usa desde 1930 en el mundo y consiste en calentar las semillas, para pasarlas por rolos quebradores y, luego de un período de acondicionamiento por calor, para uniformar temperatura entre 139 y 150°C, incorporarlas a la prensa continua por 3 minutos. El residuo en este método se llama “expeller”.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Este método extrae más aceite que el anterior, pero queda en el expeller entre 3 y 4 % de aceite, todavía.

El método de extracción por solventes (hexanos y otros) es el más usado y consiste en calentar, pasar por molinos a rodillos las semillas oleaginosas que luego se ubican en cangilones (cajones o canastos de fondo cribado) adheridos a la cinta de un elevador que los mueve hacia arriba mientras una lluvia de solventes cae desde la parte superior de la torre de este elevador; es decir que cae a contracorriente del movimiento del elevador.

Como los cangilones tienen los fondos cribados como un colador, el solvente que van recibiendo atraviesa el material con lo que los copos u hojuelas (flakes, en inglés) en que se transformaron las semillas (por efecto de los rolos) reciben solvente en buena medida del que cae, mezclado ya con aceite, de los canjilones superiores, cada vez con menos aceite a medida que se acercan a la parte superior de la torre donde ya la lluvia es de solvente puro.

El hexano se obtiene de la destilación del petróleo que destila entre 63 y 68 °C. Es el disolvente ideal para las materias grasas; el más inofensivo para la salud y el que produce aceites más puros.

Los canastos o cangilones más cerca de la base del elevador van recibiendo la lluvia de solvente que pasó a través de los canastos superiores por lo que será una lluvia de mezcla de solvente con aceite extraído, con más concentración de aceite en los canastos inferiores y solvente más puro en los de más cerca de la parte superior de la torre.

La contra corriente de solvente extrae el aceite de los copos que han ido entrando a la torre de extracción a una temperatura menor que el punto de ebullición del solvente. La “micela” o mezcla de “aceite-solvente” adquiere una concentración de alrededor del 20 % de aceite, al pie de la torre donde se descarga.

La micela pasa a un sector donde se evapora el solvente que es recuperado para reciclarlo en un proceso continuado de solubilización y arrastre del aceite y nueva recuperación del solvente. Su costo por litro es muy superior al del aceite, lo que asegura la preocupación del industrial por no dejar solvente en el residuo que será utilizado como alimento para animales.

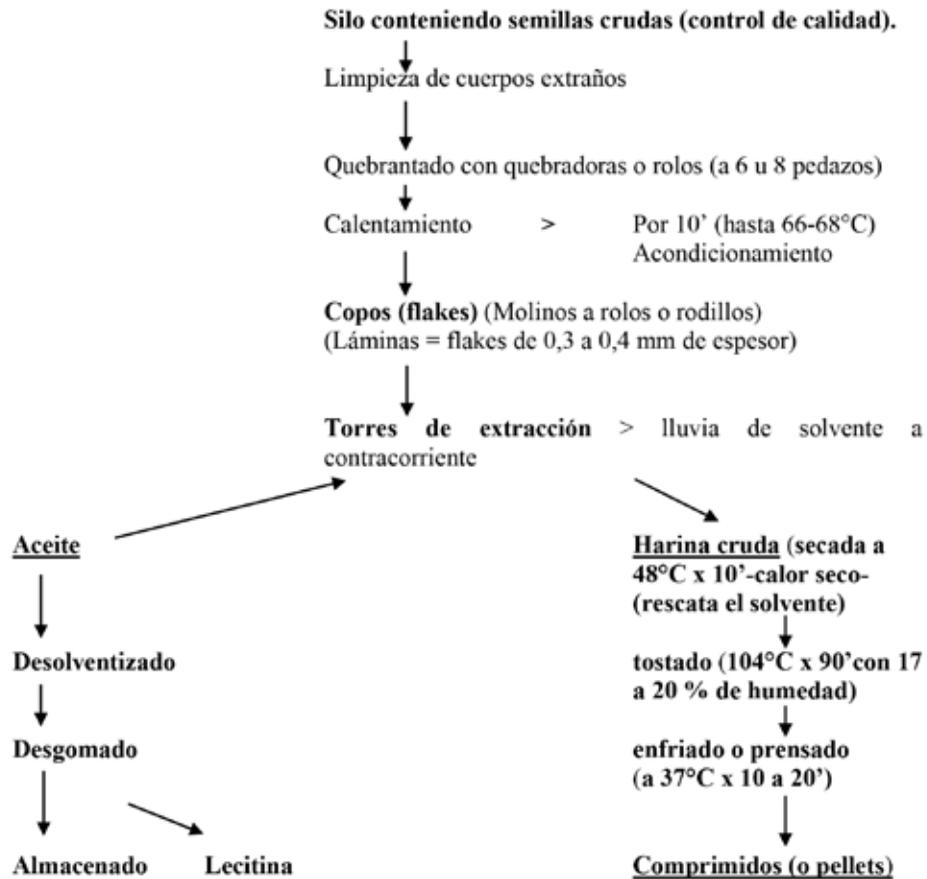
Los copos exhaustos de aceite (sólo queda un resto de 1,00 a 2,00 % en el residuo) pasan (para el caso del poroto de soja) al tostado que es un tratamiento por calor húmedo (con vapor) y en esta operación se termina de recuperar los restos de solvente que podrían haber quedado en los copos (o *flakes*).

El material tostado resultante es la “harina de extracción” de soja, si hemos usado este poroto como materia prima. Lo mismo para cualquier otra semilla oleaginosa que en este caso no recibe el último paso del proceso: el tostado.

*Nos juzgamos por lo que nos sentimos capaces de hacer,  
mientras que otros nos juzgan por lo que ya hemos hecho.*

**Longfellow**

**Proceso industrial de la extracción de aceite por medio de solventes orgánicos**



**Figura 4:** Proceso industrial de la extracción de aceite por medio de solventes orgánicos.

A continuación, se presenta en la tabla 25 el efecto de la extracción del aceite sobre el contenido energético de sus subproductos:

Alimento y tratamiento	% de grasa	Energía digestible (kcal/kg)	% TND
Poroto de soja	18	3.690	84
Expeller de soja	4,70	3.294	75
Harina de soja	0,90	3.139	71
Semilla de lino	36	4.320	98
Expeller de lino	5,20	3.210	73
Harina de lino	1,70	3.129	71
Semilla de maní (*)	44,0	4.381	99
Expeller de maní	5,90	3.570	81
Harina de maní	1,20	3.367	76

(\*): La semilla de maní con cáscara tiene 40 % de grasa (4,4 puntos de % menos que la semilla limpia).

**Tabla 25:** Efecto de la extracción del aceite sobre el contenido energético de sus subproductos (Crampton & Harris, 1974).

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Tener en cuenta los valores observados en la tabla anterior para comparar con el contenido energético de los granos de maíz y sorgo:

Alimento y tratamiento	% de grasa	Energía digestible (kcal/kg)	% TND
Maíz dentado, grano	3,40	3.530	80
Maíz flint, grano	4,30	3.571	81
Sorgo granífero, grano	2,60	3.492	70

### **Harina de soja, soja hispida, *Glycine max* (soybean meal en inglés) (IFN 5-04-607) y harina de soja extraída por solvente, tostada y molida (IFN 5-04-606)**

Hace 2000 años que el poroto de soja es consumido por el hombre, en Asia. La harina de soja es el subproducto resultante de la extracción de aceite del poroto de soja utilizando solvente. Se comercializa en “copos” (semillas aplastadas por molinos a rolos que las transforman en copos, escamas o “flakes”, de modo de facilitar la extracción del aceite por la acción del solvente) o en harina obtenida de la molienda de los copos; o en comprimidos (o “pellets”).

Para el consumo de los animales, sobre todo de los monogástricos, debe ser sometida a un “tostado” previo a su suministro a los mismos y esto se hace en las mismas plantas que extraen el aceite como ya se explicó en párrafos anteriores para destruir el factor antinutricional.

Es el principal alimento proteico de origen vegetal “número 1” en muchos países, siendo Argentina el tercer productor de soja del mundo (primero Brasil, segundo EE. UU.) y el segundo exportador mundial de harina de soja.

Por su alto valor biológico reemplaza a una buena parte de las harinas de carne y de pescado que eran las principales fuentes de aminoácidos en décadas pasadas, principalmente para aves y cerdos.

Existen dos tipos de harina de soja: harinas de 50 % de proteínas (de porotos previamente descascarados) o harinas de 44 % de proteínas (con la cáscara incluida).

Nutrientes:	Harina de 44 % de proteína	Variación %	Harina de 50 % de proteína	Variación %
Humedad	10,50 %	10,00 a 12,00	10,00 %	10,00 a 12,50
Proteína bruta	45,00 %	43,50 a 47,00	50,00 %	49,00 a 51,00
Grasa	0,50 %	0,30 a 1,50	0,50 %	0,50 a 1,00
Fibra bruta	6,50 %	5,00 a 7,50	3,00 %	2,00 a 3,50
Cenizas	6,00 %	5,00 a 6,50	6,00 %	5,00 a 6,50
Calcio	0,25 %	0,15 a 0,35	0,20 %	0,15 a 0,25
Fósforo total	0,60 %	0,50 a 0,80	0,65 %	0,50 a 0,75
Actividad ureásica	Trazas	-	Trazas	-

**Tabla 26:** Análisis aproximado de harinas de soja con 44 y 50 % de proteína bruta: expresados en valores tal cual.

A continuación, se presenta la comparación de dos harinas de soja con distinto valor proteico con otro subproducto proteico de la extracción de aceite de poroto de soja que es el expeller:

Análisis:	Harina de soja de 44 % de proteína	Expeller de soja	Harina de soja de 48 % de proteína
Proteína no digerible: <i>bypass</i>	35,0 %	55,0 %	35,0 %
Energía neta lactancia	1,940 Mcal/kg	1,962 Mcal/kg	2,006 Mcal/kg
TND	84,0 %	85,0 %	87,0 %
Carbohidratos no fibrosos	26,3 %	25,3 %	29,4 %
Fibra detergente neutro	15,0 %	15,0 %	8,0 %
Fibra detergente ácido	10,0 %	10,0 %	6,0 %

**Tabla 27:** Comparación de la de la composición de las harinas de soja con 44 y 48 % de proteína bruta y el expeller de soja, otro subproducto concentrado proteico del poroto de soja (Shaver, 2005).

Una actividad ureásica indicada como “trazas” significa que ha sufrido suficiente calor, pero no en exceso, para anular los factores antinutricionales sin afectar la digestibilidad de las proteínas. El tostado, además de destruir el factor antinutricional más importante, mejora su palatabilidad y aumenta la disponibilidad de algunos aminoácidos, principalmente la metionina.

En cuanto al color de este alimento es de un marrón amarillento característico. Un color marrón oscuro indicaría sobretostado lo que es indeseable y motivo de rechazo; pero esta apreciación visual se complementa y hace más exacta con la determinación de la “actividad ureásica” de una muestra de esta harina. Esta determinación de la actividad ureásica es en realidad una prueba económica y fácil de llevar a cabo por personas sin entrenamiento de laboratorio y a cargo de los recibidores de mercaderías de las plantas de alimentos y de los productores de sus propias raciones, es decir al “pie del camión” (antes de descargar).

La presencia de ureasa en el poroto crudo o en sus subproductos no representa un peligro para los monogástricos porque no consumen urea y tampoco lo sería para los rumiantes mientras no consumieran urea, pero acompañan a la ureasa en estos alimentos crudos, otros factores antinutricionales, el principal de los cuales es el inhibidor de la tripsina y los otros factores antinutricionales que son: lectina, hemoaglutininas, enzima lipoxigenasa, saponinas, isoflavonas, pectinas, gomas y oligosacáridos: como estaquiosa y rafinosa. Con el tostado se destruyen los más importantes. Estos dos últimos, estaquiosa y rafinosa, son indigeribles para animales jóvenes y por lo tanto causan diarreas sobre todo en lechones y terneros pre-rumiantes. Estos factores antinutricionales no son privativos del poroto de soja, sino que están presentes con distinto grado de incidencia, uno o más de ellos, en todas las semillas de leguminosas.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Factor antinutricional:	Principales efectos <i>in vivo</i> :
Lectinas (fitohemoglutina) Hemoaglutininas	-aglutinan las células de los glóbulos rojos -daño en las paredes del aparato digestivo -reacciones inmunológicas
Inhibidores de proteasas, de tripsina y de quimotripsina	-reducción de la actividad de la tripsina -hipertrofia del páncreas -retraso de la digestión
Inhibidor de amilasa	-formación de complejos inhibidores de la amilasa en la saliva y en el jugo pancreático
Taninos y compuestos polifenólicos	-formación de complejos con enzimas o con la proteína del alimento
Factores de flatulencia: Oligosacáridos (rafinosa y estaquiosa)	-perturbaciones molestas gastrointestinales (producción de gases: metano, hidrógeno, anhídrido carbónico).
Acido fítico	-formación de complejos secuestrantes de minerales y de proteínas
Proteínas Antígenicas: glicinina y betaconglucina	-absorción deprimida de minerales -daño de la pared gastrointestinal. Desórdenes intestinales -respuesta Inmune

**Tabla 28:** Principales factores antinutricionales presentes en las semillas de leguminosas.

El tratamiento por calor no destruye a todos estos factores antinutricionales, pero sí al factor antitripsina y a la ureasa, sobre todo, y si bien existe una prueba de laboratorio para determinar un buen control del factor antitripsina, ésta es más complicada que la prueba de la ureasa y no está al alcance de un recibidor al pie del camión o del vagón, en el desvío ferroviario. La prueba de la ureasa entonces hace fácil la determinación de la destrucción del factor antitripsina. Este factor representa el 40 % del efecto depresor del crecimiento de la harina de soja cruda. El resto del efecto negativo lo producen los otros factores antinutricionales en animales jóvenes, principalmente.

La harina o el poroto de soja crudos deprimen el crecimiento de monogástricos; aumentan el tamaño del páncreas en pollitos; se afecta la absorción de lípidos en pollitos de dos a tres semanas de edad; aumentan la excreción de bilis por contracción de la vesícula biliar; disminuyen la actividad proteolítica de los pollos. El mayor efecto parece ser la disminución en digestibilidad de proteínas, (reduciendo principalmente la disponibilidad de la metionina y cistina) y de las grasas.

La enzima lipoxigenasa oxida los ácidos grasos insaturados provocando rancidez con sabores desagradables e inestabilidad en el almacenaje. Afectaría más al poroto quebrado que a la harina de soja por la poca cantidad de aceite en ésta última. El poroto entero está protegido por su cáscara, en cambio el poroto quebrado expone al ambiente sus nutrientes lábiles. La enzima lipoxigenasa se desactiva por el tostado siendo el factor antinutricional más sensible a la acción térmica.

Las hemoaglutininas aglutinan las células de los glóbulos rojos lo mismo que las lectinas (fitohemoglutina) y ambas también son sensibles al calor como la lipoxigenasa.

El factor antitripsina, identificado como una proteína y también conocida como “inhibidor Kunitz”, por haberla identificado y cristalizado este investigador, anula a la enzima tripsina del jugo pancreático que actúa en el intestino delgado en la digestión de las proteínas, luego de haber sido atacadas por la pepsina. Es el principal antagonista encontrado en el poroto o en la harina de soja crudos.

Los oligosacáridos no digeribles (rafinosa en una presencia del 1,2 % y estaquiosa del 3,9 %), producen flatulencia y diarreas, por fermentación bacteriana en el intestino grueso habiendo pasado por los anteriores órganos digestivos sin ser atacados por falta de enzimas adecuadas a estos carbohidratos. Las bacterias anaeróbicas del intestino grueso degradan los oligosacáridos produciendo algo de metano además de hidrógeno y anhídrido carbónico.

El tostado no desactiva a estos azúcares, pero los animales adultos los toleran más que los lechones, terneros pre-rumiantes, cachorros caninos y otros animales jóvenes. La solución en estos casos es limitar el uso de este alimento a estas edades tempranas.

La extracción de estos oligosacáridos no compensa económicamente el gasto extra en la mayoría de los animales domésticos (sí en el caso de los sustitutos lácteos, por ejemplo). Se está en la búsqueda de un método más económico para lograr separar o anular estos azúcares indigeribles. Probablemente se logre mediante ingeniería genética.

	Copos o "flakes" de soja	
Lavado alcalino, precipitación ácida y resolubilización alcalina	Lavado en solución de alcohol diluido en agua: separación de hidratos de carbono solubles	Molienda
Secado	Secado	-
Proteína de soja, sin antígenos	Concentrado de proteína de soja	Harina de soja
Proteína 86 % Sin factores antinutricionales, ni antígenos: glicinina y "B" conglucina	Proteína 66 %. Sin antitripsina y sin oligosacáridos: estaquiosa y rafinosa (permanecen los antígenos)	Proteína 44 o 50 % Sin factor antitripsina, ureasa (sólo 0,01 a 0,3) ni lipoxigenasa. Permanecen los otros factores antinutricionales

**Tabla 29:** Fraccionamiento de la harina de soja o soja "desgrasada" por extracción por solventes.

El tostado se hace con temperatura de 100°C y humedad entre el 17 y el 20 % y con estas condiciones se destruyen los principales factores antinutricionales. Con temperaturas de 130 a 140° C y humedades del 2,5 a 3 % no hay destrucción por falta de humedad suficiente.

El correcto tostado que inactiva los factores antinutricionales más importantes y además libera a la metionina de una forma ligada, se mide por el nivel de ureasa remanente y esto se hace por colorimetría o por elevación del "pH" con un nivel deseable de 0,20 (entre 0,01 y 0,3 como máximo).

El exceso de tostado produce la destrucción de la lisina o la formación de uniones con la lisina que son inatacables por las enzimas de la digestión. Es más frecuente el defecto de tostado que su exceso, en la harina de soja. La calidad de este alimento depende, a esta altura de su procesamiento, casi totalmente de un buen tostado.

El método de la "actividad ureásica" sirve para detectar un tostado insuficiente, pero es inútil para determinar un sobretostado.

El índice de dispersión o solubilidad de la proteína de la soja (PDI: protein dispersibility index), también evalúa los efectos del tratamiento de tostado (para eliminar el inhibidor de tripsina, ante todo) sobre la calidad de la harina de soja y es útil para verificar un sobretostado.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Cabe destacar que el tostado aumenta la proteína de pasaje o “proteína by pass”, no degradable en el rumen, importante en dietas de vacas lecheras, sobre todo.

Valores de 12 a 30 % de PDI, corresponden a una elevación de pH de 0,05 a 0,3 unidades lo que indica un procesamiento adecuado. Cuando baja de 10 %, el efecto sobre animales jóvenes como lechones es severo, afectando su crecimiento. Entre 10 y 15 % el efecto es suave y con 15 % es aceptable para lechones.

Resumiendo, el valor nutricional de la proteína de la soja puede evaluarse por:

- solubilidad en hidróxido de potasio al 0,2 %, (correlaciona positivamente con el peso vivo logrado en ensayos).
- digestibilidad en solución de pepsina al 0,2 %,
- actividad ureásica,
- análisis de disponibilidad de aminoácidos. Este el mejor método, pero no es práctico para la producción diaria de raciones por el tiempo que involucra llevarlo a cabo.

A continuación, en la Tabla 30 se presentan en forma resumida los resultados de un experimento con pollos parrilleros hasta la cuarta semana de vida, recibiendo cantidades variables de harina de soja sin tostar observando su efecto en el peso vivo y en la conversión.

Harina de soja tostada (%)	Harina de soja cruda (%)	Peso del pollo (g)	Conversión alimento /carne
100	0	223	2,10 a 1
80	20	209	2,18 a 1
60	40	184	2,46 a 1
40	60	176	2,54 a 1
20	80	147	2,80 a 1
0	100	145	2,88 a 1

**Tabla 30:** Efectos en el peso vivo y en la conversión de alimento a carne al incorporar cantidades crecientes de harina de soja cruda.

La disminución de peso y el aumento de la conversión de alimento a carne al utilizar mayores porcentajes de harina de soja cruda muestran claramente el efecto de su incorporación en la dieta de pollos parrilleros. A continuación, se muestran los resultados de un experimento utilizando cerdos para observar el efecto del procesamiento adecuado de las proteínas de soja

En este trabajo también se observa claramente el efecto del tostado correcto y el deterioro resultante de usar harina de soja cruda que causa que los aminoácidos estén en menor disponibilidad. La digestibilidad a nivel del *ileon* es un mejor estimador que la digestibilidad fecal para la determinación de los efectos negativos de los factores antinutricionales.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Aminoácidos:	Harina de soja cruda	Harina de soja tostada	Diferencia
Digestibilidad fecal ( % )			
Lisina	71,9	87,3	15,4
Metionina	61,0	82,5	21,5
Cistina	77,7	87,0	9,3
Treonina	65,2	83,0	17,8
Triptofano	75,4	86,8	11,4
Digestibilidad ileal ( % )			
Lisina	44,2	84,9	40,7
Metionina	46,2	82,0	35,3
Cistina	35,4	74,1	38,7
Treonina	32,2	71,5	39,3
Triptofano	24,8	72,3	47,5

**Tabla 31A:** Digestibilidades fecal e ileal de aminoácidos de harinas de soja cruda y tostada (Vandergrift *et al.*, 1983).

En la tabla 31 B se presentan los datos de la digestibilidad de las proteínas y de ciertos aminoácidos de harinas de soja suministradas a cerdos, que fueron tostadas correctamente, tuvieron un tostado incompleto o fueron sobretostadas. Se puede observar que los efectos del sobretostado son más agresivos que los de tostado insuficiente y esto sucede porque con el excesivo calor adicionalmente son afectados aminoácidos y vitaminas.

Nutrientes:	Fecal			Ileal		
	Tostado Correcto	Tostado Incompleto	Sobretostado	Tostado Correcto	Tostado Incompleto	Sobretostado
Proteína y aminoácidos						
Proteína	90 %	93 %	95 %	83 %	78 %	77 %
Lisina	91 %	94 %	96 %	87 %	84 %	83 %
Metionina+cistina.	88 %	93 %	95 %	81 %	78 %	74 %
Treonina	88 %	92 %	94 %	83 %	78 %	76 %
Triptófano	92 %	92 %	93 %	87 %	80 %	9 %

**Tabla 31 B:** Digestibilidad fecal e ileal en cerdos de harina de soja tostada correctamente, con tostado incompleto y con sobretostado (Sauer & Ozimek, 1986).

Las digestibilidades fecales de las harinas de soja sobre-tostadas e incompletamente tostadas son algunas unidades más altas que las correspondientes a una harina de soja bien tostada, en cambio las digestibilidades de harinas de soja tostadas en forma incorrecta, en el íleon son menores que la digestibilidad de la harina de soja bien tostada.

La parte de la proteína que es digerida en el intestino grueso y que se refleja en las diferencias con la digestibilidad en el íleon, no contribuye a la síntesis de proteína del cerdo.

Los factores antinutricionales de la harina de soja (o del poroto de soja si es el caso) sin tostar reducen la digestión de nutrientes en la primera parte del tracto alimenticio resultando en digestibilidad reducida. En cambio, en el intestino grueso estos efectos disminuyen, pero su aprovechamiento fue menor en la primera parte del aparato digestivo (Hulshof *et al.*, 2017). Por esto la digestibilidad a nivel del íleon refleja mejor el efecto benéfico del tostado correcto. La ganancia diaria de los cerdos, sometidos a estos experimentos, fueron notablemente mayores para los que consumieron harina de soja bien tostada.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Su rol especial en la alimentación merece un comentario. Es el alimento proveedor de proteínas para monogástricos más importante en varios países, el nuestro entre ellos. El porcentaje de incorporación en las distintas raciones depende de su precio en relación con las otras fuentes, pero aún en los casos de menor incorporación ésta es importante.

Por su alto valor biológico, reemplaza a una buena parte de las harinas de pescado y de carne que eran, antes de la participación de la harina de soja, los principales aportes de los aminoácidos críticos (aminoácidos esenciales dietéticos más difíciles de cubrir).

La prevención contra la difusión de la enfermedad encefalomiélitis espongiiforme bovina (también llamada “mal de la vaca loca”) ha ido prohibiendo en el mundo el uso de las proteínas de origen animal en la alimentación de rumiantes y existe la posibilidad de extenderlo a los no rumiantes también. La harina de soja aparece como el principal reemplazante de esas fuentes de proteína.

Cuando se comparan los concentrados proteicos de origen vegetal con los concentrados proteicos de origen animal, una de las diferencias que se observa es la cantidad menor de proteína no degradable en los concentrados de origen vegetal y el cuadro que sigue lo muestra en una selección de alimentos de estos grupos.

Para el análisis de la siguiente tabla tener en cuenta las observaciones destacadas con asteriscos al pie de la misma:

Alimento	Fraccionamiento (o partición) de la proteína, como % del total de la proteína				
	Proteína bruta (%)	Proteína soluble (%)	Proteína degradable (%)	Proteína no degradable (%)	Proteína ligada (%) (**)
Harina de soja 44 %	49	20 (9,8)	72 (35,28)	28 (13,72)	2 (0,98)
Harina de soja 48 %	54,5	20	72	28	2
Poroto de soja crudo	41,1	40	80	20	2,9
Poroto de soja tostado	41,0	16	51	49	4,0
Poroto de soja extrusado	41,0	17	52	48	4,0
Harina de algodón	38,9	15	50	50	3
Semilla de algodón	24	33	55	45	10
Harina. De canola	40	28	77	23	2,5
Harina de girasol (***)	46	30	76	24	2,5
Harina de lino	38,4	41	56	44	7,9
Gluten meal	68,9	4	45	55	5
Harina de pescado	64,5	12	20	80	5
Harina de carne y hueso	47	15	40	60	5
Harina de sangre	98	9,5	18	82	10

(\*) Los valores de proteína bruta (PB) son en base a materia seca (MS).  
 (\*\*) La proteína ligada es proteína insoluble, no aprovechable que se excreta en las heces. La proteína ligada de la harina de soja 44 %, por ejemplo, es el 2 % de 49 % (su proteína bruta, en base a su materia seca) y esto es 0,98 %. Su proteína degradable es el 72 % del 49 %, su proteína total =35,28 % y su proteína no degradable el 28 % del 49 % = 13,72 % (35,28 + 13,72 = 49 %)  
 (\*\*\*) Es harina de girasol de semilla totalmente descascarada.

**Tabla 32:** Fraccionamiento de las proteínas de concentrados proteicos de alta proteína expresados en base a materia seca (Chase & Sniffen, 1989).

Notar el cambio en proteína no degradable cuando el poroto de soja se encuentra procesado respecto de cuando es poroto crudo (49 % versus 20 %). Notar asimismo la diferencia importante en la cantidad de proteína no degradable en las fuentes de proteínas de origen animal respecto de los concentrados de origen vegetal.

Estos valores de las fracciones de proteína son promedios y puede haber algunas diferencias en muestras individuales que no afectarán mayormente los resultados del uso, en casos de formulación de dietas, de esos valores promedios citados en la literatura técnica.

Fuentes de proteína	Eficiencia proteica relativa %	Actividad ureásica (elevación de "ph")
Leche en polvo	100	-
Porotos de soja crudos	30	1,9
Harina de soja cruda	36	1,8
Harina de soja poco tostada	70	0,75
Harina de soja bien tostada	89	0,2
Harina de soja sobretostada	81	0,05

**Tabla 33:** Efecto del procesamiento adecuado de proteínas de soja sobre el valor nutricional de las mismas y comparadas con la proteína de la leche.

Al comparar la proteína de la harina de soja con la de la leche en polvo, de proteína casi perfecta por su valor biológico, encontramos:

Harina de soja	Proteína de 50 %	Proteína de 40 %	Harina de soja	Proteína de 50 %	Proteína de 40 %
Lisina	95 % (*)	76 %	Isoleucina	117 %	94 %
Triptófano	120 %	96 %	Metionina	72 %	57 %
Cistina	160 %	128 %	-	-	-

(\*) significa que con harina de soja de 50 % de proteínas, tiene el 95 % de la lisina de la leche en polvo y si se trata de una harina de soja de 40 % de proteínas tiene el 76 % de la lisina de la leche en polvo.

**Tabla 34:** Comparación del contenido de aminoácidos de harinas de soja de distinto contenido proteico tomando como valor 100 los valores de esos aminoácidos en la leche en polvo.

Siendo la lisina el primer aminoácido faltante en los concentrados energéticos, su valor es tal que, combinando harina de soja con cereales, poco es lo que falta balancear para hacer raciones completas, para aves y cerdos, principalmente.

El nivel de metionina es donde la harina de soja debe suplementarse en la mayoría de las raciones para aves. (La metionina es el principal aminoácido limitante pues las aves necesitan hacer una reposición permanente de las plumas que van perdiendo y las mismas tienen una exigencia alta de aminoácidos azufrados. De no ser por esta circunstancia, la lisina sería, como para los otros animales monogástricos productores de carne, el más crítico).

Las proteínas de referencia son las que se considera que suplen todos los aminoácidos esenciales en las proporciones que necesitan los animales. Es decir, que los aminoácidos suplidos por las proteínas de referencia son completamente utilizados por los animales y no quedan desperdicios. Se ha aceptado que dos proteínas son utilizadas en un 100 %: la

## CONCENTRADOS PROTEICOS

del huevo de gallina y la de la leche materna. Aplicado a la alimentación animal consideraremos la proteína del huevo para juzgar la proteína de la soja:

Aminoácidos:	Proteína del huevo (yema + clara)	Proteína de la soja	% respecto de la proteína del huevo
Treonina	5,1	3,7	73
Triptófano	1,6	1,3	81
Lisina	6,4	6,3	98
Isoleucina	8,8	7,4	84
Leucina	6,6	5,5	83
Metionina + cistina	5,5	2,8	51
Valina	7,3	5,2	71
Fenilalanina+tirosina	10,0	7,9	79

**Tabla 35:** Gramos de aminoácidos de 100 g de proteína de la soja en relación con la proteína del huevo (de Apuntes de la U. de Iowa).

Para valorar la contribución de algunos de los aminoácidos esenciales de la harina de soja se los compara con la harina de pescado (la mejor proteína de origen animal), con las proteínas del huevo y de la carne de ave, frente a la de la fuente más popular en cuanto a provisión de energía en forma de cereal: el grano de maíz.

En la tabla 36 que se encuentra a continuación se presentan los aminoácidos contenidos como porcentajes de la proteína de grano de maíz, harina de soja, harina de pescado, huevo de gallina y carne de pollo.

Aminoácidos %	Aminoácidos contenidos como porcentajes de la proteína				
	Maíz	Harina de soja	Harina de pescado	Huevo de gallina	Carne de pollo
Arginina	5,50	8,30	5,40	6,70	6,70
Lisina	2,75	6,90	7,50	6,90	7,70
Metionina	2,14	1,50 (**)	3,00	3,30	2,40
Cistina	2,25	1,60	1,00	2,30	1,00
Fenilalanina	5,00	5,70	3,70	5,80	4,10
Triptófano	1,00	1,40	1,00	1,60	1,00
Proteína %	(8,50)	(44,00)	(65,00)	(37,50)	(18,00)
Para 100 g de proteína (*)	1176g	227g	153.8g	266.6g	555.5g
<p>Tener en cuenta que donde se indica para 100 g de proteína (*), indica la cantidad del alimento en cuestión para cubrir 100 gramos de proteína. Se destaca la reducida cantidad de harina de pescado con que se cubren los 100 g de proteína de pescado, frente a los 1176 g de maíz grano, en el otro extremo; pero es de notar que, comparativamente, la cantidad de la harina de soja necesaria para el mismo propósito es reducida: 227 g.</p> <p>(**): el valor relativamente bajo de metionina es la parte débil de la harina de soja. El uso tan extendido en el mundo de esta harina en las dietas, sobre todo en monogástricos, ha impulsado la producción de metionina sintética en sus varias formas.</p>					

**Tabla 36:** Contenido de aminoácidos expresados como porcentajes de la proteína de grano de maíz, harina de soja, harina de pescado, huevo de gallina y carne de pollo.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Es de fundamental importancia el recordar cuales son los diez aminoácidos esenciales en la dieta de animales monogástricos y animales rumiantes cuyo rumen no es funcional aún. A continuación, se presenta una regla memotécnica (en idioma inglés) para recordarlos utilizando sus iniciales:

“THAT PILL MV” (“Esa píldora MV”) a partir de los aminoácidos puestos en el siguiente orden:

1.-Treonina	6.-Isoleucina
2.-Histidina	7.-Leucina
3.-Arginina	8.-Lisina
4.-Triptofano	9.-Metionina
5.-Fenilalanina	10.-Valina

Cabe destacar que al formar la palabra PILL se utilizó el nombre de fenilalanina con la ortografía inglesa “*phenylalanine*” y así con la primera letra, “P”, se formó esa palabra.

En la tabla 37 se pueden observar los niveles de distintos aminoácidos presentes en la harina de soja con 44 % de proteína, tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Niveles de aminoácidos de la proteína de la harina de soja:

En gramos por 16 gramos de nitrógeno o 100 g de proteínas (x)

En harina de soja de 44 % de proteínas, hay 44 g de proteína/0.16 = hay 7,04 g de nitrógeno

Arginina 7,72 g -----(7,72 X 7,04) = 54,349

54,349 / 16 %----- = 3,397 (xx)

Aminoácidos	Porcentaje (%)	Cálculo para harina de soja con 44 % PB	Resultado
Lisina	6,65	7,04 x 6,65 y / 16 % (*)	= 2,926
Metionina	1,40	7,04 x 1,40 y / 16 % (**)	= 0,616
Cistina	1,20		= 0,528
Triptófano	1,53		= 0,673
Treonina	3,90		= 1,716
Isoleucina	5,31		= 2,336
Valina	5,34		= 2,350
Histidina	2,33		= 1,025
Tirosina	1,10		= 0,484
Fenilalanina	5,08	5,08 x 7,04 / 16 %	= 2,235
Arginina	7.72	7,04 x 7,72 / 16 %	=3,397

(x): 16g de nitrógeno = 16 x 6.25 = 100g de proteínas;  
 (xx): Los cálculos arriba descriptos se han hecho para mostrar de dónde proceden los valores, pero ya conocido el procedimiento se calculan los valores de aminoácidos directamente multiplicando los gramos de cada aminoácido por el porcentaje, en su expresión decimal, de las proteínas conocidas de la harina de soja. Ej. para lisina (ver el cuadro que sigue):  $6,65 \times 0,44 (=44 \%) = 2,926 \%$ .

**Tabla 37:** Niveles de distintos aminoácidos presentes en la harina de soja con 44 % de proteína.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Harina de soja de 44 % de proteínas =  $44 / 6,25 = 7,04$  g de nitrógeno

(\*) =  $0,665 \times 0,44 = 2,926$ , para lisina; (\*\*\*) =  $0,140 \times 0,44 = 0,616$  para metionina.

Conociendo los gramos de cada aminoácido por 100 g de proteínas o, lo que es lo mismo, por cada 16 gramos de nitrógeno, podemos calcular el porcentaje de cada aminoácido para harina de soja de valores de proteínas distintos de los típicos de 44 % y ajustar mejor en la formulación su contribución en estos aminoácidos esenciales dietéticos.

Por ejemplo, si una planta aceitera entrega consistentemente harina de soja con un valor de proteína (ya sea 43 % o 45 % o 46 %) todo lo que hay que hacer para conocer los aminoácidos totales será multiplicar los gramos de cada aminoácido en 100 gramos de proteína de soja por 0,43 o 0,45 o 0,46, según sea el % de proteína.

Observar en el cuadro que sigue (\*) la digestibilidad del expeller de soja parece ser afectada más que en las harinas de soja y se nota particularmente más en la lisina: 85,6 % versus 92,1 y 92,2 %.

También se puede observar (\*) la calidad de la proteína de los subproductos de la soja la hace un alimento ideal para suplementar el nivel faltante de proteínas para todas las especies domésticas con la precaución de limitar su participación en raciones para animales de poca edad (por los factores antinutricionales de la harina de soja que el tostado no elimina), pero sin limitaciones para su uso en animales adultos (esto, lógicamente, cuando su precio la hace competitiva frente a otras fuentes de proteínas).

Las raciones para aves se hacen en varios países, en el nuestro entre ellos, con granos (maíz especialmente) y con harina de soja, casi con exclusión de otros alimentos (o limitados si se agregan), más la suplementación de su déficit de metionina por vía del uso de metionina sintética o de cantidades reducidas de harina de pescado y harina de carne más la complementación de los niveles de minerales y vitaminas para cada edad y función.

Proteína:	Aminoácidos %	Treonina	Cistina	Metionina	Lisina	Arginina
Harina de Soja de - de 50 % (48,79 %)	Aminoácidos totales	1,92	0,78	0,65	3,05	3,62
	Coefficiente De digestibilidad	90,4	90,4	90,4	92,2	96,2
	Aminoácidos digestibles	1,74	0,70	0,59	2,81	3,49
Harina de Soja de + de 50 % (52,20 %)	Aminoácidos totales	2,09	0,83	0,78	3,28	3,84
	Coefficiente De digestibilidad	89,9	87,3	92,4	92,1	96,4
	Aminoácidos digestibles	1,88	0,72	0,72	3,02	3,70
Expeller de soja (*) (45,67 %)	Aminoácidos totales	1,72	0,60	0,59	2,46	3,24
	Coefficiente De digestibilidad	86,1	82,6	90,9	85,6(*)	95,2
	Aminoácidos digestibles	1,48	0,50	0,54	2,10	3,06

**Tabla 38:** Digestibilidad verdadera de los aminoácidos más importantes de las harinas de soja y de expeller de soja de distintos niveles de proteínas y de producción nacional. (Iglesias *et al.*, 2014).

En cerdos en su primera edad se limita la utilización de harina de soja a no más del 10 al 12 % de la ración para subir más tarde a niveles más altos ya sin limitación desde el punto de vista nutricional y sólo limitado por la competitividad comercial con otras fuentes de proteínas.

En la formulación de substitutos de leche para la alimentación de terneros de tambo, la harina de soja tiene la limitación de la presencia de los azúcares no digeribles y de dos antígenos: glicinina y conglicinina que les causan reacciones alérgicas a los terneros mamonos por lo que no se aconseja su incorporación durante las primeras tres semanas de vida por lo menos. Las vellosidades intestinales se achatan y ensanchan como reacción a estos antígenos y la superficie intestinal de absorción de nutrientes resulta disminuida. El paso intestinal se hace más rápido y el alimento no es totalmente digerido con lo que se producen estados diarreicos (diarreas mecánicas). En lechones también se observa una reacción parecida pero que es de menor intensidad que en los terneros.

Todos estos principios antinutricionales se extraen de la harina de soja para obtener “proteína de soja” con valores de 64 a 68 % de proteínas (tal cual) (Soybean seed protein, IFN 5-08-038) que es usada para producir alimentos para los períodos en que los azúcares indigeribles y los antígenos son un problema en la alimentación animal.

Si bien la harina de soja es una excelente fuente de proteína para el resto de las especies domésticas y no hay limitaciones nutricionales para su uso, suele haber otras fuentes de proteínas más económicas que puedan reemplazarla eventualmente en esas especies.

Por su análisis y difusión, la harina de soja se ha convertido en el concentrado de proteínas vegetales de comparación con el cual se miden los otros concentrados de su grupo y de todas las fuentes de proteínas (animales y vegetales).

Cuando se trata de estimar el valor de uso de la harina de soja en la alimentación de rumiantes con rumen funcional y las otras opciones son urea y algunos subproductos de varias industrias, las equivalencias en kilogramo por tonelada para cubrir los mismos requerimientos que satisface una tonelada de harina de soja se muestran en la tabla 39.

Alimentos:	Concentrados proteicos	Maíz	Urea
Harina de soja	1000 kg	-	-
Gluten meal	268,5 kg (+)	651,5 kg (+)	80 kg (+)
Hez de malta	809.5 kg	114,5	76
Harina de sangre	187 kg	733	80
Harina de carne 60 %PB	390 kg	536,5	73,5

**Tabla 39:** Tabla comparativa de distintos concentrados proteicos que pueden ser utilizados para sustituir una tonelada de harina de soja en la alimentación de rumiantes (Klopfenstein, 1978). Ejemplo: (+) 268.5 kg de gluten meal + 651.5 kg de maíz + 80 kg de urea (total 1000 kg) reemplazan a 1000 kg de harina de soja.

Estas mezclas substituyen a 1000 kg de harina de soja y lo hacen tanto por su valor total de proteínas y energía como por sus proteínas degradables y de “*by pass*”, que en la harina de soja son 76 % y 24 % respectivamente. Si la suma de los precios de los posibles reemplazantes es menor al precio de una tonelada de harina de soja, la reemplazarán en dietas para rumiantes de rumen funcional. Se pueden hacer equivalencias semejantes con otros alimentos según disponibilidad en cada región; estas fueron las disponibles para el investigador en el momento de encarar su experimento.

#### **Poroto de soja, *Glicine max* (soy bean seeds) (IFN 5-04-610)**

El poroto de soja puede darse crudo a rumiantes funcionales pues la actividad ruminal desactiva la acción inhibitoria del factor antitripsina. Este concepto está siendo desafiado cuando se trata de vacunos consumiendo cantidades importantes de ración como es el

## CONCENTRADOS PROTEICOS

caso de vacas lecheras de alta producción (que necesitan más proteína pasante o de “*by pass*”, cosa que produce el tostado) pero en la generalidad de los casos y siempre que no se incluya urea en la ración, el rumiante adulto aprovecha el valor alimenticio del poroto crudo de soja y resulta un buen destino para la producción que, por defectos que bajan su precio (manchada por lluvia, por ejemplo), se puedan valorizar como alimento directo.

Para los monogástricos previo a su suministro se requiere tostar el poroto y en ambos casos (crudos o tostados) aportan además de un valor importante de proteínas (35 %) un nivel de grasa también importante (18 %) y un TND del 87 % es decir más alto que el del grano de maíz.

Puede darse entero a caballos y ovinos, pero debe quebrarse o molerse grueso para los demás animales, procurando no moler una cantidad que se vaya a usar más allá de los cinco días por el efecto del oxígeno actuando sobre el aceite del poroto en contacto con el aire que la enrancia fácilmente actuando sobre las dobles ligaduras de los ácidos grasos que componen el aceite. Un alto contenido de humedad y la temperatura ambiente del verano aceleran este proceso.

Parámetros analizados	Poroto crudo	Poroto tostado
Materia seca	90,0 %	92,0 %
Proteína bruta	42,8 %	42,2 %
Proteína no degradable en rumen	25,0 %	50,0 % *
Grasa	18,8 %	20,0 %
TND	91,0 %	94,0 %
Energía neta lactancia	2,116 Mcal/kg	2,182 Mcal/kg
Carbohidratos no fibrosos	17,9 %	17,7 %

**Tabla 40:** Comparación de los análisis químicos de porotos de soja crudos y tostados (Shaver, 2013).

El uso de porotos de soja en la alimentación de lecheras aumenta algo la grasa butirosa de la leche. Es la forma práctica de agregar lípidos. Su incorporación en la ración debe ser gradual y no incorporar más del 25 % de la ración al final del proceso de acostumbramiento (esta cantidad de porotos significa 4,5 % de grasa (25 x 18 %) en forma de aceite agregada a 100 kg de ración = 25 kg x 18 % de aceite en el poroto = 4,5 kg de grasa en la ración). En cuanto a cantidad de porotos crudos se aconseja no superar los 2,5 kg por vaca, por día (2,5 x 18 % = 450 gramos de aceite) y, quebrados o molidos grueso, no más de cinco días antes de suministrarlos pues la rancidez del aceite expuesta al aire puede crear problemas de palatabilidad.

En la ración con 25 % de porotos de soja con 4,5 kg de aceite, si limitáramos el uso de esa ración para suministrar no más de 450 g de aceite por vaca por día significa un consumo de 10 kg de esa ración cantidad razonable de consumo de una buena lechera. Niveles mayores del 25 % en la ración “cansan” (disminuye la aceptación) y el efecto de la cantidad de aceite es el de frenar la multiplicación de la flora bacteriana y con ello la reducción en la digestión de la fibra con los consiguientes problemas en la conversión de alimento en leche.

La ventaja del poroto de soja tostado sobre el crudo en la alimentación de lecheras es que aumenta el porcentaje de proteínas no degradables en el rumen (o “de pasaje” o de “*by pass*”) hasta un 50 a 65 % de la proteína bruta, lo que da un mejor aprovechamiento

de los aminoácidos de su proteína, es decir que tiende a aumentar la cantidad de proteína que es digerida enzimáticamente en el intestino al cual llega sin ser alterada.

A partir de los tres meses de edad, los terneros pueden aprovechar bien el poroto, pero los animales adultos lo aprovechan mejor.

Los cerdos y aves no pueden aprovechar el poroto crudo, pero tostado, como se hace con la harina de soja, se convierte en una buena fuente de aminoácidos y de más energía que la harina y la decisión de usar harina de soja tostada o porotos tostados es puramente económica, si se cuenta con la maquinaria para permitir su incorporación (tostadora y molidora) cuando no es comprada ya tostada y lista para usar.

En cerdos deberá tenerse en cuenta la influencia que tienen las fuentes de lípidos sobre el tejido graso acumulando “grasa blanda” con el consumo de porotos. Esto limita la cantidad a usar en la alimentación de cerdos para carne. La solución en casos en que los precios de los alimentos sean competitivos es usar una proporción de porotos de soja junto con otra proporción de harina de soja en la misma ración y no tener así grasa blanda en las reses. También se salva el inconveniente de “grasa blanda” suprimiendo el uso de porotos un mes antes de la faena de los animales, tiempo en que la grasa blanda es reemplazada por otra más firme. Esto se hace con cualquier semilla o alimento alto en aceite: semillas de oleaginosas, afrecho de arroz, etc. reemplazándolo por granos de cereales al final del engorde.

Con niveles medianos a altos de porotos de soja, se satisface en gran medida el alto requerimiento de energía y, en su totalidad, el de ácido linoleico de los monogástricos.

Cuando las circunstancias de uso de porotos de soja se combinan con la imposibilidad práctica de tostarlos, es posible usar hasta un 5 % en raciones para ponedoras agregándole 0,75 kg/ton extra de metionina (“extra” quiere decir luego de haber cubierto ya la cantidad nutricionalmente requerida de este aminoácido y que actuará compensando la dificultad de digerir el poroto crudo).

En el caso de cerdos a los que se les suministre porotos crudos, se limitará su uso a los animales adultos anticipándose que habrá un menor rendimiento, pero el menor costo del poroto lo compensará.

Una idea del precio del poroto tostado se tiene con esta fórmula: Debe ser menor que:  $0,82 \times \text{precio de la harina de soja} + 0,18 \times \text{precio del aceite crudo de soja}$ . Estos precios, como el de todos los alimentos se toman puestos en el lugar de su uso y así varían para cada establecimiento.

Otra fórmula que puede utilizarse para calcular el valor del poroto de soja por tonelada, frente a la harina de soja y el maíz es:

Valor:  $0,895 \times (\$S) \text{ harina de soja} + 0,405 \times \$\text{C} \text{ maíz}$ .

$\$S$ : precio de la harina de soja de 44 % de proteína por tonelada.

$\$C$ : precio del maíz en grano por tonelada.

El tostado se hace en forma parecida a tostar la harina de soja llevando los porotos hasta 160°C (320°F) y luego manteniéndolos calientes alrededor de 121°C. (250°F) por 30 minutos y con la misma humedad (17 a 20 %) con que se trata la harina de soja a tostar. El valor de la actividad ureásica debe ser de entre 0,02 y 0,5 y la solubilidad de la proteína del 75 al 85 %.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

El adecuado tostado es de vital importancia para preservar los buenos aportes del poroto y la forma de verificarlo es mediante la prueba conocida como “índice de dispersión proteica” o “PDI” que mide la solubilidad de la proteína. (protein dispersability index)

Un “PDI” de 9 a 11 indica un óptimo tostado  
de 11 a 14: algo faltó de tostado  
más de 14: claramente falta de tostado

Otra forma es la de tostar el poroto por “extrusores”: maquinarias que someten el material tratado con calor húmedo (vapor), en una cámara de acondicionamiento previo para luego someterlo a fuerte presión de un tornillo sin fin dentro de una cámara metálica que genera, por esa presión, una temperatura suficiente para producir la cocción.

Ambos hacen el efecto de destruir el factor antitripsina. Ambos métodos son para una escala industrial y no la de un productor ganadero, por el costo de los equipos.

Se hace notar otra vez que un exceso de porotos de soja en la dieta de cerdos (ya se mencionó esto) puede producir res blanda porque la grasa acumulada es influida en su característica y composición por el aceite del poroto. Esto afecta a los jamones, tocino y panza del cerdo. No tiene efecto sobre el gusto de la carne y se dice que de hecho la mejora.

Llama la atención en la tabla que sigue que el tratamiento del poroto por “extrusado” afecta menos la digestibilidad de los aminoácidos que el tostado del mismo (el método tradicional y anterior a los equipos extrusores).

Proteína	%	Treonina	Cistina	Metionina	Lisina	Arginina
Poroto de Soja (40,29 %) Extrusado	Aminoácidos totales	1,68	0,57	0,68	2,77	3,16
	Coficiente de digestibilidad	87,2	86,0	92,6	92,2	100(*)
	Aminoácidos digestibles	1,46	0,49	0,63	2,55	3,16
Poroto de Soja (38,23 %) Tostado	Aminoácidos totales	1,69	0,58	0,64	2,33	2,76
	Coficiente De digestibilidad	85,1	81,7	86,1	85,6	88,8
	Aminoácidos digestibles	1,43	0,47	0,55	2,00	2,45

**Tabla 41:** Digestibilidad verdadera de los aminoácidos más importantes de porotos de soja extrusado (40,29 % proteína) y poroto tostado al vapor (38,23 % proteína), expresados en base materia seca.

Nutrientes:	Poroto de soja	Harina de soja 44 %	Harina de soja 50 %
Proteína bruta %	35	44	50
Grasa %	18	1,50	0,50
Energía metabolizable kcal/kg	3.430	2.240	2.400

**Tabla 42:** Comparación de proteína, grasa y energía metabolizable para aves, del poroto y de harinas de soja de 44 y 50 % de proteínas.

Combinando poroto de soja con harina de soja en la misma ración, se obtienen beneficios de las ventajas económicas (de la proteína de ambas, de la energía del poroto) y se eliminan los posibles problemas de un exceso de grasa; esto sobre todo en cerdos, pero también en pollos parrilleros. Los trabajos experimentales muestran que raciones isoproteicas e isocalóricas (raciones con el mismo contenido proteico y calórico), formuladas con porotos de soja y con harina de soja dan resultados similares sobre todo si se trata de raciones en comprimidos, porque el prensado (“pelleteado”) mejora el uso de la energía metabolizable y la digestión de la grasa.

#### **Aceite de soja (*soybean oil*, en inglés) (IFN 4-07-983)**

Si bien este producto es un concentrado energético, lo incluimos dentro de este capítulo por ser el principal producto de extracción del poroto de soja, que da lugar a muchos de los subproductos de la soja, casi todos ellos proteicos. El aceite de soja está compuesto por un 80 a 88 % de ácidos grasos insaturados y el resto son ácidos grasos saturados. Los principales ácidos grasos son: oleico 30,5 % del total del extracto etéreo (EE), linoleico 49,1 % y linolénico 6,7 %. Otros ácidos grasos presentes en la fracción grasa del poroto son: palmítico, esteárico, araquidónico y lignocérico cubriendo el restante 13,7 % del aceite.

El contenido de fosfátidos/fosfolípidos es de 1,6 a 3,0 % del poroto y alrededor del 38 % de esas cantidades está compuesto por lecitina ( $38 \times 1,6 = 0,6 \%$ ; a  $38 \times 3,0 = 1,14 \%$ ). Es decir, de 0,6 a 1,14 % de lecitina.

Sobre el aceite obtenido luego de la extracción de los solventes se realiza la separación de mucílagos o fosfátidos/fosfolípidos, principalmente lecitina y cefalina, que son compuestos naturales e inocuos que, si permanecieran en el aceite, serían comestibles y de hecho, la lecitina, presenta muchos usos culinarios en la elaboración de productos como ser galletitas y helados. Tiene además muchos otros usos en varias industrias: farmacológica, cosmética, elaboración de pinturas, curtiembres, etc. Si no se extrae del aceite, la lecitina favorece la digestión y absorción de las grasas y el posterior transporte de los lípidos en la sangre y su metabolismo.

#### **Porotos de descarte (*Phaseolus vulgaris*): por ejemplo: porotos colorados, chicos**

A continuación, se presentan los resultados de la composición química de porotos de descarte en comparación con los porotos de soja.

Nutrientes:	Porotos de descarte	Porotos de soja	Nutrientes	Porotos de Descarte	Porotos de soja
% proteína bruta	23,00	35,00	% arginina	1,60	2,60
% grasa	1,20	18,00	% lisina	1,42	2,22
% fibra bruta	4,00	8,73	% metionina	0,24	0,53
% cenizas	5,00	4,60	% cistina	0,17	0,55
% calcio	0,40	0,25	% triptofano	0,25	1,32
% fósforo	0,19	0,59	% treonina	1,08	1,41
% TND	75,00	81,20	-	-	-

(\*) se trata de un análisis orientativo pues hay muchas variedades de porotos comestibles que se cultivan y en cada caso habrá diferencias en sus análisis y con mayores variaciones al ser descartes. El motivo del descarte puede también alterar los valores de análisis.

**Tabla 43:** Análisis orientativo de porotos de descarte, comparado con porotos de soja (\*), (NRC, 2000).

El análisis de comparación con el poroto de soja es el de un promedio de semillas sanas para dar una idea del valor que pueden tener las variedades de los otros porotos. Las ofertas de porotos de descarte son de cantidades relativamente reducidas y de oferta localizada en las áreas cercanas a sus cultivos. Se trata pues de un alimento de oportunidad para animales, así como lo son las papas, por ejemplo, que no son comercializables (en las áreas paperas) y son una oportunidad para alimentar vacunos y cerdos. Los porotos de descarte son aprovechados por los rumiantes especialmente. Su aprovechamiento por otros animales requiere un tostado previo para anular las “lectinas y glutininas” (hemaglutininas), inhibidoras ambas de las proteasas, que son tóxicas para los monogástricos. También tienen taninos que disminuyen la digestibilidad de la proteína.

El tratamiento del poroto por “extrusión” desactiva los factores antinutricionales y reduce los efectos de los taninos probablemente por quedar ligados a otras sustancias del poroto, haciéndolos inocuos. El análisis químico y las pruebas biológicas son necesarios para evaluar subproductos no típicos.

La extrusión aplasta los porotos generando calor por fricción y rompe vesículas liberando aceite diferenciándose así de la soja quebrada y tostada. Al ser consumido por vacas lecheras se obtiene más leche que el poroto, pero con menos grasa butirosa.

El poroto colorado chico presenta un tenor proteico entre 22 y 26 % PB, con un nivel de aminoácidos azufrados de sólo el 69 % del contenido de poroto de soja; un 16 % menos de lisina y un 9 % menos de treonina que en el poroto de soja. El nivel de lectinas (uno de los factores antinutricionales), es aproximadamente cinco veces más alto que del poroto de soja, pero se eliminan con el tratamiento por calor húmedo, lo mismo sucede con el inhibidor de tripsina (presenta un contenido menor que en el poroto de soja) y con las hemoaglutininas. Carece de ureasa.

Se recomienda la utilización de los porotos de descarte en forma cruda en la alimentación de vacunos o, existiendo la posibilidad de un tratamiento por calor, en la alimentación de cerdos más allá de la edad de lechones. En la práctica, la aparición de cantidades de poroto no utilizable para consumo humano ocurre en cantidades de uso en la vecindad del lugar de su cultivo o a lo sumo del establecimiento acopiador y clasificador de la cosecha y las posibilidades de tener a mano un “extrusor” son muy limitadas por lo que su destino sería, en la mayoría de los casos, la alimentación de vacunos y de cerdos adultos aceptando en este último caso una pérdida de valor nutricional compensada por el valor comercial reducido (precio de oportunidad).

#### **Sojilla (o soybean mill feed)**

Con la difusión del cultivo de soja ha surgido la presencia de un subproducto de la limpieza del poroto de soja: llamado “sojilla”, que contiene pedazos de porotos quebrados, porotos chicos, deformes (llamados “la cola del molino”) y cantidades variables de semillas de malezas principalmente de semillas de chamico y malva, entre otras. Como se trata de un material de limpieza y descartes puede variar mucho su análisis. Esto hace necesario un análisis químico de cada partida a usar. Como orientación se menciona un contenido proteico de alrededor del 13 %, grasa: 12 %, FDA: 20 % y FDN: 30 %. Estos valores son sólo una guía orientativa de lo que podría ser su contribución ante una oferta de este material, para confirmarse con un análisis antes de su uso. La presencia de semillas de malezas trae aparejado diversos aspectos a tener en cuenta: la posibilidad de introducir malezas en campos libres y la presencia de sustancias tóxicas en las semillas de

malezas propiamente dichas que puedan limitar la producción. La presencia de chamico le quita valor alimenticio y limita su aprovechamiento en raciones para aves, sobre todo. Su aprovechamiento está indicado para animales adultos, limitando su uso a alrededor del 15 – 20 % de la ración dependiendo de la cantidad de semilla de malezas presentes y siempre molido para evitar que las malezas, buena parte de las cuales pasen enteras por el tracto gastro intestinal sin ser digeridas, germinen e invadan el cultivo siguiente. Es más un alimento para vacunos y para cerdos adultos.

#### **Cáscara de soja (*soybean hulls* en inglés) (IFN 1-04-560)**

Es la cobertura externa del poroto obtenida cuando se produce harina de soja de 50 % de proteína en lugar de la habitual de 44 %. Para obtener la harina de soja de 50 % hay que descascarar el poroto. Es otro alimento de “oportunidad” es decir aprovechable como varios otros, en lo que significa su aporte de la energía y nutrientes que pueda ofrecer y generalmente a un costo ventajoso cuando se suma su precio y el flete al lugar de uso. Ya se mencionaron sus características principales al mencionar otros reemplazantes de forrajes. Su fibra es muy fermentable en el rumen.

#### **Harina de algodón, *Gossypium hirsutum* (*cotton seed meal*, en inglés) (IFN 5-07-872)**

La harina de algodón es el subproducto que resulta de la molienda y extracción por solvente, o por pre prensado y extracción por solvente, del aceite de la semilla de algodón que previamente se ha separado de la fibra textil (fibra larga; no de la fibra corta o “linter” que la cubría y que permanece adherida a la cáscara). Este subproducto en EE. UU. se comercializa con 41 % de proteína, descascarado con menos cáscara de lo que es habitual en nuestra producción, en la que presenta 30-34 % de proteínas por la presencia de más cáscara.

En la tabla 44 se observan los porcentajes de las fracciones obtenidas al procesar 100 kg de semilla de algodón:

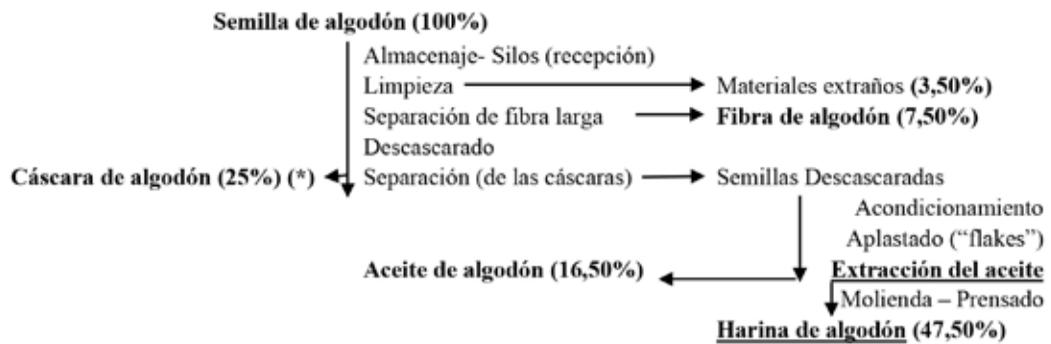
Materiales extraños	3,50 %	Aceite de algodón	16,50 %
Fibra de algodón (linter)	7,50 %	Harina de algodón	47,50 % (*)
Cáscaras	25,00 % (*)	Total	100
(*) Existen harinas de algodón con distintos valores de proteínas según la porción de cáscara que se haya separado de la semilla. Por eso se pueden encontrar en el mercado, harinas de 40 %, 36 %, 30 % de proteína bruta y menos aún y en cada caso corresponden niveles crecientes de fibra que van del 11 % hasta el 18-20 % y aún más, respectivamente.			

**Tabla 44:** Fracciones obtenidas del procesamiento de 100 kg de semilla de algodón en porcentaje.

Como en el caso de la harina de girasol argentina, la harina de algodón también es de alta fibra al compararla con los análisis químicos de las harinas de otros países. Se debe tener en cuenta esta circunstancia al utilizar literatura/información de origen extranjero comentando sus características y usos. La información suministrada respecto a la presencia de gossypol, en cambio, y otros compuestos del algodón es de aplicación a los algodones argentinos y sus subproductos.

En la figura 5 que sigue se muestra el procesamiento de la semilla de algodón para la extracción del aceite y la obtención de la harina de algodón.

## CONCENTRADOS PROTEICOS



(\*) Estos valores se obtienen al separar totalmente la cáscara, pero en la forma en que se procesa en Argentina, la separación de cáscaras es parcial, entonces la proporción de las mismas es menor al 25 % de cáscara y la de harina mayor a 47,5 % (lo que se reduce de cáscara queda en la harina).

**Figura 5:** Diagrama del procesamiento de la semilla de algodón para extraer el aceite y obtener su harina.

Por cada kilogramo de fibra textil de algodón producida, se obtienen:

0,800 kg. de harina de algodón  
0,150 kg de aceite.

En la tabla 45 se presentan los productos y subproductos obtenidos a partir de una tonelada de semilla de algodón tratada por “pre-prensado y solvente” (en kilogramos, expresados tal cual, con su humedad) según la Asociación americana del algodón:

Productos y subproductos	Cantidad	Rango	Subproductos	Cantidad	Rango
Aceite	165 kg	150 a 175	Linter o “borra”	75	-
Harina de algodón	475 (*)	450 a 490	Merma (**)	35	35 a 42,5
Cáscaras	250	237,5 a 250	-	-	-

(\*) Estas cantidades se obtienen al producir una harina de 41 % de proteína, con una separación de cáscaras que no se hace habitualmente en la Argentina. Así como se mencionara anteriormente las harinas de algodón argentinas presentarán valores del orden de 34 % de proteína y mayor porcentaje de cáscara; sin encontrar diferencias significativas respecto a los otros valores.

(\*\*) Se trata de materiales extraños: restos vegetales (partes de las plantas de algodón), malezas, tierra, que el proceso de cosecha y manipuleo posterior no pueden evitar.

**Tabla 45:** Productos y subproductos obtenidos a partir de una tonelada de semilla de algodón tratada por “pre-prensado y solvente” (en kilogramos, expresados tal cual, con su humedad).

Según sea el proceso usado en la extracción de aceite, el subproducto resultante tendrá distintas características en cuanto a calidad de la proteína, nivel de gossypol (un pigmento) y contenido de energía. Es por esto importante identificar el proceso al que se sometió la semilla para orientarse respecto de las características y del uso adecuado del subproducto.

En la tabla que sigue se presenta la composición química esperada de dos harinas de algodón en base a alimento tal cual, obsérvese que el efecto de la fibra se hace notar en la reducción del nivel de energía y proteínas (consecuentemente en el nivel de los aminoácidos). El “linter” o “borra” que cubre la semilla aporta a este valor alto de fibra, siendo este linter de fácil digestión por ser celulosa casi pura.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Parámetro	Harina de algodón de procedencia americana (EE. UU.)	Harina de algodón de procedencia local
Humedad	9,5 %	9,5 %
Proteína bruta	40,0 %	34,0 % (*)
Grasa	1,5 %	1,5 %
Fibra bruta	12,0 %	18,0 % (*)
Cenizas	7,0 %	6,80 %
Calcio	0,15 %	0,13 %
Fósforo	1,15 %	1,05 %
TND	70,0 %	60,0 % (*)

**Tabla 46:** Composición química proximal de una harina de algodón de procedencia americana y una harina de algodón de procedencia local expresadas en base a alimento tal cual.

En la Tabla 47 se observa la composición química de diversas harinas argentinas obtenidas luego de la extracción de aceite de los granos de distintos cultivares, en comparación con la harina de algodón. En los datos de la harina de algodón, las cifras entre paréntesis corresponden a valores orientativos de harina de algodón con cáscara (producción local), que hace aumentar la fibra notablemente y reducir, en consecuencia, la energía y los otros nutrientes. Cabe destacar que también en la harina de girasol se observa la influencia del contenido de cáscara ya que en buena medida pasa al subproducto (no se descascara suficientemente la semilla antes de extraerle el aceite).

Parámetro analizado:	Harina de soja (%)	Harina de girasol (%)	Harina de maní (%)	Harina de algodón (%)	Harina de colza (%)
Materia seca	88,00	90,00	91,00	91,00	89,00
Proteína bruta	44	29,50	49,20	41(33)	35,20
Grasa	1,80	1,80	1,40	1,40	1,80
Fibra bruta	6,50	26,50 (*)	10,00	13,00 (22)	11,70
Cenizas	6,00	6,22	5,40	6,40	7,00
Calcio	0,30	0,35	0,16	0,20	0,75
Fósforo total	0,62	0,90	0,60	1,00	1,10
Fósforo inorgánico	0,30	0,45	0,26	0,40	0,22
Lisina	2,70 (*)	1,07	1,70	1,72 (1,50)	1,97
Metionina	0,59	0,73 (*)	0,49	0,59 (0,46)	0,76 (*)
Metionina + cistina	1,27	1,26	1,18	1,24 (1,14)	1,73 (*)
Triptofano	0,57	0,38	0,49	0,49 (0,42)	0,43
Treonina	1,67	1,06	1,33	1,39 (1,15)	1,57
Energía metabolizable aves (kcal/kg)	2420	1975	2825	1945 (1600)	1580
Energía metabolizable cerdos (kcal/kg)	3135	2000 (*)	3295	2225 (2100)	2815

(\*) tomar nota de todos los valores destacados y compararlos en las mismas líneas que corresponden a las otras harinas en el cuadro que antecede.

**Tabla 47:** Comparación de las harinas obtenidas de cinco especies oleaginosas cultivadas en la Argentina. En los datos correspondientes a la harina de algodón se presentan los valores promedio de las harinas de origen americano (EE. UU.) y entre paréntesis los valores de las harinas de algodón argentinas.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

La presencia de las cáscaras tiene gran influencia sobre el contenido de proteína total ya que las cáscaras tienen entre 5 y 10 % de proteínas mientras que la harina de semilla totalmente descascarada tiene hasta 55 % de proteínas.

El color de la harina de algodón es de un “amarillo amarronado”. Se prefieren las de un color tendiendo al amarillo o marrón en lugar de marrón oscuro que indicaría un almacenamiento muy prolongado porque el color se acentúa con el tiempo. Un marrón oscuro también puede indicar un sobre calentamiento durante el proceso de extracción del aceite.

El olor y/o sabor son agradables que recuerdan a un gusto a nuez. Dado que existe una variación importante en el contenido de aceite, de fibra, humedad y proteína en los subproductos de la extracción de aceite de la semilla de algodón, la energía metabolizable también está sujeta a importantes variaciones.

A continuación, se presenta una ecuación para estimar el aporte de energía metabolizable para las aves (EMaves) de estos subproductos:

Energía Metabolizable de estos Subproductos:

$$\begin{aligned} \text{EMaves} &= 23,9 \times (0,8898 \times \% \text{ materia seca (MS)} + 1,972 \times \% \text{ aceite} - 1,291 \times \% \text{ fibra}) \\ &\text{asumiendo que la MS es del} \quad 91,50 \% \\ &\text{el contenido de aceite:} \quad 1,50 \% \\ &\text{la cantidad de fibra} \quad 15,00 \% \end{aligned}$$

El cálculo de la EM de esta muestra será:

$$\begin{aligned} \text{EM aves} &= 23,9 \times [(0,8898 \times 91,50 + (1,977 \times 1,50) - 1,291 \times 15,00)] = \\ &= 23,9 \times \{(81,42 + 2,966 - 19,37)\} = 23,9 \times 65,01 = \\ &= 1553,74 \text{ kcal/kg} \end{aligned}$$

La semilla de algodón contiene un pigmento natural, entre amarillo y virando a colorado / marrón que es tóxico para los monogástricos y rumiantes, sobre todo los más jóvenes; y es proveniente de las glándulas de pigmentos (polifenólicos) de las semillas y es llamado “gossypol” derivado del nombre técnico del algodón: *Gossypium*.

Su participación varía entre 0,01 y 2,35 % de gossypol “total” respecto del peso de las semillas enteras y esa variación depende de la variedad a la que pertenece la semilla. Existen variedades llamadas “sin glándulas” pero aun éstas tienen algo de gossypol (0,01 a 0,07 %). Las variedades sin glándulas de gossypol son más sensibles al ataque de algunas de las plagas que sufre esta especie en su cultivo. El gossypol actúa entonces como defensa natural ante esas plagas.

Es una toxina acumulativa que puede afectar varios tejidos. Cuando se suministra en forma continuada a las especies animales sensibles, comúnmente causa, eventualmente, mortandad por falla cardíaca. Es mucho menos tóxica para los rumiantes que para los monogástricos y es más tolerable para los animales adultos que para los jóvenes.

El gossypol es un compuesto polifenólico. Es insoluble en agua, pero soluble en lípidos. Reacciona fuertemente con metales, grupos amino, y otros reactivos. Dada esta naturaleza reactiva, mucho del gossypol que se encuentra en la semilla del algodón, está fuertemente ligado, entre otros, al aminoácido lisina y así ligado no es de significancia biológica ya que pasa por el tracto digestivo sin causar daño. La ligazón entre el gossypol y el grupo “épsilon” de la lisina no es destruida por la actividad enzimática secretada más allá del abomaso. Pero algo del gossypol permanece libre, es decir no ligado y éste es el

que produce daño. El gossypol que queda ligado a la lisina reduce el valor nutritivo de la harina de algodón para los monogástricos por secuestrar ese aminoácido.

El gossypol “libre” (la forma tóxica del gossypol) es el que preocupa en los subproductos de la semilla de algodón y en la misma semilla cuando se usa entera, como alimento animal.

Cuando en la extracción del aceite interviene la prensa continua, el contenido de gossypol del subproducto es menor que cuando el aceite es extraído sólo por acción del solvente porque en este caso no rompe tantas glándulas productoras de gossypol y éste queda en el subproducto. La acción de la presión rompe más glándulas y el gossypol se va en mayor proporción con el aceite que después se libera del mismo en el refinado del aceite. El prensado disminuye el gossypol libre en un 70 % respecto de su presencia en la semilla y un 48 % en la harina de algodón resultante de la extracción del aceite. El prensado genera calor y éste contribuye a disminuir el contenido de gossypol.

Los síntomas de envenenamiento por gossypol son similares al de una neumonía excepto que la acumulación de fluidos se desarrolla en la cavidad abdominal y no en los pulmones, lo cual es típico de un envenenamiento. En el caso de las vacas lecheras el gossypol no aparece en la leche en cambio las aflatoxinas, micotoxinas que son frecuentes en el algodón, llegan a la leche en forma de aflatoxina M (M, de milk: leche).

El “stress” de calor por altas temperaturas (con aumento del ritmo respiratorio), la presencia de una enfermedad o el amontonamiento de los animales (casos de engorde a corral) también pueden predisponer para que haya síntomas de toxicidad por gossypol libre.

En terneros se nota la toxicidad con niveles entre 0,027 y 0,04 % de gossypol libre (270 a 400 ppm) y con niveles de 0,08 % (800 ppm) durante varias semanas (7 a 9 semanas) se producen mortandades de los terneros.

Tipo de gossypol	Por presión continua	Por pre-prensado y solvente	Extracción por solvente
Libre	0,04 %	0,05 %	0,3 % (*)
Total	1,02	1,13	1,04

(\*) Es el valor más alto de Gossypol libre: 3000 ppm (que es el peligroso).

**Tabla 48:** Porcentaje de gossypol presente en la harina de algodón según el sistema de extracción de aceite utilizado.

Los procesos más modernos de extracción de aceite de algodón se hacen con un prensado previo al tratamiento por solvente (pre-prensado y solvente) y así el subproducto que fue exprimido mecánicamente, tendrá menos gossypol que si fuera tratado sólo por solvente.

Conocer cómo se ha originado el subproducto es importante para que el usuario pueda prever el resultado de su utilización. Conocer el origen de lo que se compra, conocer el proveedor, es una norma. (“know the source”: “conozca el origen”). El “origen”, es el consejo fundamental, que no tiene fronteras. Este consejo, visto desde su aspecto positivo, actúa en favor de los que hacen las cosas bien y nos protege de los que necesitan mejorar sus procedimientos.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Semilla intacta	0,50 a 0,80 % <	< (es gossypol libre)
Método hidráulico	0,04 a 0,10 %	torta de algodón
Método de presión continua	0,02 a 0,05 %	expeller de algodón
Método por solvente directo	0,10 a 0,50 %	harina de algodón
Método por solvente sobre prensado	0,02 a 0,07 %	harina de algodón
Método por solvente sobre expandido(x)	0,06 a 0,21 %	harina de algodón
->	gossypol total	<-
Harina de algodón	0,80 a 1,40 %	-
Semillas intactas	0,50 a 2,35(*)	Es total y libre en este caso
(x): o extrusado. (*) como la semilla está intacta, el gossypol total es también libre. Los tratamientos disminuyen el contenido de gossypol libre (el peligroso) por eso los métodos de tratamiento acusan diferencias respecto de la semilla intacta.		

**Tabla 49:** Contenido orientativo de gossypol libre en harina de algodón según el método de procesamiento de la semilla para la obtención de aceite (Berardi & Godblat, 1980; Calhun & Holmberg, 1991).

Una harina de algodón puede tener un gossypol total mayor que la semilla que lo originó pero el contenido de gossypol libre es mucho más bajo.

En la tabla 50 se muestra la composición química de harinas de algodón obtenidas utilizando tres procesos de obtención de aceite distintos trabajando con semillas previamente descascaradas para observar las diferencias al utilizar estos métodos, extracción por prensa continua (expeller), por solvente y por pre prensado y solvente posterior sobre semillas de un mismo lote:

Parámetros analizados	Pre prensado - solvente		Prensado solo (*)		Sólo solvente	
Materia seca %	89,90		91,40		90,40	
Cenizas %	6,40		6,20		6,40	
Fibra bruta %	13,60		13,50		12,40	
Grasa %	0,58		3,72		1,51	
Proteína bruta %	41,40		41,00		41,40	
Gossypol libre %	0,05		0,04		0,30	
Gossypol total %	1,13		1,02		1,04	
Solubilidad de nitrógeno %	54,40		36,80		69,40	
Lisina %	1,71	(4,06)	1,59	(3,82)	1,76	(4,22)
Treonina %	1,32	(3,08)	1,30	(3,12)	1,34	(3,20)
Metionina + cistina %	1,16	(2,72)	1,14	(2,65)	1,13	(2,68)
Triptofano %	0,47	(1,07)	0,50	(1,18)	0,52	(1,21)
EMetabolizable aves kcal/ kg	2.398		2.486		2.420	
EMetabolizable cerdos kcal/kg	2.596		2.684		2.618	
(*) este subproducto es un expeller y no una harina de algodón; notar la mayor cantidad de grasa. Notar así las diferencias en el contenido de grasa que corresponden al tratamiento a que fueron sometidas las semillas.						

**Tabla 50:** Composición química de harinas de algodón obtenidas por extracción por prensa continua (expeller), por solvente y por pre prensado y solvente posterior.

Los niveles de gossypoles libre y total también son consecuencia de haber sido más o menos aplastadas las glándulas que eliminan gossypol y se aprecia que el método de extracción por solvente hace que la harina resultante tenga más gossypol libre que en el expeller por rotura de glándulas.

Las diferencias entre los valores de solubilidad del nitrógeno (en solución al 0,02 % de hidróxido de sodio) son consecuencias de los tratamientos por calor que, según la intensidad del mismo, hace que más o menos proteína sea digerida en el abomaso (de pasaje o “*by pass*”) y no en el rumen.

Los niveles de energía reflejan la mayor presencia de grasa en el expeller respecto de las harinas y son expresados en base a materia seca.

Los valores entre paréntesis de los aminoácidos (AA) representan los valores de cada AA en porcentaje de la proteína. Para uso en formulación con un factor de seguridad los porcentajes de AA se presentan con una reducción de un ½ de la desviación estándar. En cambio, los valores para gossypol están aumentados en un ½ de la desviación estándar por el mismo motivo.

Obsérvese, en mayor proporción, los valores de los AA de la harina obtenida solamente por extracción sólo con solvente (las de mejor calidad de proteína para monogástricos) son más altos que los de los otros tratamientos (por no sufrir el calor de los otros procesamientos). Los AA azufrados hacen excepción a esta tendencia aunque quizá no sea significativa la misma. Queda como condición para su aprovechamiento reducir el efecto de su mayor contenido de gossypol.

La tolerancia al gossypol depende de la especie y edad del animal. Los animales de más edad son menos sensibles a sus efectos y las aves son más resistentes que los cerdos. La toxicidad del gossypol o sus efectos adversos no afectan a los rumiantes con rumen funcional cuando no se usa más de 8 % de harina de algodón en el total de la materia seca de vacunos adultos (novillos, vacas de cría o lecheras) (ver tabla 51).

Estado de desarrollo del rumen	Edad en Semanas	Nivel En la dieta	mg / kg de Peso vivo por día
Pre-rumiante	0 a 3	100 ppm	2,42
Transición (*)	3 a 8	200 ppm	5,07
Funcional post-destete	8 a 24	200 ppm	7,93
Funcional adulto (**)	+ de 24	600 ppm	14,99
Reproductores machos	-	200 ppm	-

(\*) transición entre no rumiante y rumiante, hasta que empieza a comer alimento seco.  
 (\*\*) este nivel es considerado seguro para hembras reproductoras. Para los toros el nivel de seguridad es menor. La edad tiene un efecto pronunciado en cuanto a la tolerancia al gossypol excepto para el caso de los toros reproductores.

**Tabla 51:** Niveles de gossypol “libre” aceptables recomendados para rumiantes (Singh *et al.*, 2015).

El agregado de sulfato ferroso heptahidratado (con 20 % a 21 % de hierro) o de sulfato ferroso monohidratado (con 30 % de hierro), incorporado en la proporción de una parte de hierro por cada parte de gossypol libre, previene los problemas de toxicidad en pollos parrilleros cuando el contenido de gossypol libre supera las toleradas 150 ppm (0,015 %) y puede subir entonces hasta 400 ppm (0,04 %). El excremento de parrilleros consumiendo entre 5 y 10 % de harina de algodón en la dieta se oscurece y se torna pegajoso lo que es

un inconveniente para la cama del galpón y el plumaje de los pollos. Con mayores niveles de gossypol se presentan síntomas de toxicidad, aunque se los pretendiera anular con sales de hierro. Los efectos serán: depresión del crecimiento y menor consumo de alimento.

En gallinas ponedoras, produciendo pérdida de peso y una decoloración de las yemas de los huevos hacia un tono metálico, en cambio, la tolerancia de gossypol libre es de sólo 20 ppm (0,002 %) y se pueden llevar hasta 150 ppm si se agregan sales de hierro en la siguiente proporción, esta vez, de “4” partes de hierro por cada parte de gossypol libre. Notar la diferencia con los pollos parrilleros.

Ejemplo de tratamiento del gossypol con sales de hierro (Fe) para una ración para pollos parrilleros:

Utilizando una harina de algodón con 170 g de gossypol libre por tonelada = 0,0170 % o 170 ppm.

Se necesitarán 170 g de hierro/ton de harina de algodón. Usando sulfato ferroso monohidratado (posee 32 % de Fe): 170 g de Fe que se necesitan / 320 g de Fe en cada kg de sulfato de Fe = 0,531 kg de sulfato de Fe monohidratado por tonelada de harina de algodón para ligar (anular) esa cantidad de gossypol libre.

En caso de usar sulfato ferroso pentahidratado (que contiene 20 % de Fe): Será  $170 / 200 = 0,850$  de este sulfato por tonelada de harina de algodón.

El agregado de sales de hierro se hace a la harina de algodón antes de incorporarla a la ración a preparar. Favorece la acción ligante de las sales de hierro un medio alcalino para lo cual se aconseja agregar también 1 % de hidróxido de calcio (10 kg por tonelada). La contribución de calcio del hidróxido (51 %) se tendrá en cuenta como aporte de ese mineral en la ración.

Existen publicaciones que relacionan una mayor presencia de amoníaco en el rumen con un aumento de la absorción del gossypol. Esto indica que no es conveniente la presencia de altos niveles de gossypol coincidiendo con un elevado porcentaje de proteína degradable en el rumen o con urea en la dieta.

En caso de no poder conocerse el nivel de gossypol libre conviene asumir la presencia de un nivel alto (400 mg por kg) y agregar la correspondiente sal de hierro para neutralizarlo. En aves de postura, el gossypol libre (con más de 0,005 % = 50 ppm) provoca, como ya se mencionó, una decoloración de la yema del huevo cambiándola a un tono metálico cuando se almacenan por unas cuatro a más semanas. Cuanto más gossypol libre haya en la ración, más corto el período en que se producirá la decoloración. Este es un problema que se nota en huevos de frigorífico donde permanecen refrigerados desde varias semanas hasta algunos meses.

Otro elemento indeseable para la producción de huevos aparece en el aceite de algodón, se trata de ácidos grasos del grupo “ciclopropenóides”. Son dos ácidos grasos del aceite crudo de algodón: ácido estercúlico y ácido malválico. Ambos contienen un radical ciclopropelineno en sus estructuras que es responsable de la aparición de un tono rosado indeseable en la clara de los huevos y un depósito mayor de ácidos esteárico y palmítico en los depósitos grasos (yemas y grasa del cuerpo). La forma de actuar es la de alterar la permeabilidad de la membrana vitelina que envuelve la yema de los huevos causando una pérdida de contenido que tiñe el albumen (la clara) y afecta a la incubabilidad de los huevos fértiles. Estos ácidos grasos no han mostrado tener efectos adversos sobre el desempeño de pollos parrilleros ni sobre pollas en crianza.

Para evitar la coloración de la clara del huevo en huevos de consumo y la disminución de la incubabilidad de los huevos fértiles de aves consumiendo harina de algodón, hay que evitar la presencia de más de 0,5 % de aceite residual presente en la ración aportada por la harina de algodón: 2 a 4 mg / ave / día de ácidos grasos ciclopropenoides.

Pareciera que con tantas precauciones que hay que tomar con este alimento para su uso, debiera descartarse su incorporación, pero en las zonas algodonerías y hasta donde el flete lo permite, suele ser de costo competitivo como para incorporarlo hasta donde sea una contribución alimenticia ventajosa sin que sus desventajas actúen negativamente. Por esto, haciendo uso de las limitaciones derivadas del contenido de gossypol libre, de su proteína de relativamente baja calidad y de los ácidos grasos dañinos, existen posibilidades variables, según especie y edad, para un aprovechamiento. Esto vale para todos los alimentos en que hay que tener en cuenta limitaciones a sus usos para aprovechar las bondades y sus precios de oportunidad.

En adición a este efecto indeseable y dependiendo de la concentración de estos ácidos grasos en la ración de aves reproductoras, causan alta mortandad embrionaria durante la incubación de sus huevos fértiles.

Para cerdos, la presencia de gossypol libre en exceso de 100 mg por kg (0,01 % o 100 ppm) puede reducir la performance y poner a la salud de los animales en riesgo o provocar daños en su capacidad reproductiva.

En base al nivel de energía metabolizable y de aminoácidos en competencia con otras fuentes de proteínas, el límite de uso en alimentos para cerdos estará alrededor de 5 a 8 % en alimentos para cerdos en crecimiento y terminación y no más de 5 % para cerdas reproductoras y nada en alimentos para lechones. Todo esto controlando la presencia de gossypol libre (menos de 0,04 % en la harina de algodón o 400 ppm y menos de 0,01 % o 100 ppm, en el alimento final formulado).

La acción tóxica del gossypol se expresa en los cerdos con disminución en las ganancias de peso y esto sucede cuando el nivel de gossypol libre se acerca a las 100 ppm (0,01 %). Es decir que una harina de algodón con 0,01 % de gossypol libre, sólo puede usarse en este caso, a un nivel del 10 % en una ración para cerdos. Comparar este nivel con la mayor tolerancia de las aves.

El alto nivel de fibra de la harina de algodón local pone otro límite al uso de la misma en monogástricos sobre todo en animales de pocas semanas de vida.

Animal en producción:	Consumo de gossypol libre en ppm	Máximo consumo de gossypol libre con sales de hierro
Pollos parrilleros	100 – 150	400 ppm (1 a 2 ppm Fe:1 ppm de gossypol libre) (1) y (3)
Gallinas ponedoras	50	150 ppm (4 ppm Fe:1 ppm gossypol libre) (1)
Cerdos adultos	100	400 ppm (1 ppm Fe.:1 ppm gossypol libre) (2)

(1) y (3) referencia de Waldroup, 1981. Notar que para parrilleros propone 1 a 2 ppm de Fe por 1 ppm de gossypol libre. Otros investigadores mencionan sólo 1 ppm de Fe:1 ppm gossypol. Arkansas es un estado con oferta económica de algodón y sus subproductos y uno de los de mayor producción de pollos parrilleros.  
 (2) referencia de Tanksley *et al.*, 1981. (Texas es el mayor productor de algodón de EE. UU.).

**Tabla 52:** Niveles de tolerancia aceptados de gossypol libre en aves y cerdos, cuadro resumen.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

En resumen, el uso de harina de algodón en la mayoría de los monogástricos está frecuentemente influido más por la fibra, energía y niveles de aminoácidos relativamente bajos que por su nivel de gossypol que se puede anular con las sales de hierro.

Contrariamente a lo que pasa con la harina de soja, la proteína del algodón no mejora por efectos del calor y es así que la proteína del tratamiento por solvente es de mejor calidad que la de la extracción por presión, por no haber sido calentada como lo hace la fricción de la prensa continua (pero está el problema de un mayor contenido de gossypol en la harina procesada únicamente por solventes).

El aminoácido más afectado por el calor es la lisina (el más crítico de los aminoácidos esenciales dietéticos) que ya es deficiente en este subproducto y además también se encuentra sujeto a la formación de complejos no digeribles con el gossypol y con hidratos de carbono por sobrecalentamiento produciendo la reacción de Maillard, o “browning” - amarronado intenso.

No teniendo acceso a información de análisis de aminoácidos por servicio de un laboratorio, es posible deducirlos por ecuaciones de regresión a partir del valor de proteína cruda (ver Tabla 53):

% de metionina	% de proteína x 0,0127 + 0,153	(r=0,87)
% de metionina + cistina:	% de proteína x 0,0323 + 0,04	(r=0,93)
% de lisina	% de proteína x 0,0364 + 0,158	(r=0,88)
% de treonina	% de proteína x 0,0291 + 0,142	(r=0,94)
% de arginina	% de proteína x 0,1157 - 0,466	(r=0,96)

**Tabla 53:** Ecuaciones para la estimación de los porcentajes de aminoácidos presentes en harinas de algodón.

A continuación, en la tabla 54 se puede observar la composición en aminoácidos de una harina de algodón de 36 % de proteína y de una harina de soja de 44 % de proteínas.

Los vacunos adultos toleran hasta 8 kg de harina de algodón por cabeza y por día y no más de 3,6 kg por cabeza y por día si se trata de semilla entera de algodón, con “linter” o borra (fibra corta de la semilla ya despojada de la fibra larga textil, pero manteniendo la fibra corta). En términos de gossypol libre, no debe suministrarse más de 24 gramos, por vaca, por día (sobre todo en lecheras) para poder evitar su acumulación tóxica.

Nutrientes:	Harina de algodón de 36 % PB	Harina de soja de 44 % PB
Arginina %	3,95	(3,397)
Lisina %	1,50 (4,22)	(2,926) (*)
Metionina %	0,48 (1,22)	(0,616)
Metionina + cistina %	1,11	(1,144)
Treonina %	1,13 (3,20)	(1,716)
Triptofano %	0,41 (1,21)	(0,673)
Cistina %	0,48 (1,46)	(0,528)
Los valores entre paréntesis representan los porcentajes de cada AA en la proteína de la harina de algodón o “gramos por 16 gramos de nitrógeno”, (menos ½ desviación estándar) (NRC, 1994).		
(*) notar la importante diferencia del valor de lisina entre ambos alimentos: 2,926 % vs. 1,50 %		

**Tabla 54:** Composición en aminoácidos de una harina de algodón de 36 % de proteína y de una harina de soja de 44 % de proteínas.

El calor generado por el procesamiento para extraer el aceite de la semilla hace que parte de la proteína no sea digerida en el rumen con lo que no se incorporan esos aminoácidos a la proteína microbiana.

Proteínas:	Expeller	Harina con pre – prensado/solvente	Harina sólo con solvente
Proteína degradable en rumen	37	60	60
Proteína no degradable en rumen	63	40	40

**Tabla 55:** Total de proteína degradable en rumen y no degradable en rumen o by pass de expeller de algodón, y de harinas de algodón obtenidas con pre-prensado y solvente y con extracción con solvente únicamente.

El gossypol no aparece en la leche de vacas consumiendo harina de algodón o semilla de algodón como sí sucede con la aflatoxina M.

En cuanto a los terneros, la cantidad de harina de algodón se limita a 40 % de la ración suplementaria y, asumiendo un consumo de ración de 1,5 a 2 kg por día, significan 0,600 a 0,800 kg de harina de algodón por animal y por día (1,5 x 40 %= 0,600 kg) lo cual los pone a cubierto del nivel de gossypol peligroso.

Los toros, con niveles de 2 a 4g. de gossypol por día, sufrirán infertilidad temporaria produciendo semen pobre.

En los países donde su costo lo justifica, se elimina el gossypol mediante el tratamiento del subproducto con el solvente “butanona”. Donde esto no es corriente queda el recurso de limitarlo en cantidad a usar y/o con el tratamiento con sales de hierro para reducir su toxicidad.

#### **Semilla de algodón (*cotton seed*, en inglés) (IFN 5-01-614 con “lint”, o “linter”)**

Aunque no se trata de un subproducto de la industria oleaginosa se lo menciona aquí por su relación con la harina de algodón y por la presencia de gossypol, para comparación de sus formas de uso en las distintas especies. La semilla de algodón consiste en la propia semilla (almendra o pepita interior) y su cáscara a la que está adherida el linter, borra o pelusa (fibras de menos de 1 mm de largo que cubren la cáscara luego que la separó de la fibra larga).



**Figura 6:** Semilla de algodón cubierta con el linter, borra o pelusa.

De 100 kg de algodón cosechado se obtienen, aproximadamente, 38 % de fibra larga de algodón (objetivos de las industrias textil y farmacéutica) y 62 % de semilla con su cáscara y linter o borra adheridas.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Los Estados Unidos son el tercer productor mundial de algodón, después de China y de Rusia y la “Asociación americana del algodón” tiene como slogan (lema, consigna) al promocionar la semilla de algodón como alimento animal: “To get the most out of your feed, just add cottonseed”. (con rima ¡!): “para conseguir el máximo de su alimento (para los animales), sólo agregue semilla de algodón”. Esto es un estímulo publicitario, pero dice de la difusión de la práctica de la suplementación de rumiantes especialmente. Prácticamente toda la producción de semilla es usada como suplemento proteico en ese país. La semilla de algodón hace un aporte importante de proteínas, de energía: por su valor alto en extracto etéreo y de fibra de buena digestibilidad (prácticamente 100 % celulosa en el linter, con poca lignina) que se valoriza en la alimentación de rumiantes. El linter es aproximadamente el 10 % del peso de la semilla entera.

Nutrientes:	Semilla de algodón con linter	Harina de algodón
Humedad	7,0 %	8,90 %
Proteína bruta	22,0 %	35,00 %
Grasa	18,0 %	1,50 %
Fibra bruta (con “linter”)	30,0 %	20,60 % (con cáscara)
Cenizas	3,60 %	6,35 %
Calcio	0,24 %	0,17 %
Fósforo	0,68 %	0,93 %
Proteína no degradable	8,10 % (de pasaje)	15,25 % (o de “by pass”)
TND	96,00 %	63,00 %
E neta lactancia: kcal/kg.	2.050,00	1.459,00
E metabolizable aves: kcal/kg	2.200,00	1.870,00
Arginina	2,75 %	3,21 % (**)
Lisina	1,18 %	1,35 % (**)
Metionina	0,40 %	0,64 % (**)
Metionina + cistina	0,80 %	0,97 % (**)
Triptófano	0,38 %	0,43 % (**)
La semilla de algodón limpia (sin linter) tiene, en 91 % de materia seca, 24,9 % de proteína cruda; 21,8 % de grasa; 21,2 % de fibra y 90 % de TND. (Chalupa <i>et al.</i> , 1996). El “linter” se separa por medios mecánicos o químicos cuando se quiere aprovechar para uso textil (trapos de piso, por ejemplo) y otros fines. (**) hay alguna diferencia entre los valores mencionados y los mostrados en párrafos anteriores al comparar la calidad de la proteína de la harina de algodón con la harina de soja. Estas diferencias están dentro de lo que se obtiene de dos muestras diferentes de un mismo alimento.		

**Tabla 56:** Análisis proximal de semilla de algodón con linter y de harina de algodón expresados en base a alimento tal cual, con su humedad.

Siguiendo los dictados de la clasificación de los alimentos, la semilla, no estaría incluida en el grupo de los concentrados proteicos por su valor en fibra (hasta 30 % con la presencia del “lint” que cubre a la semilla y con 20 % de fibra, en el borde de la clasificación, si se trata de semillas sin “lint”). Pero, es debido a su valor en proteínas y a su aporte de energía (por su grasa y su fibra) que suplementa bien vacas lecheras y otras categorías de rumiantes, que se la menciona en este grupo. Presenta una combinación inusual de nutrientes: alta proteína, alta energía (por su grasa) y alta fibra.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Análisis:	Semilla de algodón con "lint"	Semilla de algodón sin "lint"
Materia seca	92,0 %	90,0 %
Proteína bruta	23,0 %	25,0 %
Proteína no digerible (de pasaje)	35,0 %	35,0 %
Grasa	20,0 %	23,8 %
TND	96,0 %	98,0 %
Energía neta de lactancia	2,226 Mcal/kg	2,270 Mcal/kg
Carbohidratos no fibrosos	8,2 %	9,7 %
Fibra detergente neutro	44,0 %	37,0 %
Fibra detergente ácido	34,0 %	26,0 %

(TND: total de nutrientes digestibles).

**Tabla 57:** Comparación del análisis proximal de la semilla de algodón con o sin "lint" (Shaver, 2013).

La mayor concentración de grasa en leche que produce el consumo de semilla de algodón lo hace variando algo su calidad de ácidos grasos (AG) ya que aumentan los AG de cadena larga y disminuye la proporción de AG de cadena corta. Esto está acompañado de algo menos de proteína en la leche (menor caseína) y mayor contenido de nitrógeno no proteico.

Todo el gossypol de la semilla es "libre" (significa para los animales: un tóxico que se acumula en los tejidos: la toxina actúa por acumulación) lo que limita su uso para la alimentación de monogástricos y también le pone un límite a la cantidad a usar con rumiantes funcionales.

La semilla de algodón se suministra entera y esto favorece la masticación, la rumia, y, siendo su fibra de buena digestibilidad, el aprovechamiento de esa energía contenida es alto (semilla de algodón TND (total de nutrientes digestibles) 96 %; maíz grano: 91 %).

La semilla entera se digiere despacio en el rumen y esto contribuye a un alto aprovechamiento de su proteína no degradable en el rumen (de pasaje o de "by pass") que es de alrededor del 50 % de la proteína total. y de su materia grasa (aceite) que también se libera despacio

Por otro lado, es difícil su molienda por la naturaleza del "linter" que la hace liviana, voluminosa, de mal deslizamiento (ángulo de reposo de casi 45° recién apilada y 90° si es almacenada y apelmazada por el paso del tiempo) por los conductos de alimentación de los moledores y además por su aceite, que empasta los molinos.

Al apelmazarse no es posible manejarla fácilmente en silos ya que se "puentea", se descarga una porción inferior y queda la parte superior de la carga del silo apelmazada formando un puente que no se desmorona a menos que se lo fuerce mecánicamente y, sin los recaudos necesarios si se lo pretende hacer manualmente, es un riesgo para los operarios que pueden quedar enterrados en el material que se quiere desmoronar. Siempre hay que tratar de resolver estos problemas con una persona vigilando para auxiliar al personal activo. También puede haber carencia de oxígeno en el silo por la actividad de posibles microorganismos en el material húmedo y caliente y esto lo hace más peligroso al intervenir para deshacer el "puente".

Las vacas comen bien la semilla entera, así que el único problema es su manipuleo mecánico, por su volumen, su poca densidad, lo que obliga a manejarla a granel, en el piso de los galpones, con pala, a mano, o con pala mecánica, si es en grandes volúmenes.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Producto:	Densidad: kg/m <sup>3</sup>	Volumen: M <sup>3</sup> /tonelada	Conteo: semillas por kg
Semilla entera, con linter			
No apilada, suelta:	320(**) (de 290 a 400)	3,12	1.800 a 2.400
Apilada (- de 8 m alto)	400(**)	2,49	-
Apilada (8 a 17 m)	433(**)	2,34	-
Apilada (+ de 17 m)	481(**)	2,18	-
Sin borra (mecánico) (1)	561 (400 a 561)	1,78	2.400 a 3.200
Sin borra (químico) (2)	(545 a 593)	1,68	4.800 a 5.600
Harina de algodón	609 (593 a 641)	1,65	-
Cáscara	192	5,21	-
Aceite	914	1,09	-

(\*\*) comparar con el grano de maíz, entero, por ejemplo, con 575 a 625kg/m<sup>3</sup> y, el grano de maíz molido, con 605 a 645kg/m<sup>3</sup>. La harina de algodón, en cambio, es de densidad comparable a la de los granos.  
 (1): borra o linter separado por método mecánico. (2): linter separado por método químico (con ácido, como se hace cuando se va a usar para sembrarla).

**Tabla 58:** Densidad, volumen y conteo de semillas de algodón y derivados.

No es práctico el tratamiento de la semilla de algodón con sales de hierro para reducir el nivel de gossypol libre pues sería necesario poner las semillas en agua para provocar la apertura de las glándulas de gossypol antes de agregarles la sal de hierro y luego secarlas antes de usarlas.

Por esto se limita su consumo por cabeza para controlar la cantidad de gossypol ingerida y la recomendación para vacas lecheras es un suministro de 2,5 kg por vaca, por día (entre 2,3 y 2,7 kg) hasta un máximo de 3,6 kg para grandes productoras de leche. Técnicamente hay que mantener el nivel de gossypol libre (recordar que en la semilla todo el gossypol es libre) por debajo de 24 g de gossypol por vaca, por día para razas grandes como la raza Holando Argentino (Holstein), Pardo Suiza (Brown Swiss) y proporcionalmente, menor nivel para razas más chicas (Jersey, Guernsey, por ejemplo). El promedio de gossypol libre en la semilla descascarada es de 0,89 %. Casi todo el gossypol está en la “almendra” de la semilla y hay muy poco en la cáscara.

La Asociación de productores algodoneiros norteamericanos (NCPA) definió el factor 0,68 para estimar el gossypol libre en la semilla con cáscara, cifra que tiene en cuenta el contenido en la semilla en sí y en la cáscara.

Suponiendo un contenido de 1,15 % de gossypol total en la semilla descascarada, sería  $1,15 \times 0,68 = 0,78$  % de gossypol libre en la semilla con cáscara, o sea 7,8 g por kg. Asumiendo un consumo diario de 2,7 kg de semilla de algodón, la cantidad de gossypol “libre” ingerido sería de  $2,7 \times 7,8 = 21,06$  g es decir que está por debajo de los 24 g diarios por vaca. Redondeando a 3 kg por vaca por día serían  $3,0 \times 7,8 = 23,4$  g.

Para asegurarse, conviene analizar una muestra (los valores de gossypol varían de año a año) y luego hacer los cálculos con un valor más exacto que 1,15 % usado en estas cuentas pues podrían darse casos de mayores niveles en muestras locales.

En lugares donde es corriente el uso de semilla de algodón en la alimentación de lecheras como son los estados de Texas (Laredo y su zona) y California (Corona y su zona), cuidan de no superar el nivel de 24 g por vaca y por día y, en casos de vacas recién paridas, reducen aún más ese nivel (20 g) por ser más sensibles al gossypol libre y a los

toros padres les limitan a no más de 4 g por animal, por día pues tienen evidencias que pierden calidad de semen con mayores niveles.

Por otro lado, la incorporación de la materia grasa que aportan las semillas de algodón (con un contenido de 10 % de humedad) debe limitarse a lo que aportan las cantidades ya mencionadas (2,7 a 3,0 kg) para no afectar con aporte de grasa la multiplicación de bacterias del rumen y sus consecuencias: la disminución en la digestibilidad de la fibra del alimento y una reducción en la proteína de la leche.

Esto es equivalente a alrededor de un 2,5 % del total de la materia seca de la ración diaria en forma de semilla de algodón. Conservar la semilla de algodón con 10 % de humedad o menos si es posible. Como la fibra (linter) es higroscópica absorberá la humedad del aire que la rodea por lo que será necesario controlar periódicamente su humedad y temperatura.

Una forma de poder mantener un consumo sobre el límite de la tolerancia de gossypol es aumentar, donde el manejo lo haga posible, el número de raciones por día dividiendo la dieta diaria en más raciones más chicas que al irse digiriendo no provocarán la acumulación de niveles peligrosos de esta toxina.

Es una forma de aprovechar esta mezcla atractiva de proteína, grasa y fibra de buena digestibilidad que suele tener un precio también atractivo en los meses de invierno desde la zona de producción hasta las zonas tamberas de abastecimiento de leche fluida a la ciudad de Buenos Aires y alrededores

#### **Cáscara de algodón (*Cottonseed hulls*) (IFN 1-01-599)**

El alimento cáscara de algodón no es un concentrado proteico, sino que tiene las características definitorias de un forraje (alta fibra con más de 18 %), pero por ser resultante de la industrialización de la semilla del algodón, se menciona en este lugar.

El % de fibra y el de TND de la tabla 59 que sigue, muestran el poco valor que aporta la cáscara de algodón como alimento y es más bien una fuente de volumen para diluir la energía de una ración para animales a los que se busca mantener en su peso (no engordar).

Se lo compara con un heno pobre de gramíneas y es usado también en raciones para animales en engorde, a corral o a campo y suplementados (vacunos, lanares, caprinos, etc.) como aporte de fibra en zonas carentes de una fuente económica de forraje. Es de buena palatabilidad. La fibra corta (linter) adherida a la cáscara es celulosa casi pura que la hace muy digerible por los rumiantes.

Nutrientes:	Cáscara de algodón	Semilla de algodón	Harina de algodón
Humedad	10,0 %	7,00 %	8,90 %
Proteína bruta	3,65 %	22,0 %	35,0 %
Grasa	1,50 %	18,0 %	1,50 %
Fibra bruta	43,0 %	30,0 %	20,60 %
Cenizas	2,60 %	3,60 %	6,35 %
Calcio	0,15 %	0,24 %	0,17 %
Fósforo total	0,09 %	0,68 %	0,93 %
TND vacunos	43,70 %	96,0 %	63,0 %
FDN	81,90 %	40,90 %	40,00 %
FDA	66,40 %	44,00 %	30,00 %

**Tabla 59:** Análisis de la cáscara de algodón expresada en base tal cual, en comparación con la semilla de algodón y con la harina de algodón.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

En cuanto a su capacidad para controlar el consumo de una ración se adjunta como ejemplo una fórmula simple para suplementar terneros (un “creep feeding” o comedero excluidor de las madres para beneficio de terneros livianos de 130 a 180 kg): maíz 65 %, cáscara de algodón 15 %, suplemento proteico 18 %, sal con minerales trazas 2 %. Suministrada para consumo voluntario, acompañando a una pastura de gramíneas secas en pie, la cáscara hace que el consumo de esta ración se limite a 0,9-1 kg por cabeza por día. No existiendo la posibilidad del forraje mencionado se duplica la proporción de cáscara para regular el consumo proveyendo la cantidad de fibra que estará ausente en el campo y con resultados similares.

En este caso la fórmula quedará así: maíz 56,30 %, cáscara de algodón 26 %, suplemento proteico 16 %, sales minerales 1,70 % para sumar 100kg.

En ausencia de forraje para animales adultos se requieren 40 a 50 % de cáscara de algodón acompañando una dieta de granos (caso de tener que alimentar animales en condiciones de una inundación, por ejemplo, o en alimentación a corral).

Es preferida la cáscara de algodón con “lint” o “linter” porque le agrega mayor valor alimenticio (celulosa de fácil digestión por la flora ruminal) y volumen a la ración y también ayuda a prevenir la separación de los ingredientes de la ración.

Con las cáscaras de distintas semillas (algodón, maní, girasol) es necesario asegurarse que no tengan residuos de tratamientos químicos (pesticidas) que hayan recibido en algún momento previo a la separación de la respectiva semilla (en el cultivo o en su almacenamiento).

La presencia de aflatoxinas también puede ser una amenaza que es necesario verificar aun cuando estas cáscaras se usaran como cama en galpones de aves, caballos o cerdos.

**Harina de maní, *Arachis hypogea* L. (*hipogea*: fruto bajo tierra) (*peanut meal* o *groundnut meal*, en EE. UU. y Reino Unido, respectivamente) (otros nombres: *earhnut*, *monkeynut*, *arachis nut*) (IFN 5-03-650)**

El maní se cultiva en muchas zonas tropicales y subtropicales del mundo. En los siglos XV y XVI hubo evidencias de su difusión en Perú, Brasil, México, e Indias Occidentales. Luego del 1500, España y Portugal lo llevaron al África costera y a las Indias Orientales. Desde 1850, Francia empezó a importar semillas de maní del África occidental, para extraer su aceite. Desde entonces su cultivo ha crecido tremendamente India, Estados Unidos, Argentina, Brasil y China son los mayores productores del mundo (85 % de la producción mundial).

La producción (mundial) es de más de 45,5 millones de toneladas de semilla de maní, alrededor de la quinta parte del abastecimiento mundial de aceites comestibles.

Es la tercera oleaginosa luego del poroto de soja y de la semilla de algodón. La harina de maní es el subproducto resultante de la extracción del aceite de semillas de maní, mayormente por medio de solventes derivados del petróleo.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Nutrientes:	Harina de maní % esperado	Variación	Maní semilla %
Humedad	10,00	8,50 a 11,00	5,00
Proteína bruta	48,00	46,00 a 52,00	28,50
Grasa	1,00	0,50 a 2,00	47,50
Fibra bruta	6,00 (*)	5,00 a 8,00	2,90
Cenizas	6,00	5,00 a 7,00	6,30
Calcio	0,20	0,15 a 0,30	0,32
Fósforo total	0,60	0,45 a 0,65	0,66
(*) fibra detergente neutro. es de 18,4 % y la fibra detergente ácida: 11.0 %.			

**Tabla 60:** Composición química aproximada de la harina de maní expresada en base a alimento tal cual en comparación con la semilla de maní

A continuación, en la tabla 60, se presentan los resultados de los análisis de la harina de maní comparada con la cáscara de maní:

Parámetro analizado:	Harina de maní	Cáscara de maní
Materia seca	92,0 %	91,0 %
Proteína no degradable (de pasaje)	25,0 %	25,0 %
TND	77,0 %	22,0 %
Energía neta de lactancia	1,763 Mcal/kg	0,419 Mcal/kg
Carbohidratos no fibrosos	26,0 %	12,0 %
Fibra detergente neutro	14,0 %	74 %
Fibra detergente ácido	6,0 %	65 %

**Tabla 61:** Composición química de la harina de maní y la cáscara de maní expresadas en base a materia seca (Shaver, 2013).

La harina de maní tiene un alto contenido en proteínas (hasta 52 %), superior al de la harina de soja sin descascarar (44 %) pero la calidad de esta proteína siguiendo la comparación, es pobre en cuanto su aporte de lisina, metionina y triptofano lo que la limita como proveedor de aminoácidos en raciones para monogástricos, pero es un buen aporte de proteínas para vacunos y otros rumiantes y su palatabilidad estimula su consumo.

Tiene alguna actividad antitripsina y taninos, pero no parecen afectar su digestibilidad ni aceptación por parte de los animales ya que en monogástricos no se usa en cantidades importantes en las fórmulas alimenticias.

Su aporte en fibra es bajo salvo si viene con cáscara de maní incorporada lo cual en nuestro medio no es ninguna ventaja ya que es posible conseguir fibra mucho más económica de los forrajes. En países europeos y asiáticos es posible que se valore mejor la fibra en alimentos concentrados por la falta de suficiente espacio para cosecharla de limitadas praderas de forrajeras cultivadas o naturales.

En las tablas 62 y 63 se observan la composición en aminoácidos de la harina de maní en comparación con la harina de soja y los aminoácidos críticos en ambas proteínas:

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Aminoácido	Harina de maní %	Harina de soja %	Aminoácido	Harina de maní %	Harina de soja %
Arginina	5,82	3,20	Metionina+cistina	1,17	1,18
Lisina	1,45	2,90	Treonina	1,37	1,70
Metionina	0,44	0,52	Triptofano	0,48	0,64

**Tabla 62:** Composición de aminoácidos de harina de maní y su comparación con los de harina de soja de 44 % de proteínas (NRC, 2000).

Aminoácido:	Harina de maní %	Harina de soja %	Aminoácido	Harina de maní %	Harina de soja %
Lisina	4,9	6,8	Triptofano	1,0	1,3
Metionina	1,0	1,6	Isoleucina	3,6	5,5
Treonina	2,2	4,0	-	-	-

**Tabla 63:** Aminoácidos críticos en la proteína del maní (en 16g de nitrógeno) y comparado con la proteína de soja (Piccioni, 1970).

Salvo por un valor alto en arginina, cuya importancia es relativa ya que no suele ser un aminoácido crítico, los otros valores de aminoácidos que sí son los más costosos de cubrir, son de nivel escaso comparado con la contribución que hace la harina de soja (a excepción de metionina y cistina de las que ambas harinas necesitan suplementación).

No obstante, esta circunstancia, debido a su contribución importante en proteína bruta y nivel alto de energía con poca fibra, suele participar, aunque en cantidades modestas (4 a 6 %), en raciones para aves y cerdos cerca de los lugares de producción de este alimento, cuando su precio es accesible y verificada la ausencia de contaminaciones con el hongo *Aspergillus flavus* y su toxina “aflatoxina”. La presencia del hongo *A. flavus* no asegura la existencia de aflatoxina pero es suficiente señal para tratar de confirmarlo por la naturaleza sumamente peligrosa de la misma: su actividad cancerígena, además de disminución del crecimiento en animales jóvenes, disminución de la producción en los animales adultos, un deterioro físico importante en los animales y baja conversión de alimento a producto útil (carne, huevo, leche). Es aceptable un contenido de hasta 20 ppb de aflatoxina, un billón norteamericano equivalente a 100.000.000 y no a 1.000.000.000.000 que es el billón del sistema decimal -1 millón de millones-. 20 ppb = 20 partes en 100.000.000 partes (medición Norteamericana) 20 ppb = 0.02 mg/kg.

En muchas zonas de producción de maní del mundo (África, especialmente, aunque de ninguna manera exclusivamente) el clima es cálido y muy húmedo durante su cosecha y como se trata de un fruto que hay que desenterrar y dejar secar sobre el suelo antes de recogerlo y procesarlo, las posibilidades de contaminación con el hongo *Aspergillus flavus* se multiplican y es así como resulta frecuente la presencia del hongo y toxina en el grano de maní y sus subproductos: harina y cáscaras. El consumo humano y animal de maníes y sus subproductos contaminados con micotoxinas puede favorecer la aparición de cáncer, principalmente de hígado.

La presencia del hongo *Aspergillus flavus* de ningún modo es privativo del maní y sus subproductos sino que contamina cualquier alimento puesto en las condiciones de temperatura y humedad que permitan su crecimiento y es así como muchos de los cereales

y subproductos mal almacenados se contaminan de éste y otros hongos que hacen que pierdan valor alimenticio y posibilitan el desarrollo de micotoxinas de distinto grado de toxicidad.

En el Reino Unido se produjeron importante número de casos de envenenamiento de pavos alimentados con harina de maní de origen africano que en su momento le dio a este alimento una publicidad negativa y llevó a determinar como causante a las micotoxinas producidas por *Aspergillus flavus*. La forma en que hay que manejar su cosecha en clima propicio para la contaminación, hace que se extremen las precauciones cuando se trata de la misma. Una manera de verificar la presencia del hongo *A. flavus* que se utilizaba en las plantas de alimentos balanceados comerciales y donde se manipula esta harina, era con la ayuda de “luz negra” ver si se destacaba brillando el hongo, (de ahí su nombre “flavus”: que fluoresce). Actualmente existen diversas metodologías de laboratorio que se utilizan para la detección y cuantificación de micotoxinas que se desarrollarán en un capítulo aparte.

Los procedimientos que pueden destruir las aflatoxinas también desnaturalizan sustancias nutritivas de los alimentos que las contienen por lo cual es de gran importancia averiguar la identidad y cantidad de la toxina presente para luego decidir distintas alternativas a utilizar previo a la alimentación de acuerdo con la especie, edad y producción de los animales (utilización de adsorbentes, secuestrantes, dilución entre otros).

Trataremos el tema al hablar de todas las toxinas de los alimentos, en conjunto, pero se anticipa que el nivel de 20 “ppb” (“billón norteamericano” o sea cada “mil millones” en lugar de un “millón de millones”), es la tolerancia que la mayoría de los países importadores tienen para esta micotoxina.

Niveles de aflatoxinas en la ración	Animales involucrados
100 ppb.	Vacas de cría, cerdos de cría, aves adultas
200 ppb.	Cerdos en terminación
300 ppb.	Vacunos en terminación
5 ppb.	Patos (los más sensibles)
Máximo 20 ppb	Animales jóvenes, inmaduros

**Tabla 64:** Niveles no peligrosos de aflatoxinas para distintas producciones.

La harina de maní es muy palatable para vacunos, cerdos y caballos por lo que su inclusión en las dietas de estos animales es bien aceptada. Pero hay que proceder gradualmente cuando hay que retirarla de las dietas por la misma razón de su atractivo.

De hacer un cambio drástico que involucre la substitución total de la harina de maní hará que los animales bajen el consumo con la consiguiente reducción en la producción.

Su aporte de aminoácidos pone las limitaciones de su uso para cada especie.

#### **Testas o pieles de maní o de cacahuete; (*peanut skins*) (IFN 4-03-631)**

Donde se procesa la producción de maní se separan las cáscaras, las pieles y las semillas peladas, que se tuestan para su consumo directo por la especie humana o se les extrae el aceite, también para consumo humano.

Las pieles suelen incorporarse a la harina de maní o a veces se separan para no afectar la calidad de la harina. Se trata de un concentrado energético como lo identifica el número

## CONCENTRADOS PROTEICOS

‘4’ de su identificación internacional, pero se menciona acá, sólo por la vecindad con los otros alimentos provenientes de la misma semilla. Además, no suele ser ofrecido tal cual en el mercado, sino que generalmente como se menciona anteriormente se lo incorpora a la harina de maní.

La fracción testa es de alrededor del 2 al 4 % del peso de la semilla antes de separarlas.

Si no fuera por el contenido muy alto de taninos (su color rojizo es por efecto de su contenido de taninos) y la presencia de leucoantocianinas, flavonas y otros compuestos relacionados químicamente, que la dan un gusto amargo, de mala palatabilidad, podría considerarse con un valor alimenticio comparable a un forraje pobre por su baja digestibilidad, pero el contenido de taninos lo hace de más bajo valor aún por reducir significativamente la digestibilidad de la materia seca y de la proteína.

En cerdos, por ejemplo, cuando se la suministra en experimentos de alimentación en proporciones del 10 al 20 % de la dieta, se notan estos efectos de una manera particular. Esta es una cantidad alta y pocos criadores de cerdos usarían una proporción de este tenor sino en cantidades menores, como ser entre 5 y 10 % y el efecto también es negativo requiriéndose una suplementación de 250 g de cobre por tonelada de alimento para contrarrestar el efecto negativo de esa cantidad de testa en la dieta.

Composición química:	Valores en %	Coefficiente de Digestibilidad %
Humedad	5,4 a 9,0	-
Proteína bruta	11,0 a 18,0	25
Grasa	12,0 a 28,0	92
Extractivos no nitrogenados	37,0 a 42,0	16
Fibra bruta	8,0 a 21,0	30
TND	60,0 a 68,0	-
Cenizas	2,1 a 3,3	-
Calcio	0,38	-
Fósforo	0,06	-
Tanino	16,0 a 20,0!!	-
Fibra detergente ácido	16,3	-

**Tabla 65:** Composición química de testa de semilla de maní expresada en base a alimento tal cual.

La razón de considerar al cerdo en relación con este subproducto es que en las zonas maniseras suelen haber cerdos “hozadores”: usados para limpiar el rastrojo de maní, haciendo la limpieza y aprovechamiento de los restos de semillas de maní que la cosechadora no recogió. La vecindad de una planta de aceite de maní hará posible la oferta con bajo costo de flete de sus subproductos y la testa o pieles es una de ellas sobre todo si hay producción de maní para tostar y comer entero (consumo humano, de confitería). En las fábricas de aceite lo más probable es que las testas encuentren su destino en la harina de maní y allí la proporción en que se incorporarán no causarán efectos negativos por su dilución (3 al 5 % aproximadamente). Y si su uso es el de alimentar vacunos no habrá efectos negativos aunque la proporción fuera mayor.

**Cáscara de maní (peanut hulls) (IFN 1-08-028)**

¡Un forraje! Son las envolturas o vainas de la “chaucha”, donde se encuentran las semillas de maní. El nivel de fibra (de la que el 25 % es lignina!) y su baja digestibilidad (alrededor del 17 %) la ubican en la categoría de forrajes de volumen de muy baja calidad con la complicación adicional que suele ser portadora de los residuos de tratamientos contra insectos y otras plagas y posible contaminación con hongos particularmente el temible *Aspergillus flavus* y sus toxinas. Por esto, su inclusión debe acompañarse con previsiones de control de calidad para detectar posibles problemas de contaminantes.

Nutrientes:	Valores en %	Coefficiente de Digestibilidad %	Nutrientes	Valores en %
Humedad	9,0 a 12,0	-	TND	19,0 a 33,0
Proteína bruta	5,0 a 9,0 (*)	24 a 52 %	Cenizas	2,8 a 8,8
Extracto etéreo	1,2 a 4,0	13 a 84	Calcio	0,32
Fibra bruta (**)	58,0 a 79,0	20	Fósforo	0,07
Extractivo no nitrogenados	11,0 a 24,0	11 a 60	-	-
(**) la FDN es de 67 % y la FDA, de 59 %, lo que permite estimar su bajo consumo voluntario y su pobre digestibilidad (alto % de lignina).				

**Tabla 66:** Análisis proximal de las cáscaras de maní expresados en base a alimento tal cual, con su humedad<sup>9</sup>.

Las cáscaras representan entre el 25 y el 33 % del peso de la chaucha llena (“pod”, en inglés). Con los valores de los análisis se puede observar que su uso en la alimentación de rumiantes será ocasional y más bien para casos de emergencia como ser sequías o inundaciones sin reservas forrajeras, pues sólo sirve para un pobre mantenimiento de animales adultos. En las partes del mundo donde la melaza es accesible económicamente, se la mezcla hasta al 20 % con cáscara de maní lo que mejora su palatabilidad y digestibilidad cumpliendo funciones de forraje. De poder hacer el agregado de melaza, lo ideal sería incorporarle hasta 1 % de urea para levantar en algo más de dos puntos de porcentaje de la proteína que, con la participación de la melaza, será bien aprovechable para propender a la multiplicación de la flora ruminal.

La alimentación de conejos que requiere niveles relativamente altos de fibra si se comparan con los de otros animales, podría tener en cuenta las cáscaras de maní como recurso para satisfacerla, pero siendo esta especie muy sensible al peligro de las aflatoxinas no se recomienda su incorporación sin verificar la ausencia de ese hongo.

El agregado de nitrógeno inorgánico también hace de la cáscara de maní, un buen fertilizante al contribuir con materia orgánica por su condición de vegetal y de nitrógeno inorgánico de rápido aprovechamiento. Sería como un “filler” (relleno) o “estirador” para el fertilizante, con la ventaja de aportar materia orgánica al suelo.

También se usa como cama de pollos en los criaderos para pollos parrilleros y en los establos pues tiene buena capacidad de absorción de la humedad de las deyecciones, semejante al aserrín y la viruta de madera. Presenta también varios usos industriales: vehículos para insecticidas y pesticidas, para sustitutos del corcho, de maderas compensadas, de explosivos y otros usos.

9 Varía con la presencia de restos de semillas.

**Semilla entera de maní (o cacahuete) (*peanut kernels*, en inglés)**

En las zonas productoras de maní se suelen usar las categorías no comercializables y las semillas que quedan en el rastrojo para consumo de cerdos principalmente. En el caso de la recolección del rastrojo, los cerdos la hacen hozando en el suelo blando, roturado, del cultivo. Suelo blando porque ha sido removido para poder extraer los frutos (hipógeos) de esta especie. En la tabla 67, que figura a continuación se presenta una comparación de los análisis químicos de las semillas de maní y de soja.

Nutrientes:	Maní	Soja	Nutrientes:	Maní	Soja
Materia seca %	95,0	90,0	Lisina	0,89	2,25
Proteína bruta %	28,50	36,70	Metionina	0,24	0,46
Grasa (aceite) %	47,50	18,80	Cistina	0,31	0,55
Fibra bruta %	2,90	5,20	Treonina	0,67	1,42
Arginina %	3,11	2,54	Triptofano	0,28	0,54

**Tabla 67:** Comparación de los análisis químicos de las semillas de maní y de soja expresados en base a alimento tal cual, con su humedad (NRC, 2000).

La proteína y fibra de la semilla de maní son más bajas que las del poroto de soja, pero su contenido en aceite más que duplica al del poroto de soja (47,5 vs.18,8 %). Estos valores de aceite pueden variar entre 36 y 54 % dependiendo de las variedades, laboreos y ambiente -clima- en que crece. Lo mismo puede pasar con la proteína. En cuanto al contenido de los aminoácidos se nota el claro predominio de calidad en los aminoácidos críticos (del poroto de soja) excepto en arginina que pocas veces es crítico.

En cuanto a los ácidos grasos, el 83 % es de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados y son los responsables de las grasas blandas de las reses de monogástricos que comen esta semilla en abundancia.

La semilla de maní es de muy buena palatabilidad para los cerdos que llegan a hacer selección en el alimento mezclado para separar las semillas enteras y comerlas, con perjuicio para el balance de los nutrientes.

Si la semilla de maní se maneja dosificándola con los otros ingredientes para balancear una ración y compensando sus deficiencias en aminoácidos críticos, más su molienda preferentemente con molinos a rolos (pues los de martillos se empastan al fluir el aceite salvo que previamente se mezclen el maní y un grano para molerlos juntos) se aprovechan bien sus cualidades sobre todo la energía de su aceite y el valor alto de su proteína bruta.

En raciones para cerdos en que se usará grasa animal para obtener la energía deseada, el precio de la semilla de maní usada al 5 % de la ración es igual a 25 % del precio del maíz + 25 % del precio de la harina de soja + 50 % del precio de la grasa animal”. Este cálculo da una idea de lo que se puede pagar por la semilla de Maní y se asume que los valores de sustitución se basan en fórmulas en que la Lisina y la Energía de las dietas sean comparables.

Lo anterior es para cerdos a partir del destete. Para reproductoras, el nivel de semilla puede llegar al 12 % reemplazando a 5 % de grasa en el alimento sin afectar el rendimiento en lactancia.

En este caso la evaluación del precio de la semilla de maní usada al 12 % sería 27 % del precio del maíz + 31 % del precio de la harina de soja + 42 % del precio de la grasa animal en disponibilidad (o puesto) en el lugar en que se hace esta comparación.

En los cerdos en terminación no debe superarse el 10 % de semilla de maní para controlar la cantidad de ácidos grasos insaturados. Es una forma económica de incorporar grasa a la ración para elevar la energía metabolizable de la dieta.

Aunque los factores antinutricionales son bajos al compararlos con los del poroto de soja conviene tostar el maní si se va a usar en la alimentación de lechones de destete.

En cuanto al consumo directo de semillas de maní por cerdos hozadores donde el consumo no puede controlarse, la mejor forma de aprovechar este alimento económico es hacerlo comer con cachorros de 25 kg y hasta que pesen 50 kg y luego terminarlos en pista de engorde (unos 45-50 días antes de la faena) con una ración bien balanceada para que sus reses no sean de grasa blanda. En este período la grasa depositada será más consistente y como el mercado la requiere y se habrá reciclado en el cuerpo, la grasa blanda acumulada durante el período transcurrido en el rastrojo.

En cuanto a su uso en la alimentación de vacunos, la limitante de la cantidad a usar es el nivel de grasa de la semilla que pueda afectar la multiplicación bacteriana en el rumen. En este caso el límite de uso de semilla de maní sería de 1,1 kg por animal por día o no más de 15 % de una ración suplementaria de alrededor de 16 % de proteínas que es la más común para vacas lecheras de alrededor de una producción de 20kg de leche por día. (Debería comer hasta 7,3 kg de ración antes de superar los 1,1 kg de semilla de maní incluidas al 15 % lo cual no es probable en las condiciones corrientes de manejo de la alimentación de los tambos).

Si la ración tiene 15 % de semilla de maní y el vacuno come 7,3 kg de esa ración, estará comiendo:  $15\% \times 7,3 = 1,09$  kg de semilla (~1,10 kg).

Para vacunos sería bien aprovechable la semilla de maní con cáscara (4/5 partes por peso de semillas y 1/5 parte de cáscaras), observar la composición química en la tabla 68:

Parámetros:	Semilla con cáscara	Semilla	Cáscara
Proteína bruta	24,10 %	28,50 %	5,00 a 9,00 %
Grasa	38,50 %	47,50 %	1,20 a 4,00 %
Fibra bruta	13,70 %	2,90 %	58,00 a 79,00 %
Calcio	0,32 %	0,32 %	0,32 %
Fósforo	0,36 %	0,66 %	0,07 %

**Tabla 68:** Análisis proximal de semilla de maní con cáscara (expresada en base materia seca).

En este caso y verificada la ausencia de hongos y sus toxinas (sobre todo *Aspergillus flavus* y sus aflatoxinas), se puede elevar la cifra por animal por día a 1,4 kg o sea 20 % en una ración de las mismas características ya mencionadas ( $20\% \times 7,3 = 1,46$  kg).

**Harina de girasol, *Heliantus annuus*, es la especie girasol; (sunflower seed meal, o sunflower meal, en inglés) (IFN 5-09-340 harina con su fibra de las cáscaras)**

El girasol es una especie nativa de América, llevada a España desde América Central en el siglo 16. Su aceite es de excelente calidad comestible y su cultivo aumenta por su gran adaptación climática y por las nuevas variedades híbridas de gran rendimiento en aceite.

La harina de girasol es el subproducto de la extracción de aceite, por medio de solventes, de las semillas de girasol. La proporción de cáscara que se separe en el proceso de extracción del aceite dará lugar a harinas desde 40,0 % y más, de proteínas, a 35,0 % y aun menos de proteína.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

En las harinas de más baja proteína, el nivel de fibra puede llegar a 30,0 % lo cual, al igual que la harina de algodón, la coloca fuera de la clasificación ordenada de alimentos, pero por su aporte de proteínas se mantiene su consideración como un concentrado proteico de origen vegetal. A continuación, se presenta la composición química de la harina de girasol de producción nacional (Argentina) expresada en alimento tal cual.

Nutrientes:	Con cáscara	Variación	Sin cáscara
Humedad	10,00 %	8,50 y 11,00 %	11,00 %
Proteína bruta	32,00 %	30,00 y 35,00%	46,80 %
Proteína digestible	26,70 %	25,00 y 28,00%	41,70 %
Grasa	1,10 %	1,00 y 2,00 %	2,00 %
Fibra bruta (**)	23,00 %	20,00 y 30,00 %	10,80 %
Cenizas	6,50 %	6,00 y 8,00 %	7,70 %
Calcio	0,45 %	0,40 y 0,60 %	0,50 %
Fósforo total	1,15 %	1,00 y 1,25 %	1,20 %
TND	45,00 %	43,00 y 46,00 %	60,60 %
Lisina	1,66 %	-	2,40 % (*) (3,05)
Metionina	1,57 %	-	2,27 % (*) (0,60)
Triptofano	0,50 %	-	0,85 % (*) (0,58)
(*) Los valores entre paréntesis corresponden a una harina de soja de 46,70 % de proteína (descascarada). Los valores de metionina y de triptofano son más altos que los de la harina de soja; pero el de lisina es más bajo.			
(**) La FDN es de 36 % y la FDA es de 30 %.			

**Tabla 69:** Composición química de la harina de girasol de producción nacional (Argentina) expresada en alimento tal cual.

Estos análisis destacan la importante diferencia que significaría en valores de proteína y aminoácidos de producirse harina de girasol descascarada. Nótese el importante valor en metionina comparado con el aporte que la harina de soja del mismo valor de proteínas (2,27 vs. 0,60 %). También muestra un valor relativamente importante de lisina (2,40 %) frente al de la harina de soja (3,05 %) y un valor importante de triptofano que supera al de la harina de soja (casi el 50 % más).

La harina de girasol corriente, de producción local, con toda su fibra, tiene un buen valor de metionina y su primera limitación en cuanto a aporte de aminoácidos es la lisina. Pero la principal limitación para su uso en alimentación de monogástricos viene de su alto nivel en fibra impregnada de lignina que la hace agresiva para las mucosas del aparato digestivo y limitante la digestibilidad de este alimento y, consecuentemente, es de bajo rendimiento en energía tan exigida por animales de crecimiento rápido (pollos parrilleros y cerdos terminados de corta edad). El porcentaje de fibra limita su uso sobre todo en raciones para los animales jóvenes. La cáscara representa alrededor del 40 % del peso de la semilla, pero nuevas variedades pueden llegar a disminuir esta proporción ya que las hay de cáscaras más finas, entre ellas las de girasoles de origen ruso.

Su alto porcentaje de proteína degradable en rumen (74 % de la proteína bruta), a menudo restringe su uso en dietas de vacas lecheras de alta producción que necesitan un mayor porcentaje de proteína de pasaje. El límite de uso en vacas lecheras suele estar entre 2,5 y 3,5 kg de materia seca por vaca por día.

La harina de girasol tiene un ácido, el ácido clorogénico que mancha la cáscara de los huevos puestos si ambos entran en contacto (derrame accidental de alimento, por ejemplo). Este ácido es un compuesto polifenólico que inhibe las enzimas arginasa, tripsinasa y lipasa (Wildermuth *et al.*, 2016). Pero no se notan en nuestro medio los efectos negativos derivados de este ácido como consecuencia del uso de harina de girasol. (¿Quizá sea por el uso limitado en monogástricos debido a su nivel de fibra?). Tiene más aplicación en la alimentación de vacunos, otros rumiantes y equinos. Es de buena palatabilidad (algo menor que la de la harina de soja) y no tiene toxinas que afecten su uso como es el caso de la harina de algodón y el único inconveniente para su aceptación sería el polvo que se puede generar si se muele muy fino que, como todos los alimentos polvorientos, produce rechazos en los animales pues ese polvo entra por las fosas nasales y los ojos y les hace toser y lagrimear y terminan reduciendo el consumo; pero este inconveniente se puede obviar humedeciendo la ración o presentándola en comprimidos (“pellets”).

En rumiantes la fibra de la harina de girasol le da un valor como reemplazante de forraje hasta en un 10 a 15 % de la materia seca aportada por forraje a la dieta (Shaver, 2013).

La incorporación de harina de girasol en cantidades importantes (de 20 % para arriba) afectará el color de la ración a la que se agrega, con un tinte gris que es necesario prevenir al usuario que, lo mismo que sus animales, (pero por otra razón) se resiste a los cambios en las características de sus compras. Hay varios otros alimentos cuya incorporación en las raciones merecen ser anunciados a los compradores aun cuando sólo provocaran cambios en la apariencia y no en los resultados de esas raciones.

#### **Semilla de girasol, (*sunflower seed*) (IFN 5-08-530)**

Las semillas de girasol proveen de aceite (lípidos) y con ella una buena fuente de energía también proteínas y un nivel de fibra tolerado y aprovechado, en parte, por los rumiantes funcionales. Es lo más cercano a la semilla de algodón, pero no se la utiliza tanto en alimentación animal como a esta última. A continuación, se presenta en la tabla 70 la composición proximal de la semilla de girasol y del poroto de soja en forma comparada:

Nutrientes:	Semilla de girasol	Poroto de soja	Nutrientes:	Semilla de girasol	Poroto de soja
Proteína bruta	17,90 %	35 %	Cenizas	3,30 %	4,60 %
Proteína digestible	15,30 %	30 %	Calcio	0,18 %	0,25 %
Grasa	28,0 % (*)	18,0 %	Fósforo	0,56 %	0,59 %
Fibra bruta	31,0 %	8,73 %	Ácido linoleico	2,98 %	1,21 %
TND	83,0 %	87,0 %	-	-	-
(*) hay híbridos que presentan hasta 40 % de aceite.					

**Tabla 70:** Análisis proximal de la semilla de girasol expresados en base a materia seca en comparación con el poroto de soja.

Como se mencionó con otros alimentos el nivel de fibra limita mucho su posible uso en raciones para monogástricos pero en pequeñas cantidades (4 a 5 % de la ración) se usa en alimentos para animales en preparación para exposiciones donde se pone de manifiesto el efecto favorable sobre la piel y el pelo o pluma, gracias al nivel importante de ácido linoleico de su aceite. Esta incorporación no está regida por el costo de la semilla que la haría prohibitiva sino por el objetivo señalado de la preparación de animales para

su exhibición o venta. También se usa en mezclas de granos y otras semillas para pájaros en cautiverio.

Las Universidades de Dakota del Sur y de Minnesota, en EE. UU., (son dos estados importantes productores de girasol) han experimentado con el uso de semilla de girasol en la alimentación de vacunos y sus conclusiones son que se debe limitar su consumo a un máximo de alrededor de 2,5 kg por vaca lechera por día (equivalente a un 10 % del total de la materia seca de la dieta o a un 20 % del “concentrado” a utilizar preparado para suplementar el Forraje).

Estas cantidades se completan con la previsión de no superar los 700 gramos de aceite que aporta el uso de esta semilla oleaginosa a la dieta diaria de vacas lecheras. Así el aceite incorporado se hace en una cantidad que no afecta la actividad ruminal de digerir la fibra. Puede reemplazar hasta un 5 a 10 % de la materia seca del forraje, pero su digestibilidad es menor que la de la semilla de algodón.

Con estas cantidades y dadas enteras o “roladas” (arrolladas) (2,5 kg por vaca por día), o quebradas grueso (no imprescindibles estos procesamientos pues se mastican bien), se aprovechan bien sus buenas cualidades alimenticias y no se incurre en el problema de depresión de la digestibilidad de la fibra que ocurre cuando al molerla finamente hay mayor exposición del aceite al ambiente ruminal que afectará la multiplicación de la flora ruminal y en la producción de leche, la que sufrirá una reducción del porcentaje de grasa butirométrica.

La posibilidad de usar esta semilla como alimento animal está limitada a que haya partidas no comercializables para extracción de aceite para consumo humano: la misma circunstancia que podría justificar el uso en alimentación animal de las otras semillas oleaginosas, salvo casos especiales que se mencionaron en cada oportunidad (preparación de animales para exposición, por ejemplo).

#### **Cáscaras de girasol (*sunflower hulls*) (IFN 1-04-720)**

Las cáscaras de girasol, al igual que las cubiertas de otras semillas, no pertenece al grupo de los concentrados pero se describen en este espacio por ser un subproducto vecino al subproducto más importante.

Humedad	10 % (10,00)	Fósforo total	0,10 % (1,15)
Proteína bruta	5,00 % (*) (32,00)	Fósforo inorgánico.	0,03 % (0,38)
Grasa	4,00 % (*) (1,10)	TND	35,00 (*) (45,00)
Fibra bruta	50,00 % (23,00)	FDN	76,10 % (36,80)
Cenizas	6,00 % (6,50)	FDA	62,50 % (30,30)
Calcio	0,30 % (0,45)	-	-
(.) Los valores entre ( ) son los de la harina de girasol de origen argentino, es decir, con buena parte de la cáscara sin eliminar. (*) Estos valores varían con la presencia de mayor o menor restos de semillas rotas y de semillas chicas.			

**Tabla 71:** Análisis químico porcentual de las cáscaras de girasol.

El uso de las cáscaras de girasol está prácticamente limitado a reemplazar al aserrín y virutas de madera o a las cáscaras de arroz en la cama de los galpones de aves y boxes de caballos cercanos a las fábricas de aceite de girasol. Puede agregarse también en raciones

o dietas donde se requiera un nivel de fibra que los otros ingredientes no llegan a aportar. Esto puede aplicarse a otras cáscaras de semillas pero se debe tener en cuenta que la digestibilidad de las mismas varía en función del contenido de lignina principalmente y también de otros compuestos como los taninos y sílice. Son de baja digestibilidad (excepto la del poroto de soja). La cáscara de girasol puede reemplazar, entre el 10 y el 15 % de la materia seca del forraje de la dieta de vacunos.

**Harina de nabo o colza, *Brassica napus oleífera* (origen de la colza europea occidental) *Brassica campestris*, (colza de origen polaco (Europa oriental) usada en Canadá) (*rape seed meal*, en inglés) (IFN 5-03-871)**

Pertenecen a la familia de las crucíferas (que incluye, entre otras, a la mostaza)

La harina de nabo o colza se obtiene como subproducto de la semilla de nabo o colza a la que se le extrajo, por la acción de solventes orgánicos, el aceite para fines comestibles (para cocinar, para ensaladas, mayonesas, margarinas y otros usos culinarios). Es el aceite que presenta menor contenido de ácidos grasos saturados: 6 %, versus 11 % en el aceite de girasol, 15 % en el aceite de soja, 13 % en el aceite de maíz, 19 % en el aceite de maní y provee las dos familias de ácidos grasos esenciales: linoleico y linolénico. Es un buen aceite comestible.

La semilla de nabo o colza (de la familia de las crucíferas) es la oleaginosa más cultivada en Europa y en Canadá (su segunda cosecha en importancia luego de la del trigo, en este último país). Es originaria de Asia y Europa y tiene su difusión en áreas del mundo donde el clima frío no permite el cultivo de soja ni otras oleaginosas o donde se siembra en otoño, en lugar de trigo (en la misma época que se siembra el trigo) porque germina y desarrolla a bajas temperaturas. Es una oleaginosa de invierno y amplía la base de rotación de los cultivos de invierno rompiendo posibles ciclos de enfermedades y de plagas. En nuestro país permite hacer soja de segunda.

Es una oleaginosa de invierno, pero puede cultivarse después de cosechar los cereales de invierno en nuestro país en la zona triguera, en la provincia de Buenos Aires (SO y SE) y en el este de La Pampa. Es, en cuanto a su importancia y volumen, la cuarta oleaginosa cultivada en el mundo: luego de soja, algodón y maní. Estas tres se cultivan en primavera-verano.

Hoy se usan los cultivares conocidos genéricamente con el nombre de: “canola”: “can” (Canadian) - “o” (oil) - “l” (low) - “a” (acid) (erucic acid), (aceite canadiense bajo en ácido erúxico). Es decir, cultivares originados en Canadá que tienen niveles bajos de “ácido erúxico” (este ácido es tóxico, produce depresión del crecimiento) en el aceite. En la década del '70, en Canadá, se logró una combinación exitosa a partir de *Brassica napus* de origen argentino y *Brassica campestris* de origen polaco: “canola” es el resultado.

La canola 00 (doble cero o “double low”) presenta bajo porcentaje de ácido erúxico en el aceite y bajo porcentaje de compuestos glucosinolatos en el subproducto de extracción del aceite que es la harina de canola de uso en alimentación animal. Las especies de colza o nabo originales presentan un alto contenido de ácido erúxico y glucosinolatos.

Canola es una marca registrada de la “Western canadian oilseed crushers association”. Incluye sólo nabo y sus subproductos con menos de 2 % de ácido erúxico en el aceite y menos de 30 micromoles de glucosinolatos por gramo, en la harina, es decir el subproducto ya libre de aceite. La colza o nabo no mejorados tienen glucósidos y ácido erúxico que serán tóxicos en el aparato digestivo sobre todo de animales jóvenes consu-

miendo raciones con 4 a 5 % de harina de nabo. Los glucósidos hidrolizados por la enzima mirosinasa de la propia semilla, resultan en isocianatos y goitrógenos (generadores de bocio). Además, sería una ración poco palatable.

*Brassica napus* (de origen europeo occidental, que requiere aproximadamente cien días para madurar) contiene más goitrógenos (del grupo de los glucosinolatos) que el *Brassica campestris* (polaco, que madura en menos de 90 días, en general presenta menores rindes por hectárea y menor porcentaje de proteína, también). De estas dos especies de *Brassicaceas*, se desarrollaron diversos cultivares “canolas” de bajos glucosinolatos y de idénticos días de maduración para su adaptación a las distintas condiciones climáticas y de suelos.

Estos cultivares (siendo los pioneros Tower, Regent, Candle y Alex y todos los que siguieron en desarrollo) se han difundido por todo el mundo vistas las ventajas de la baja concentración de ácido erúxico y de glucosinolatos. Ambos, son productos naturales, sintetizados por la planta, existen más de noventa ya conocidos que presentan distintos grados de toxicidad y distinta forma de acción de acuerdo con los productos de su hidrólisis. Son típicos de las crucíferas, se encuentran en toda la planta y también en la semilla y se descomponen por una enzima (mirosinasa) a nivel intestinal, generando varios productos tóxicos. Esta distinción se hizo necesaria porque el aceite y la harina de extracción derivados de los nuevos cultivares son nutricionalmente superiores a los productos derivados de los nabos clásicos. Existen las variedades “0” (cero, o “single low” o “single zero”) y “00” (doble cero o “double low” o “double zero”, como se los menciona comercialmente). La denominada “0”: bajo nivel de ácido erúxico y la denominada “00”: bajo nivel de ácido erúxico y bajo nivel de glucosinolatos. Estas últimas son las “canola” (“00”). Las variedades originadas en la India, por ejemplo son originadas a partir de la mostaza y no de la colza. La mostaza presenta altos niveles de glucosinolatos, sobre todo los “allyl” y “butenyl” glucosinolatos.

Las harinas de variedades anteriores, con ácido erúxico, afectan las ganancias de peso y la producción de huevos y también la digestibilidad de la dieta, pero son de más preocupación en la alimentación humana porque afecta a la calidad del aceite, mientras que los glucosinolatos (que son precursores de sustancias tiorotóxicas: que afectan el metabolismo de la tiroides) producen hipertiroidismo (bocio) en aves y predisponen a las aves susceptibles al síndrome de hígado hemorrágico y producen dificultades reproductivas. Además, reduce la producción y el tamaño individual de los huevos y también la conversión alimenticia. Los glucosinolatos intactos no son peligrosos para la salud; sólo cuando se los hidroliza por la enzima mirosinasa (o tioglucosidasa) y producen isocianatos, tiocianatos y otros productos (nitrilos, azufre, entre otros) de los cuales los dos primeros son los tiorotóxicos o tóxicos para la tiroides.

Estos goitrógenos parecen actuar en una primera etapa disminuyendo la movilización del yodo por la glándula tiroides y por lo tanto suprimiendo parcialmente la síntesis de tiroxina. El resultado de este bajo nivel de tiroxina en circulación induce a la pituitaria a secretar cantidades excesivas de tirotrópina que actúa sobre la tiroides causando un agrandamiento de la glándula: el bocio.

El tratamiento por calor (90°C) en semillas previo a la extracción del aceite y de la harina de canola con baja humedad, preferentemente entre 8 y 8,5 % en la harina, inactivan estos productos. El nivel de glucosinolatos remanente que se encuentra en la harina de canola produce un pequeño agrandamiento de la tiroides y una cantidad reducida de

transferencia de iodo a los huevos y la leche, que no es considerada de significancia práctica en la explotación pecuaria.

La harina de canola no debe contener más de 30 micromoles de glucosinolatos por gramo. En alimentos para pollos parrilleros el máximo nivel de glucosinolatos es de 5 micromoles por gramo de alimento completo; para ponedoras blancas: 2 micromoles por gramo; para ponedoras de huevos marrones: 0,75 micromoles por gramo, para controlar indirectamente la cantidad de sinapina que es un compuesto fenólico.

Los nabos o colzas originales (*B. napus* y *B. campestris*) tienen entre cinco y siete veces la cantidad de glucosinolatos que tiene la canola 00. La cantidad de micromoles en la harina y las tolerancias de glucosinolatos de cada edad determinan la cantidad de harina que pueden contener en las respectivas dietas.

En la harina de canola se encuentran taninos, en cantidades que no son problemáticas como en el caso de sorgo. También se encuentra sinapina que no es tóxico, pero afecta a la calidad de los huevos de aves de plumaje marrón, por una incapacidad de este grupo de aves para oxidar la trimetilamina que se forma a partir de la sinapina y que produce el mal olor a pescado en los huevos.

La harina de canola, por definición, contiene menos de 3 mg por gramo (3 g por kg) de glucosinolatos y menos de 5 % de ácido erúrico. Los cultivares que no cumplen con esta composición continúan llamándose colza. En la práctica, con los nuevos cultivares, estas cantidades siguen disminuyendo como se presentó en párrafos anteriores.

En la tabla 72 se presentan los resultados del análisis proximal de la harina de canola en comparación con la harina de soja. Se debe tener en cuenta la información presentada en los párrafos anteriores en referencia a los antecesores de la canola “0” y la canola “00” que permiten apreciar el trabajo de mejoramiento llevado a cabo para reducir los factores antinutricionales tanto para el hombre como para los animales, que se llevaron a cabo con éxito. ¡Hacía falta una buena oleaginosa para un clima que la soja no toleraba!

Nutrientes:	Harina de canola (%)	Harina de soja (%)	Nutrientes:	Harina de canola	Harina de soja
Humedad	7,49	11,00	Magnesio %	0,64	0,27
Proteína bruta	37,96	45,01	Cobre mg/kg	10,4	21,5
Grasa	3,78	0,80	Manganeso mg/kg	53,9	29,3
Fibra bruta	11,09	7,30	Potasio %	1,29	2,0
Calcio	0,68	0,29	Selenio mg/kg	1,0	0,1
Fósforo total	1,18	0,65	Zinc mg/kg	71,4	27,0
Fósforo inorgánico	0,89	0,45	Hierro mg/kg	159,0	120,0
Potasio	1,29	2,00	Cenizas %	5,8	4,9

**Tabla 72:** Análisis proximal de la harina de canola en comparación con la harina de soja expresados en base a alimento tal cual (Sarwar *et al.*, 1981).

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Materia seca	92,0 %
Proteína de escape (by pass)	28,0 %
TND	75,0 %
Energía neta de lactancia	1,719 Mcal/kg
Fibra detergente neutro	25,40 %
Fibra detergente ácido	20,2 %
Carbohidratos no fibrosos	11,00 %

**Tabla 73:** Composición química de la harina de canola expresada en base a materia seca (Shaver, 2013).

Los valores de minerales son generalmente más altos que los de la harina de soja, pero el ácido fítico y la fibra reducen su disponibilidad para las aves. Aun así, es mejor fuente salvo para cobre, zinc y potasio en que la disponibilidad es mejor en la harina de soja.

Almidón 0,2 %	Glucosinolatos 18,7 microm./gr
Polisacáridos no almidón 17,7 %	Ácido fítico 3,0 a 6,0 %
Taninos 1,6 a 3,1 %	Alifáticos 14,1
Sinapina 0,6 a 8,1 %	Indol 4,2 %

**Tabla 74:** Composición química de la harina de canola respecto a almidón, polisacáridos distintos de almidón, taninos, sinapina, glucosinolatos, ácido fítico, compuestos alifáticos e indol (Bell & Keith, 1991).

Los valores de FDN: 25,4 % (al incluir los componentes de la FDA más la proteína insoluble y la hemicelulosa), son la medida de la pared celular y los de la FDA: 20,20 %, estiman la cantidad de celulosa y lignina, para rumiantes, complementando así el 11,09 % de fibra bruta.

El porcentaje de proteínas varía según los cultivares de donde las muestras son originarias: puede variar de 35 a 40 %. La harina de canola, como se ve en el cuadro que sigue, tiene más metionina + cistina y menos lisina que la harina de soja. Ambas harinas se complementan bien si se usan en combinación en raciones para las distintas especies. Observar la tabla 75 que sigue a continuación.

Mucha de esa proteína es degradada en el rumen; 60 a 70 %, quedando un 30 a 40 % como proteína “by pass”. Respecto al contenido de aminoácidos, es menos variable en cuanto a sus cantidades de lo que son otras fuentes importantes de aminoácidos: menos de 5 % para canola, 5 % para soja, 10 % para harina de pescado y 15 % para las harinas de carne.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Aminoácidos	Harina de canola		Harina de soja	
	Tal cual %	% de la proteína	Tal cual %	% de la proteína.
Arginina	2.36	6.11	2.90	6.44
Metionina	0.68	1.78	0.63	1.40
Cistina	0.47	1.23	0.29	0.65
Metionina+cistina	1.15	3,01	0.92	2,05
Lisina	2.27	5.98	2.80	6.22
Triptofano	0.44	1.16	0.54	1.20
Treonina	1.74	4.50	1.71	3.80
Histidina	1.07	2.81	1.08	2.40
Isoleucina	1.51	3.98	2.11	4.69

**Tabla 75:** Análisis comparativo de aminoácidos de harina de canola y de harina de soja.

El contenido de extracto etéreo tiende a ser más alto en la harina de canola, por la costumbre de agregar a la harina las “gomas”, o productos separados de la fracción aceite de la semilla. Durante el posterior refinado del aceite se separan los jabones (ácidos grasos acidulados o “*soapstock*”) que también suelen incorporarse a la harina. Tienen, estos jabones, un valor en energía similar al del sebo vacuno: 7.400 Kcal/kg.

Las gomias están formadas por: glicolípidos, fosfolípidos y una cantidad variable de triglicéridos, esteroides y ácidos grasos. Estos agregados hasta un límite de 6 % de gomias y jabones, no tienen efecto negativo en su valor nutritivo para la alimentación de aves (parrilleros o ponedoras) y por el contrario aumentan el valor de energía metabolizable y también disminuyen el polvo de la harina.

Estudios similares con el agregado de cantidades mayores que las habituales, de gomias, a la harina de canola para alimentar cerdos, vacunos lecheros o de cría, no mostraron efectos adversos.

Si estas gomias son frescas y no producto de su acumulación y almacenamiento prolongado, no tienen el peligro de enranciar la fracción grasa de la harina y aportan un nivel alto de energía en la medida de su incorporación a la misma.

La palatabilidad de la harina de canola es mejor que la de la colza o nabo originales, pero algo menor que la de la harina de soja. No tiene el inhibidor de tripsina como es en el caso de la harina de soja por lo que no hay necesidad del tostado que es requisito en la harina de soja para destruir ese factor.

El nivel más alto de fibra respecto de la aportada por la harina de soja tiende a limitar su incorporación en dietas de alta densidad energética. Con un mejor descascarado y el desarrollo de variedades de cáscaras más finas (cultivares de cáscara amarilla en lugar de las de cáscara marrón) se podrá reducir el nivel de fibra de esta harina, aumentando el nivel de energía metabolizable.

En la tabla 76 se presentan los aportes de energía de la harina de canola y la harina de soja en distintas producciones. Se observa que es posible el reemplazo de harina de soja por harina de canola pero será necesario compensar la diferencia de energía con el agregado de grasa o de una mayor incorporación de otro concentrado energético.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Especie:	Energía	Harina de canola	Harina de soja
Pollos	Metabolizable kcal/kg	1900	2249
Aves adultas	Metabolizable kcal/kg	2000	2249
Cerdos	Metabolizable kcal/kg	2700	2825
Vacunos	Digestible kcal/kg	2830	3178
Cerdos	Digestible kcal/kg	2900	3300
Vacunos	TND %	64	72
Cerdos	TND %	66	75

Estos datos son de las universidades canadienses de Saskatchewan y Guelph, en cuyas áreas de influencia el cultivo de canola es muy generalizado: es la principal oleaginosa.

**Tabla 76:** Valores comparativos de energía de las harinas de canola y de soja expresadas en valores tal cual.

Basado en sus contenidos nutricionales, la harina de canola (en base a una unidad de peso) es entre el 70 y el 75 % del valor de una harina de soja de 44 % de proteína para aves y entre un 75 y un 80 %, para cerdos y rumiantes. Cuando la diferencia de precios entre estos dos alimentos es mayor que estas relaciones, entonces la harina de canola es una alternativa más económica.

Como está visto por la bibliografía consultada, Canadá produce gran volumen de información con respecto al uso de harina de canola y el Consejo canadiense de canola recomienda el uso de esta harina hasta un 20 % en dietas para pollos parrilleros y hasta 10 % en raciones para aves de postura de plumaje blanco. Con 15 % de harina de canola de variedades con valores más altos de glucosinolatos, se constata reducción de la producción y un exagerado agrandamiento de la glándula tiroides.

Las aves de plumaje marrón tienen un gen “autosomal dominante”, que les impide metabolizar la presencia de trimetilamina, que se forma cuando la “sinapina”, contenida en la harina de nabo se transforma, por la acción de la enzima estearasa del intestino, en colina y las bacterias la transforman finalmente en trimetilamina (TMA), que es absorbida por el intestino y se deposita en los huevos a los que trasmite el mal gusto de ese compuesto (olor y sabor a pescado). Las aves blancas oxidan la TMA que se forma y así no llegan a afectar su producción.

No es aconsejable su incorporación en alimentos para aves reproductoras: padres o abuelos, hasta tener mejores técnicas de control de calidad a nivel de plantas de producción de alimentos. La canola “00”, no afecta a estas aves, pero es laboriosa la verificación en planta de producción de alimentos si se trata de canola o de nabo típico, cuando surge esta duda.

En raciones para cerdos se usa hasta un 10 % en raciones para lechones y cachorros en desarrollo; hasta un 5 % en cerdas madres (en gestación y en lactancia) y sin límites en animales en terminación.

En cuanto a los rumiantes, estos no tienen problemas de palatabilidad con esta harina con raciones con hasta 25 % de participación. Necesitan un período de acostumbramiento a esta harina con incorporación gradual de la misma en un plazo de unas dos semanas sobre todo en vacas lecheras en lactancia.

*Cuando he estado trabajando todo el día  
un buen atardecer me sale al encuentro...*

**Goethe**

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Aminoácido:	Leche: % de su Proteína	Microbios del rumen	Harina de canola	Harina de soja	Gluten meal	Burlanda de trigo	Harina de alfalfa
Lisina	8,9	82	67	73	19	22	55
Histidina	2,8	57	128	97	82	73	67
Isoleucina	5,2	86	90	100	81	52	89
Leucina	10,1	62	72	81	167	69	73
Metionina+cistina	3,6	86	136	78	129	108	90
Fenilalanina+tirosina	10,5	76	68	81	113	68	74
Treonina	4,0	112	125	105	92	72	102
Triptofano	1,6	75	75	76	31	-	122
Valina	6,8	68	88	76	75	53	74

**Tabla 77:** Comparación del contenido de aminoácidos de la flora ruminal con los aminoácidos de la leche y de la harina de canola, de harina de soja, de gluten meal, de burlanda de trigo y de harina de alfalfa.

En la tabla anterior se puede observar la proporción de aminoácidos de cada alimento en comparación con los aminoácidos de la leche. A modo de ejemplo, la proteína microbiana cubre el 82 % de la lisina de la leche; la harina de canola, el 67 %; la harina de soja el 73 %; el gluten meal, sólo el 19 % y así para los demás aminoácidos de la leche.

Esto muestra que la combinación de fuentes de proteína puede lograr el aporte deseado de los aminoácidos en la dieta y así es como se formulan los alimentos cumpliendo con los requerimientos de los animales en sus distintas edades y distintas funciones. La disponibilidad y el costo en relación con los aportes de energía y nutrientes, en competencia con otras fuentes (otros alimentos), hace a la posibilidad de su uso y de la complementación que sea necesaria por parte de esas otras fuentes para cubrir los requerimientos exigidos.

Hasta aquí la satisfacción de los requerimientos nutricionales de alguna de las especies criadas. La decisión final respecto a hacer uso de esa dieta la dará el precio de mercado del producto final que se desea comercializar. En este aspecto, con las posibilidades de su cultivo y con la contribución nutricional que hace, canola es muy competitiva en Canadá. Puede llegar a serlo en nuestro país.

### **Semilla de canola (*canola seed*) (IFN 5-05-109)**

Es posible utilizar la semilla entera de canola en alimentación animal en forma similar a otras semillas de oleaginosas. La semilla entera contribuye con buenos niveles de proteína y de energía del mismo modo que lo hacen las otras semillas oleaginosas. Al compararla con el poroto de soja, tiene un nivel más alto de grasa (energía) y de minerales (calcio y fósforo).

Es necesario procesar las semillas enteras de canola antes de su suministro a los animales para que no pasen de largo por el aparato digestivo sin ser digeridas pues son muy chicas (1000 semillas pesan sólo entre 3 y 4 gramos) y escapan enteras, en buena medida, a la masticación: pueden escapar hasta el 50 % (sin ser masticadas).

Se las puede moler, extrusar, aplastar y/o quebrar, entre las varias formas de romper las cáscaras, que permitirán la acción enzimática de las bacterias del rumen y las propias del animal. A continuación, en la tabla 78, se observa un cuadro comparativo de la composición química de cuatro semillas de oleaginosas:

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Parámetros:	Semilla de canola	Semilla de girasol	Semilla de algodón (*)	Semilla de soja
Materia seca %	92	94	91	90
Grasa %	42	41	22	18
Proteína bruta %	21	20	22	38
TND base MS %	110	104	96	91
EN lactancia Mcal/kg	1,17	1,10	1,01	0,96
FDN %	18	22	31	9
FDA %	11	42	44	15
Calcio %	0,38	0,28	0,21	0,30
Fósforo total %	0,75	0,67	0,64	0,68

(\*) se trata de semilla con "linter": fibra corta de residuo que permanece adherida a la semilla desmotada, es decir que se le ha separado, mecánicamente, la fibra larga (la fibra textil).

**Tabla 78:** Composición química de las semillas de canola, girasol, algodón y soja.

Si alguno de estos procesos empastara la maquinaria por el escape del aceite, se puede evitar moliendo esta semilla mezclada con otro grano que absorberá el aceite derramado en la molienda.

Parámetros:	Semilla de canola molida	Torta de canola (por presión)	Harina de canola (por solvente)	Harina de soja
Proteínas %	20,30	30,00	35,00	44,00
Grasa %	30,60 (**)	15,00	3,00	2,00
Fibra bruta %	6,50	10,50 (*)	11,50 (*)	5,70
Lignina %	5,50	8,00	8,50	1,00
Lisina %	1,20	1,60	2,00	2,70
Metionina + cistina %	0,80	1,20	1,45	1,25
Fósforo total %	0,90	1,00	1,10	0,60
E metabolizable cerdos MJ/kg	19,00	12,00	10,00	13,00
E metabolizable cerdos kcal/kg	4.541,00	2.868,00	2.390,00	3.170,00

(\*) valores altos por la presencia de alto nivel de cáscara.

(\*\*) puede ser hasta 41+ % pero se asume que la semilla usada como alimento animal es de rechazo para la producción de aceite para uso humano.

**Tabla 79:** Comparación de la composición química de la semilla de canola y sus subproductos de extracción de aceite (torta y harina) con la harina de soja (sobre base de 90 % de materia seca).

A continuación, en la tabla 80, se presenta la composición en aminoácidos de la semilla de canola:

Semilla de canola	%	Digestibilidad	Semilla de canola	%	Digestibilidad
Lisina	1.41	77 %	Triptofano	0.32	68 %
Metionina	0.49	71 %	Treonina	1.04	83 %
Cistina	0.64	75 %	-	-	-

**Tabla 80:** Composición en aminoácidos de la semilla de canola (3 a 4 g. las 1.000 semillas).

Un buen uso de la semilla de canola OO (es decir baja en glucosinolato y bajo en ácido erúxico) es suministrarla, molida, a vacas lecheras en el primer tercio de la lactancia, entre 1,5 a 2,0 kg por vaca y por día. Estas cantidades no causan problemas a las vacas.

Los canadienses usan hasta 10 % de la ración de “grano”, en forma de semilla de canola, sin afectar, por la presencia de la cantidad de materia grasa que aporta, en la digestión de la fibra. Con un incremento de la proporción hasta del 20 %, hay diarrea mecánica en las vacas.

En aves en general, se puede usar esta semilla hasta en un 20 % de la ración y en ponedoras sólo hasta en un 10 %, como fuentes de proteína y de energía. Tiene un excelente aporte de ácido linoleico. Si hay residuos de actividad goitrogénica se produce el ya mencionado agrandamiento de la tiroides.

#### **Harina de cártamo, *Carthamus tinctorius* (safflower meal en inglés) (IFN 5-04-110)**

La harina de cártamo es el subproducto resultante de la extracción del aceite de la semilla de cártamo utilizando solventes. La planta de cártamo soporta climas secos y calurosos; es un cultivo de primavera - verano, presenta una semilla parecida a la del girasol, pero más chica y con mayor proporción de cáscara. En la Argentina se lo cultiva en Chaco, Formosa y en otras provincias del norte y noroeste y su producción es relativamente pequeña pero de utilidad zonal.

La harina de cártamo se usa mayormente para la alimentación de vacas lecheras y otros rumiantes pues la proporción de fibra limita su consumo por parte de monogástricos. Además, su palatabilidad no es muy buena lo que también contribuye a limitar su uso.

En vacas lecheras no se aconseja su uso más allá del 10 al 15 % de la ración de “granos”, suplemento de los forrajes.

En aves, la fibra y los niveles bajos de energía, lisina y aminoácidos azufrados, limitarán su uso a no más de 5 % (su costo comparativo con los otros ingredientes podrá levantar un punto o dos esta cifra, si previamente no cubrió el máximo de fibra permitido en la fórmula).

En cerdos sucederá lo mismo salvo que se trate de fórmulas menos exigentes nutricionalmente (en animales adultos). Es un buen alimento para proporcionar la fibra necesaria a las dietas para conejos incorporando hasta un máximo de 15 % en las mismas.

Por tratarse de un alimento con mucha fibra, su incorporación hace más difícil producir un buen comprimido si se superan los límites señalados y si se trata de comprimir esta harina, sin agregados, de bentonita, por ejemplo, el comprimido se desintegrará con facilidad justamente por la alta proporción de fibra que no se compacta bien. (La bentonita, es un mineral aglomerante a base de montmorillonita, que liga a los ingredientes haciendo posible tener un buen comprimido). Observar la tabla 80 en donde se presenta la composición química de una harina de cártamo:

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Nutriente	Valor	Nutriente	Valor
Humedad	10,00 %	TND	57 %
Proteína bruta	26,50 (20,0 a 29,0)	Cenizas	6,00
Proteína digestible	15,90 (60 % de 26,50)	Calcio	0,25
Grasa	0,50	Fósforo total	0,70
Fibra bruta	30,00 (hasta 38 %)	Fósforo inorgánico	0,23
E metabolizable aves	1.507 Kcal./ Kg.	Potasio	1,19

**Tabla 81:** Composición química de una harina de cártamo de semilla no descascarada expresada en base a alimento tal cual (Dale, 1996; Mansouri *et al.*, 2018).

Los valores que se muestran en la tabla que sigue sufren variaciones, a veces importantes, por las condiciones climáticas variables de cada año y la proteína y la fibra (además del aceite en la semilla entera) acusan las variaciones mayores que se observan. Tiene un 28 % de la proteína no degradable en el rumen, o de pasaje o “*by pass*”.

Aminoácidos:	Harina de cártamo	Harina de soja	Aminoácidos:	Harina de cártamo	Harina de soja
Arginina	1,90	2,90	Triptofano	0,26	0,54
Lisina	0,60	2,80	Treonina	0,64	1,71
Metionina	0,33	0,63	Isoleucina	0,79	:2,11
Cistina	0,35	0,29	-	-	-

**Tabla 82:** Comparación de los análisis de aminoácidos de harina de cártamo y harina de soja.

Descascarando la semilla previamente a la extracción del aceite, la harina de cártamo obtenida presenta la siguiente composición:

Nutrientes	Harina de cártamo estándar en %	Harina de cártamo descascarada en %	Harina de cártamo descascarada Variaciones en %
Humedad	10,00	9,00	8,00 a 10,50
Proteína bruta	26,50	42,00 (*)	39,00 a 43,00
Grasa	0,50	1,50	1,00 a 3,00
Fibra bruta	30,00	15,00 (**)	14,00 a 20,00
Cenizas	6,00	7,00	5,50 a 8,50
Calcio	0,25	0,45	0,40 a 0,55
Fósforo total	0,70	1,25	1,20 a 1,50
(*) versus 26,5 %			
(**) versus 30 % de la harina de cártamo con su cáscara.			

**Tabla 83:** Composición de la harina de cártamo obtenida luego del descascarado de la semilla y la harina de cártamo con su cáscara.

De esta forma, la fibra se reduce notablemente, aunque el resultado sigue siendo el de un alimento que limitará su ingreso en las raciones para monogástricos que tengan altos requerimientos en energía. En la tabla 84 se presenta un análisis comparativo de la harina de cártamo con otras cuatro harinas de oleaginosas (maní, girasol descascarado, soja

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

y canola). Notar que el contenido de fibra de la harina de cártamo que no se descascaró influye en reducir la proteína, los aminoácidos y la energía, como se nota al comparar los valores de análisis con la tabla anterior.

Nutrientes:	Harina de soja	Harina de maní	Harina de girasol	Harina de canola	Harina de cártamo
Materia seca %	90	92	92	91	90
Proteína bruta %	44	48	34	38	26,50
Extracto etéreo %	0,50	1,50	0,50	3,80	0,50
Fibra bruta %	7,00	6,80	13,00 (*)	11,10	30
Calcio %	0,25	0,29	0,30	0,68	0,25
Fósforo total %	0,6	0,65	1,25	1,17	0,70
Fósforo inorgánico %	0,20	0,21	0,27	0,30	0,23
Cenizas %	6,00	7,20	7,10	7,20	6,00

**Tabla 84:** Análisis comparativo de la composición química de la harina de cártamo con otras cuatro harinas de oleaginosas (maní, girasol descascarado, soja y canola) en base a alimento tomado tal cual (Dale, 1996; Senkoylu & Dale, 1999).

En la tabla que sigue a continuación se tiene en cuenta el aporte energético y el contenido de aminoácidos.

Parámetro evaluado	Harina de soja IFN 5.04.604	Harina de maní IFN 5.03.656	Harina de girasol IFN 5.25.634	Harina de canola IFN 5.08.135	Harina de cártamo IFN 5.04.110
TND %	78	71	61	64	52
Metionina %	0,65 (92)	0,42	0,64 (93)	0,70 (90)	0,33
Cistina %	0,67 (82)	0,73	0,55 (78)	0,47 (75)	0,35
Lisina %	2,90 (91)	1,77	1,42 (84)	2,30 (80)	0,70
Triptófano %	0,60 (88)	0,50	0,35 (85)	0,44 (78)	0,26
Treonina %	1,70 (88)	1,16	1,48 (85)	1,71 (78)	0,50
Arginina %	3,40 (92)	4,55	2,80 (83)	2,30 (90)	1,90
EM aves (kcal/kg)	2.240	2.200	2.260	2.110	1.520
EM cerdos (kcal/kg)	3.090	2.845	2.600	2.600	2.435

Los valores entre paréntesis representan los porcentajes de digestibilidad de los distintos aminoácidos. Cabe notar que las digestibilidades de los aminoácidos de la harina de soja son, en casi todos los casos, superiores a las de las otras dos harinas.

**Tabla 85:** Análisis comparativo de la composición química de la harina de cártamo respecto a energía y contenido de aminoácidos, con otras cuatro harinas de oleaginosas (harinas de soja, maní, girasol y canola). Los valores se encuentran expresados en base materia seca (Bath, 1998).

Los valores para la harina de cártamo, como ya se comentó en párrafos anteriores, la ubican como un alimento más indicado para rumiantes que para monogástricos aun cuando se descascarara la semilla previo a la separación de su aceite (asumiendo que este manejo duplicara los valores de aminoácidos) no alcanzarían los valores de la harina de soja, sobre todo el de lisina y quedaría más en línea con la harina de girasol.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

### Semilla de sésamo, *Sesamum indicum* (sesame seed, en inglés) (IFN 5-08-509)

La semilla de sésamo no tiene inhibidores de tripsina como el poroto de soja. Su aceite tiene antioxidantes naturales lo que la hace más estable y por varios años, sin ayuda de antioxidantes externos agregados. Se trata de un aceite poliinsaturado con alrededor de 44 % de ácido linoléico y 40 % de ácido oleico.

Nutrientes: %	Semilla	Expeller	Nutrientes:	Semilla	Expeller
Proteína bruta	20-22,00	44,00 a 49,50	Calcio	0,95	2,16
Grasa	42-48,00	3,00 a 8,50	Fósforo total	0,70	1,39
Fibra bruta	5-10,00	5,00 a 7,00	Ácido oxálico	2,70	-
Cenizas	5-6,00	8,00 a 9,30			

**Tabla 86:** Composición química proximal de la semilla de sésamo y del expeller de sésamo que es un subproducto de la extracción del aceite de la semilla de sésamo por presión continua.

El ácido oxálico que está presente en esta semilla actúa como factor anti nutricional, se encuentra en la cáscara de la semilla y liga (secuestra) parte del calcio y del zinc de modo que quedan no disponibles para los animales.

Aminoácidos:	En % (*)	Aminoácidos	En % (*)
Arginina	8,7	Cistina	1,3
Lisina	2,8 (**)	Triptófano	1,8
Metionina	3,1 (***)	Treonina	3,6

(\*) % de la proteína cruda: con un expeller de 44 % de proteína sería un % de arginina = 44 % x 8,7 = 3,83 %.

(\*\*) Sería 1,23 a 1,38 % de lisina si la proteína está entre 44 y 49,5 % como figura en la tabla anterior. Para la harina de soja es 2,90 % de lisina, más del doble que en el expeller de sésamo.

(\*\*\*) Sería 1,36 a 1,53 % de metionina con las mismas proteínas. Para la harina de soja es 0,65 % de metionina, o sea la mitad o menos que en el expeller de sésamo.

**Tabla 87:** Aminoácidos presentes en la proteína del expeller de sésamo expresados en porcentaje de la proteína.

El expeller de esta semilla tiene un alto valor de aminoácidos azufrados y la lisina es el aminoácido limitante. La disponibilidad de esta semilla y su expeller para la alimentación animal es limitada y regional, pero en el lugar en el que esté disponible será una contribución importante por sus aportes nutricionales.

### Harina de lino, *Linum usitatissimum*, (linseed meal, o flaxseed meal, en inglés) (IFN 5-02-048) y expeller de lino (linseed expeller, en inglés) (IFN 5-02-045)

La harina de lino es el subproducto obtenido de la extracción por solvente del aceite de la semilla de lino.

En el mercado local existen también “expellers” de lino, que se obtienen en fábricas de aceite que sólo hacen la extracción mecánica del aceite, sin utilizar solventes. Ambos subproductos son de muy buena palatabilidad sobre todo para los vacunos y equinos.

Estos subproductos son únicos respecto al hecho de ser uno de los únicos que tienen “mucina” en alta proporción (alrededor de 10 %), que es un compuesto mucilaginoso que actúa como protector del aparato digestivo contra productos irritativos y toxinas. Otra cualidad física interesante de estos subproductos es su capacidad de absorber agua.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Harina de carne y hueso	1,50	Harina de germen de maíz	5,25
Harina de algodón	1,75	Expeller de lino	6,30
Harina de soja 44 %	3,50	Harina de lino	8,10

**Tabla 88:** Cuadro comparativo con “partes” de agua absorbidas por cada “parte” de distintos alimentos.

Cada parte de harina de lino absorbe hasta 8,1 partes de agua y el expeller de lino absorbe 6,3 partes de agua.

Al absorber agua, favorece su digestión; es refrescante para el animal, apetitosa, ligeramente laxante pero además evita las heces líquidas por retener el agua que absorbe.

Tiene un efecto acondicionador sobre la piel, pelo y plumas de los animales, lo que es una importante cualidad cuando se trata de la presentación de animales para exposición o venta o por el gusto de tener un pareja con buena presencia.

La harina de lino es de entre las fuentes naturales de selenio, una de las mejores, variando su aporte entre 0,13 y 3,00 ppm con un promedio de 1,04 ppm. La harina de canola es otra buena fuente de selenio: 1,1ppm.

En el prensado del alimento para producir comprimidos (pellets), la mucina da buena adhesión a los ingredientes y buen aspecto a los comprimidos: superficie brillante, suave y mínimas roturas en el manipuleo.

Análisis	Semilla Lino	Expeller		Harina	
		Esperado	Valores	Esperado	Valores
Humedad %	(6,00)	9,50	9,00 a 12,00	9,50	8,50 a 12,00
Proteína bruta %	(21,40)	33,00	32,00 a 35,00	34,00	33,50 a 37,00
Grasa %	(35,00)	4,00	3,50 a 6,50	1,00	0,50 a 1,50 (*)
Fibra bruta %	(6,20)	9,00	7,50 a 10,00	9,00	7,50 a 10,00
Cenizas %	(4,90)	5,50	5,00 a 6,50	6,00	5,50 a 7,00
Calcio %	(0,25)	0,40	0,30 a 0,65	0,35	0,30 a 0,65
Fósforo total %	(0,65)	0,85	0,75 a 1,00	0,80	0,75 a 1,00
Fibra detergente neutro %		22,7	-	22,7	-
Fibra detergente ácido %		15,5	-	17,3	-

(\*) la diferencia más importante está en el porcentaje de grasa (aceite) cuya menor presencia en la harina se reparte entre las proteínas y los otros nutrientes.

**Tabla 89:** Análisis proximal del expeller y de la harina de lino expresados en base a alimento tomado tal cual.

100 kg de semilla de lino dan alrededor de 70 kg de expeller de lino y 30 kg de aceite. Estos subproductos oleaginosos de la tabla encuentran su mejor aprovechamiento en la alimentación de rumiantes y de equinos. Son muy satisfactorios para estas especies para las cuales son de muy buena palatabilidad. También se usan en alimentos para mascotas favoreciendo la piel y el pelo de los mismos.

A continuación, en la tabla 90, se presentan los valores orientativos de energía que pueden aportar en distintas producciones la utilización de harinas de lino, soja y girasol (con y sin cáscara).

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Energía, (en %TND)	Harina de lino (con 36 % de Proteína)	Harina de girasol (con cáscara) (32,3 % proteína)	Harina de girasol (sin cáscara) (46,8 % proteína)	Harina de soja (de 46,7 % proteína)
Vacunos	68,7	45,0	60,6	73,3
Lanares	70,9	48,2	69,1	79,4
Cerdos	72,5	58,8	68,3	75,7

**Tabla 90:** Valores orientativos de energía que pueden aportar en distintas producciones la utilización de harinas de lino, soja y girasol (con y sin cáscara) (Atlas of nutritional data on U.S,1971)

Materia Seca	90,0 %
Proteína de pasaje (by pass)	35,0 %
TND	78,0 %
Energía Neta de lactancia	1,785 Mcal/kg
Carbohidratos no fibrosos	28,7 %

**Tabla 91:** Composición de la harina de lino en base a materia seca.

Estos valores se asemejan más a los de la harina de soja que a las otras dos harinas. En vacas lecheras se podría llegar hasta un nivel de uso del 10 % a 15 % de la ración de “granos”; pero el costo de estos subproductos generalmente limita su uso a cantidades más reducidas.

En terneros se puede usar hasta un 5 a 10 % de su ración. Los caballos comen muy bien 0,7 a 0,8 kg por día y por animal. Por ser baja en lisina no debería ser la única fuente de proteína en raciones para potrillos. En aves y cerdos no se utilizan tanto ya que sus proteínas son deficientes en lisina (1,2 %), triptófano (0,56 %) y en aminoácidos azufrados (metionina: 0,60 %), como se muestra en la tabla 92. Estos alimentos se utilizan en animales en preparación para exposiciones por el buen aspecto que comunican al plumaje. También se usa en alimentos para animales de compañía: perros y gatos. Mejora el pelaje.

Aminoácido	Harina de Lino	Harina de girasol con cáscara	Harina de girasol sin cáscara	Harina de soja (46,7 % proteínas)
Lisina	1,20	1,66	2,40	3,05
Metionina	0,60	1,57	2,27	0,60
Triptofano	0,56	0,59	0,85	0,58

**Tabla 92:** Composición en lisina, triptofano y valina de las harinas de lino, de soja y de girasol (con y sin cáscara).

Esta tabla muestra los relativamente bajos niveles de los aminoácidos más críticos para la alimentación de aves y cerdos al compararlos principalmente con los aportes de harina de soja y en menor medida con las dos formas de presentación de las harinas de girasol pero también salta a la vista (como ya se vio al comentar las harinas de girasol) el notable aumento en los niveles de esos aminoácidos en la harina de girasol descascarada que significaría con su generoso nivel de metionina, un buen complemento de la harina de soja.

Para interesar a los productores aceiteros de harina de girasol a descascarar su producción (o parte de la misma para el mercado de los monogástricos), habría que verificar la competitividad de esa harina en lo que respecta al nuevo nivel de aminoácidos frente a

sus otras fuentes de los mismos aminoácidos y ofrecerle una solución práctica y rentable para el destino de las cáscaras.

Una comparación de los valores de varios de los aminoácidos más importantes entre los esenciales dietéticos de la harina de soja y ambas, harina de lino y de soja, frente a la proteína de la leche en polvo (proteína ideal, junto con la proteína del huevo), dan una idea del valor de la proteína de la harina de lino.

Aminoácidos:	Harina de lino de 34 % PB	Harina de soja, de 44 y 34 % PB
Lisina	32 % de la lisina de la leche en polvo	95 % de la lisina de la leche en polvo (76 % si fuera harina de soja de 34 % de proteína)
Triptofano	120 % del triptofano de la leche en polvo	120 % del triptófano de la leche en polvo (96 % si fuera harina de soja de 34 % PB)
Cistina	170 % de la cistina de la leche en polvo	160 % de la cisteína de la leche en polvo (128 % si fuera harina de soja de 34 % PB)
Metionina	88 % de la metionina de la leche en polvo	72 % de la metionina de la leche en polvo (57 % si fuera harina de soja de 34 % PB)
Isoleucina	75 % de la isoleucina de la leche en polvo	117 % de la isoleucina de la leche en polvo (94 % si fuera harina de soja de 34 % PB)

**Tabla 93:** Comparación de los valores de aminoácidos de la leche en polvo (100 % para cada uno de sus aminoácidos) con los de harina de lino y harina de soja.

Una harina de soja de 34 % PB se ha hecho mediante cálculos aritméticos para realizar una simulación con igual proteína que la que aporta la harina de lino y mostrar que con 34 % PB la harina de soja presenta valores menores de aminoácidos que la harina de lino excepto para la isoleucina.

Estos valores explican bien el destino de la harina de lino para alimentar rumiantes preferentemente y poco estímulo para su uso en monogástricos salvo por sus bondades en mejorar el aspecto (piel pelo y plumas) de los animales. Por su acción levemente laxante, las cerdas madres, sobre todo aquellas impedidas de hacer ejercicio (caminar) se beneficiarían con el agregado de hasta un 5 % de harina o expeller de lino, pero hay otros alimentos comúnmente más económicos para este fin.

Se recomienda la utilización de sólo un 2 a 3 % para favorecer el estado del plumaje de aves de exposición, siendo el límite de uso recomendado para las mismas. No es palatable para las aves. La presencia de valores altos de materia grasa (con altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados) y el tiempo de almacenamiento que a veces es prolongado hace necesario verificar la frescura del expeller y también de las semillas de lino almacenadas. Esto puede realizarse midiendo los ácidos grasos libres: 0 a 5 % de ácidos grasos libres, es muy fresca; de 5 a 15 %, es normal y más de 15 % puede de provocar diarreas a los animales.

#### **Semilla de lino (*linseed or flaxseed*, en inglés) (IFN 5-02-042)**

La semilla de lino se utiliza poco en alimentación de animales, por el valor comercial que le da el aceite a esta semilla; pero de poder usarse, es buena como emoliente (mejora las irritaciones del aparato digestivo en animales sometidos a regímenes de alimentación intensiva como es el caso de animales en preparación para exposiciones o ventas).

Esta semilla no tiene almidón, como glúcidos, sino pentosanos. Es una semilla pequeña, de forma oval, achatada: de 5 mm x 2,5 mm x 1,5 mm, con cáscara que se debe romper por molienda o aplastado para ser totalmente aprovechada como alimento. Al

## CONCENTRADOS PROTEICOS

suministrarla como alimento existe el riesgo de la formación de un glucósido llamado “linamarina”, que por efecto de una enzima: “linasa”, presente en la misma semilla, produce ácido cianhídrico que es tóxico. La enzima linasa es termolábil por lo que la cocción de la semilla destruye a esta enzima y en el caso de los subproductos, el calentamiento que sufre la semilla en el proceso de extracción del aceite también la destruye, eliminándose así el peligro del ácido cianhídrico en la harina o expeller de lino.

La cocción de la semilla libera el mucílago que es beneficioso para el funcionamiento del aparato digestivo. En raciones para vacas lecheras puede usarse hasta un 10 %, o 0,25 kg por vaca y por día, si se la considera individualmente. Dadas las características de esta semilla (de tamaño chico y con pericarpio duro) se recomienda su molienda previa al suministro. Cantidades mayores a las mencionadas, afectarán la digestión ruminal por el contenido elevado de grasa (aceite). Su precio, de todos modos, limitará mucho estas cantidades salvo que se trate de semillas no comercializables (semillas quebradas, manchadas, chicas pero frescas) de poco tiempo de cosechadas sobre todo las quebradas para no correr el riesgo de rancidez por la exposición del aceite de la semilla al oxígeno del aire.

Nutrientes:	%	Nutrientes:	%
Materia seca	94,00 (90,5)	Fibra bruta	6,20 (9,0)
Humedad	6,00 (9,50)	TND	104,00
Proteína bruta	21,40 (34,0)	Cenizas	4,90 (6,0)
Proteína digestible	18,70	Calcio	0,25 (0,35)
Grasa	35,30 (1,0)	Fósforo	0,53 (0,80)
Extractivos no nitrogenados	26,20	Magnesio	0,40

**Tabla 94:** Composición química de la semilla de lino informada en base a alimento tal cual. Los valores presentados entre paréntesis corresponden a la harina de lino obtenida luego de la extracción del aceite de la semilla de lino utilizando solventes.

La frescura de las semillas al igual que de los subproductos se puede determinar por medición de los ácidos grasos libres. El aceite de lino tiene 50 % de ácido linoléico. Es el más rico en ácidos grasos “Omega 3” que reducen el nivel de colesterol circulante.

Las aves transforman parte del ácido linoléico en dos ácidos grasos que se encuentran también en el aceite de pescado y que ayudan a prevenir la formación de coágulos que derivarían en las enfermedades cardíacas en la especie humana: ácido eicosapentaenoico (EPA, en inglés) y docosahexaenoico (DHA, en inglés).

Con el consumo de semilla de lino en el alimento de ponedoras, la producción de huevos muestra el incremento de ambos ácidos grasos que benefician al consumidor. Con semilla de lino en la dieta de las aves se podría reducir el colesterol en los huevos de consumo. Esto es motivo de trabajos experimentales y también ya se comercializan en varios países raciones para ponedoras con semilla de lino incorporadas para el propósito mencionado.

### **Proteínas unicelulares de levaduras (*yeast*, en inglés) (IFN Levadura *Saccharomyces cerevisiae*: 7-05-529) (IFN *Torula Torulopsis utilis*: 7-05-534)**

Las levaduras son hongos unicelulares que se encuentran, naturalmente, en frutos, granos, forrajes y en el suelo. Donde hay materia orgánica posible de dar sustrato nutritivo y sin protección específica, se encuentran estas especies. La investigación sobre sus usos en

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

alimentación animal informa que con su utilización en la dieta se presentan mejoras en el consumo de materia seca (mejora el apetito), en la fermentación ruminal, la digestibilidad de la fibra y en la producción (leche, en el caso de vacas lecheras) y también, en la digestión en monogástricos (lechones, potrillos y otros, por su actividad enzimática).

Parámetro	%	Parámetro	%
Proteína bruta	44,5 hasta 85	Cenizas	6 a 8
Grasa	5 a 8	Calcio	0,10 a 0,20
Fibra bruta	7 a 9	Fósforo	1,50 a 2,00

**Tabla 95:** Análisis proximal de levaduras.

Existen distintos sustratos utilizados para la producción de levaduras o de fuentes de proteína unicelular también pueden obtenerse como subproducto o residuo de distintas industrias. Una de las fuentes de energía que puede utilizarse puede ser carbono de fracciones de petróleo no utilizable como combustible o lubricante (parafina, metano y otros). También se usan residuos de otras industrias, como sustrato, residuos de industrias lácteas, forestales, de la industria frutihortícola, de melaza, etc. A continuación, en la tabla 96 se presenta la composición química de levaduras producidas en base a parafinas de petróleo y se realiza una comparación con el contenido de ciertos aminoácidos de la harina de pescado (que es otro concentrado proteico).

Parámetro analizado:	Levaduras (base parafina)	Harina de pescado
Humedad %	5,00	-
Proteína bruta %	62,00	-
Grasa %	7,60	-
Lisina	7,50 (100) (*)	4,30 % (100) (**)
Metionina	1,80 (24 %)	1,65 (38,40 %)
Metionina + cistina	2,90 (38,60 %)	2,08 (48,40 %)
Triptófano	1,40 (18,60 %)	0,70 (16,30 %)

(\*) Considerando "100" a la cantidad de lisina de la levadura, su metionina es el 24 % de lo que es la lisina y el triptófano es el 18,60 % de la lisina.

(\*\*) Considerando "100" a la cantidad de la lisina de la harina de pescado, su metionina es el 38,4 % de la lisina presente (14 puntos más que en la levadura que es el 24 %); su metionina + cistina en la harina de pescado es el 48,4 % de lo que aporta como lisina y en la levadura es el 38,60 % de su lisina. Esta comparación muestra el interesante valor de lisina y triptófano de la levadura y proporción menor de metionina relacionada con el valor de lisina, respecto de lo que tiene la harina de pescado, (aunque el valor total de este aminoácido es mayor en la levadura que en la harina de pescado). Como la lisina es (salvo en aves) el primer aminoácido crítico, al usar estos dos alimentos como correctores de una fórmula, al aportar esa lisina llevan los otros aminoácidos en esas proporciones respecto de la lisina y en esa proporción la harina de pescado hace un mayor aporte de los mismos.

**Tabla 96:** Composición química de levaduras producidas en base a parafinas de petróleo y comparación con el contenido de ciertos aminoácidos de la harina de pescado.

En la tabla 97 se observan las fuentes más utilizadas para producir levaduras y las fuentes más comunes de levaduras obtenidas como subproducto.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Tipo de proceso:	Materia prima		Levadura	Producto final
Primario (para producir solo levaduras con alta eficiencia).	melaza	de caña	Saccaromyces ( <i>S.cereviciae</i> ) (*) Torulopsis ( <i>Candida</i> )	levadura de Panadería (**)
		de remolacha		
		de maíz		
	granos	Torulopsis	levaduras para uso en alimentación animal	
	papas			
hidrolizado de madera	Saccaromyces			
Como subproducto: levadura recuperada de la fermentación alcohólica		de cerveza		
de alcohol de melaza				
de granos de destilería				

(\*) *Saccaromyces cereviciae* es la levadura estándar la de comparación en este grupo.  
(\*\*) Cada de 100 kg de melaza se producen 25 kg de levadura.

**Tabla 97:** Fuentes más utilizadas para producir levaduras y las fuentes más comunes de levaduras obtenidas como subproductos de la industria.

La levadura de cerveza es el subproducto más deseado de la producción de cerveza, con proteína de alta calidad y buena fuente de vitaminas del grupo “B” y de fósforo. Un ejemplo de su uso es el suministro de 30 a 50 g/día a caballos de deporte desmejorados por su actividad extenuante (IFN 7-05-527). Existe una forma líquida de esta levadura (IFN 7-20-878).

La variedad de productos derivados de algunos hongos (levaduras) incluye: extracto de fermentación de *Aspergillus oryzae*: un producto que ha sido deshidratado de modo de retener su viabilidad.

**Cultivo de levaduras:** la levadura, sus metabolitos y el medio en que creció incluido, y el todo deshidratado, de modo que persiste la actividad fermentativa de la levadura. *Aspergillus oryzae*, una de ellas (IFN 7-05-520).

**Levadura seca, activa:** (también llamada levadura activa deshidratada) ha sido deshidratada en forma que mantiene su poder fermentativo y tiene por lo menos 15.000.000.000 de células vivas por gramo. No contiene cereales ni otros agregados (IFN 7-05-724).

**Levadura seca:** del género *Saccharomyces* que se deshidrató y perdió su capacidad de fermentar. Es de por lo menos de 40 % de proteínas cuyo análisis orientativo ya se presentó.

**Levadura de cerveza,** (del género *Saccharomyces*) seca: se secó y perdió su capacidad de fermentar. Es un subproducto de la producción de cerveza. Presenta 35 % de proteínas.

Las levaduras de la clasificación botánica *Saccharomyces* son excelentes fuentes de proteínas y muy buena fuente de vitaminas hidrosolubles (biotina y ácido fólico, especialmente) (IFN 7-05-519 proveniente de granos de destilería y IFN 7-05-732 si proviene de destilación de melaza).

**Levadura seca yoruba:** del género *Torulopsis*, seca, que ha perdido su capacidad de fermentar. Tiene un mínimo de 40 % de proteínas (IFN 7-05-534). Esta levadura junto con la *Saccharomyces* son las levaduras secas de más uso en el presente.

**Levadura seca irradiada:** es la levadura no fermentativa que ha sufrido la irradiación ultravioleta para aumentar su actividad antirraquítica al sintetizar vitamina D2, aprovechable por los animales cuadrúpedos (no utilizada por las aves que sólo aprovechan la Vitamina D3) (IFN 7-05-529).

Se esperan muchos trabajos experimentales sobre las mismas y sobre otras especies y también recomendaciones de uso para todos estos productos y combinaciones que surjan de los mismos, más otras nuevas. Las marcas comerciales (y nombres de fantasía) de levaduras y sus sustratos, puras o libres de ellos, pueden llevar a confusión más aun cuando se les incorporen métodos novedosos de preparación.

Para evaluar la capacidad de éstas y otras fuentes de estímulo de la producción animal y de sus aportes de nutrientes, tener más en cuenta investigación de instituciones no comprometidas comercialmente. Esto no invalida la investigación de empresas reconocidas como serias pero la comparación de resultados con los de instituciones no comerciales les dará siempre más validez.

#### **Un ejemplo de uso de subproductos de origen agrícola, como alimentos para animales**

Para dar una idea del uso de subproductos de distintas industrias en la alimentación de especies domésticas se transcriben fórmulas de raciones para vacas lecheras utilizadas en los Países Bajos en la Tabla 98.

CONCENTRADOS PROTEICOS

Alimentos (y su procedencia): %	De marzo a junio	De junio a diciembre	De diciembre a marzo
Gluten feed (EE. UU.) (1)	6,20	40,0	26,10
Copra expeller (Asia) (2)	-	3,30	5,0
Palm kernel expeller (Asia) (3)	20,0	16,70	15,0
Harina de nabo (India) (4)	5,0	5,0	5,0
Harina de soja (varias) (5)	6,20	1,20	1,90
Cáscara de soja (local) (6)	-	12,70	-
Pulpa de remolacha (local) (7)	-	-	36,40
Pulpa de citrus (Sud América) (8)	40,0	11,10	-
Harina de girasol (Sud América) (9)	13,30	-	-
Melaza (América Central) (10)	4,0	4,0	4,0
Vinazas (España) (11)	4,0	4,0	4,0
Grasa (varias) (12)	0,50	0,50	0,50
Minerales / vitaminas (13)	0,8	1,50	2,10
Total	100,0	100,0	100,0

(1) Importado de EE. UU. y de Sud América (Argentina, Brasil, principalmente, cuando se menciona Sud América).  
(2) Subproducto (21 % de proteína, grasa 6,7 %) de una semilla oleaginosa de países tropicales. Copra es una palmera (*Cocos nucifera*) de cuyas semillas se extrae aceite comestible en Asia y América Central.  
(3) Subproducto de otra semilla oleaginosa tropical. Con un análisis (el de este subproducto) parecido al del afrechillo. Es también una palmera (*Elaeis spp.*). De Asia y América Central.  
(4) Canola es una de las variedades de nabo por lo que puede ser subproducto de la India como de la misma Europa o de Canadá, pero siendo expeller es más probable que sea de la India. Europa y Canadá producen harinas de extracción.  
(5) De varias fuentes: Europea o de las Américas (Norte o Sud)  
(6) Seguramente de origen Europeo de las plantas aceiteras locales pues sus aportes no son los más valiosos que puede justificar un flete alto.  
(7) Pulpa de remolacha es el subproducto de la extracción de azúcar en los países frescos (no tropicales). En esos países frescos no se dan las condiciones para cultivar caña de azúcar.  
(8) De origen Sud Americano y de Florida (EE. UU.).  
(9) Argentina es un proveedor importante de este alimento.  
(10) De América Central y de Brasil.  
(11) Subproducto de la producción de vino: hollejos secos, aportan fibra y cantidades reducidas de nutrientes asimilables. Italia, Francia y Alemania podrían ser otros proveedores.  
(12) Grasa para aportar energía, quitar el polvo de la ración, mejorar la palatabilidad y facilitar la operación mecánica de producir la ración (el hecho que figuren siempre 0,5 % hace pensar que el objetivo era aplacar el polvo de los alimentos molidos y facilitar la operación mecánica).  
(13) La mezcla de las vitaminas y minerales para suplementar los "micronutrientes" que se pesan en gramos por 100 kg. De orígenes varios, concentrados en plantas en cada país para proveer ya sea los llamados "núcleos" o "premezclas" vitamínico - minerales o separadas en dos grupos: premezclas vitaminas y premezclas minerales.

**Tabla 98:** Fórmulas de raciones para vacas lecheras utilizadas en los Países Bajos.

La lectura de la lista de ingredientes de estas fórmulas da un ejemplo del aprovechamiento de subproductos (no hay granos en estas fórmulas), de la recuperación de materiales que de otro modo serían causantes de problemas de contaminación del medio ambiente, con el gasto consiguiente de tener que sacarlos de las plantas de producción hacia vaciaderos industriales. Es cierto que algunos de esos materiales podrían tener destino como fertilizantes, pero a una fracción del valor que tienen como alimentos, y con un menor aprovechamiento de sus aportes en nutrientes.

La variación en el uso de las cantidades de cada alimento se debe a las posibilidades de provisión de cada uno y cambios de precios a lo largo del año. Es notable el hecho que el 70 % o más % de las fórmulas son de origen importado. Lo mismo sucede con los países vecinos Países Bajos. Se marcaron los alimentos de origen argentino para enfatizar sus posibilidades de uso.

### **Concentrados proteicos de origen animal (IFN 5-xx - xxx...)**

Históricamente, los nutricionistas tendieron a considerar a las proteínas de origen animal (especialmente la harina de pescado) como de mejor calidad que aquellas de origen vegetal.

En general, las proteínas de origen animal contienen porcentajes más altos de aminoácidos esenciales en adecuada relación y de buena digestibilidad, por lo tanto son excelentes fuentes para los animales, especialmente para los monogástricos.

Las proteínas vegetales tienen, en general, un contenido más bajo de aminoácidos esenciales y además están peor balanceados con respecto a varios de los aminoácidos y suelen tener factores antinutricionales en su constitución que hay que anular. La harina de soja se presenta como una excepción ya que presenta un buen nivel de lisina, pero con bajo aporte de metionina que es necesario suplementar para monogástricos y tostar para eliminar el factor antitripsina y otros factores antinutricionales.

Del mismo modo que se utilizan algunos subproductos de origen vegetal, existe un grupo de subproductos comestibles de origen animal (de la tierra y marinos) que son usados para aumentar el contenido de proteína total de los concentrados energéticos, pero además de esto contribuyen a la ración en una proporción marcadamente diferente respecto de un número de aminoácidos que lo que es característico de la mayoría de las proteínas de origen vegetal.

Estas últimas son, en general, muy deficientes en lisina (excepto, ya se dijo, la harina de soja).

Las harinas de sangre, de carne, de pescado y la leche en polvo, son relativamente ricas a muy ricas en este aminoácido (lisina) y suelen presentar bajo contenido de los aminoácidos azufrados sobre todo si se los relaciona con el alto nivel de lisina mencionado. El aminoácido triptofano suele estar también limitado en algunas de estas fuentes de proteína animal. De todos modos, mejoran el contenido de proteínas de los otros alimentos que son la base de las dietas.

Los subproductos de la industria de la carne, procesados en forma efectiva y sanitaria, son ejemplo de uno de los reciclados más antiguos. Los subproductos de la industria molinera son todavía anteriores a los de la carne.

Los subproductos de la carne y del pescado, eliminan posibles contaminaciones peligrosas del medio ambiente (salmonellas y otros) al ser procesados para consumo animal en condiciones de sanidad y se destinan a alimentos que permiten balancear las proteínas de origen vegetal.

Basta con pensar en la cantidad de bacterias muy peligrosas (algunas salmonellas, clostridios, enterobacterias) que se multiplicarían en caso de no disponerse de una forma económica y práctica de reciclar esos subproductos. Habría que destruirlas por medio del fuego, a un costo alto.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Los alimentos de este grupo son algo más variables en lo que respecta al nivel de proteína de lo que son los alimentos de los otros grupos. Esto es derivado de las muchas formas en que se procesan los productos primarios: según los tipos de cortes que pide la demanda habrá variaciones en los subproductos. Frecuentemente tienen propiedades únicas, que favorecen o limitan su uso.

Con excepción del suero de leche en polvo, vemos que los valores de proteínas van del 34/35 % al 82/85 %, con altos niveles de proteína no degradable en el rumen (de 50 a 80 % de la proteína bruta), la grasa de 1 a 15 % y el calcio y fósforo, en algunos casos, están presentes en cantidades suplementarias y en la relación 2 a 1 donde se hacen presentes restos de hueso (harinas de carne y de pescado).

Hay distintos grados de harina de carne y harina de pescado representando diferencias en los procesamientos que les dan origen y que resultan en productos de características muy diferentes.

Subproductos obtenidos:	Vacunos	Aves	Cerdos
Parte comestible >>>	57 %	67 %	63 %
Cuero	7 %	-	-
Vísceras	18 %	19 %	30 %
Contenido en vísceras	15 %	-	-
Sangre	3 %	2 %	5 %
Mortandad	-	3 %	2 %
Plumas	-	9 %	-
Total	100 %	100 %	100 %

**Tabla 99:** Componentes de subproductos de frigoríficos en la industrialización de distintas carnes.

Son porcentajes del peso vivo al momento de la faena y a la edad en que se faena cada especie. En vacunos, el hombre sólo consume el 57 % del peso vivo (las vísceras y sus contenidos suman 33 %). El resto son subproductos o materias primas para otras industrias (ej. grasas de distintas calidades, cueros, harinas de carne, harina de sangre).

El contenido del tracto gastro-intestinal es una pérdida de eficiencia. Las aves rinden un 67 % de partes comestibles y el 1/3 restante es fuente de dos subproductos de proteínas para uso animal: harinas de restos de carne y de huesos y harina de plumas. Los cerdos rinden 63 % de carne para uso del hombre y el resto en su mayor parte vísceras es fuente de alimento proteico para uso animal.

Los efluentes de las plantas que procesan estos productos animales contienen grasa (hasta 1000 ppm, con un promedio de 300 ppm). Con agentes floculantes se recupera entre el 60 a 70 % de esta grasa y algo de la proteína en suspensión. Se forma una emulsión de grasa-proteína, agua y aire que se destina a la alimentación animal incorporándose a los materiales que darán lugar a harinas de carne.

### **Calidad de la proteína animal**

Hay una notable similitud entre los aminoácidos encontrados y en la distribución de los mismos, en los diferentes alimentos de origen animal. Todos tienen tanto o más lisina que la encontrada en la proteína del huevo (que tiene 7,2 % de lisina en su proteína), que es tomada ordinariamente como estándar o comparativa de excelencia en relación con la distribución de los aminoácidos en los concentrados proteicos.

Como ejemplo se muestra en la próxima tabla, la comparación entre la proteína del huevo de consumo y la proteína de la leche en polvo: (valores en % de cada aminoácido respecto de la proteína tomados en alimentos deshidratados, o sea en base a materia seca).

El motivo de esta mención es mostrar a lo largo de la descripción de los concentrados proteicos de origen animal cuánto se acercan a la proteína ideal de estos dos alimentos a diferencia de lo que sucede con la proteína (cantidad y calidad) de los otros concentrados proteicos y de los concentrados energéticos. Comparada con la proteína promedio de los cereales, los concentrados proteicos de origen animal tienen aproximadamente 2,5 veces el contenido de lisina de los granos.

Debido al contenido de lisina, estos alimentos son valiosos suplementos de las proteínas vegetales y la combinación de ambas (animales y vegetales), tienen un mayor valor biológico que el de las proteínas vegetales solas.

Como grupo, estos alimentos de origen animal son deficientes en metionina y cistina (quiere decir en porcentaje de cada uno de estos aminoácidos en la proteína de estos concentrados). La metionina puede convertirse en cistina, *in vivo*, pero no a la inversa; por lo tanto, la deficiencia de ambos puede superarse mediante la suplementación con metionina pura, sintética, que es obtenible en el mercado.

Nutrientes: %	Huevo	Leche en polvo	Harina de Soja
Proteína bruta (con cáscara)	37,50	-	-
Proteína bruta (sin cáscara)	39,00	25,00	44,00
Arginina (*)	6,40	4,30	7,04
Cistina (*)	2,40	1,00	1,20
Fenilalanina (*)	6,30	-	5,08
Histidina (*)	2,10	2,60	2,33
Isoleucina (*)	8,00	-	5,31
Leucina (*)	9,20	-	-
Lisina(*)	7,20	7,50	6,65
Metionina (*)	4,10	3,40	1,40
Treonina (*)	4,90	-	3,90
Triptófano (*)	1,50	1,60	1,53
Tirosina (*)	4,50	5,30	1,10
Valina (*)	7,30	-	5,34
Calcio	4,40	0,98	0,25

(\*) Estos valores significan gramos de cada aminoácido por cada 100 gramos de proteína (o cada 16 gramos de nitrógeno). Por ejemplo, cada 100 gramos de proteína del huevo hay 7,2 gramos de lisina y 1,50 gramos de triptófano y las cantidades que figuran en la tabla para los otros aminoácidos.

**Tabla 100:** Comparación del contenido proteico y la presencia de aminoácidos en el huevo entero, la leche en polvo y la harina de soja.

Cuando se califican las fuentes de proteínas de origen animal se menciona su “calidad biológica”. No todas las proteínas son igualmente aptas para la nutrición. Las de huevos y de leche se conocen como nutrientes completos. Las de cereales, por ejemplo, son menos valiosas.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

El “valor biológico” de una proteína es la cantidad de proteína propia que puede ser sintetizada de 100 g de proteína absorbida. La tabla 101 muestra el valor biológico promedio de ciertos alimentos para animales monogástricos:

Proteína de:	Valor biológico	Proteína de:	Valor biológico
Huevo	90 a 100 %	Arroz	65 a 70 %
Leche	85 a 100 %	Papas	70 a 85 %
Carne	60 a 100 %	Levadura	70 a 80 %
Caseína	65 a 80 %	Arvejas	50 a 60 %
Pescado	90 a 100 %	Maíz	20 a 60 %

**Tabla 101:** Valor biológico promedio de alimentos para animales monogástricos (Evonik, 2016).

La cantidad de aminoácidos y su digestibilidad son factores que dan a cada proteína su valor biológico.

Cenizas: es otra característica de este grupo: el alto contenido de cenizas, especialmente el contenido alto de calcio y fósforo. Mientras los concentrados proteicos de origen vegetal tienen (con algunas excepciones) menos de 1 % de cualquiera de estos minerales y más frecuentemente menos de 0,25 %, la harina de carne y la harina de pescado tienen del 5 al 11 % de calcio y del 3 al 5 % de fósforo. Estos niveles son, por supuesto, debido a la presencia de cantidades apreciables de hueso. En general, cuanto mayor es el porcentaje de proteína, los porcentajes de calcio y de fósforo son menores. El calcio y el fósforo deben estar en la proporción de 2,2:1 y si la proporción de calcio supera esa relación se asume que se ha adulterado incorporando una fuente adicional de calcio (mucho más barata que la proteína animal).

En muchos casos, la suplementación de raciones con el agregado de calcio y fósforo, es cubierta con el uso de harina de carne y harina de pescado en las cantidades necesarias para completar el nivel deseado de proteínas, en cantidad y calidad y, en algunos casos (por ejemplo la harina de carne de 40/45 % de proteína), la cantidad de cenizas, fósforo y calcio limitan la cantidad que se puede usar de la misma, como aporte de proteínas.

Grasa: Este puede ser un nutriente de riesgo en los concentrados proteicos de origen animal por el peligro de enranciamiento, cuyas consecuencias, además de disminuir la palatabilidad, pueden ser la destrucción de las vitaminas E, A y D, por acción catalítica en la oxidación de las mismas.

Las harinas de pescado, con mucha grasa, pueden llegar a transmitir su gusto “a pescado”, a huevos, carne y, si se dan a lecheras - no común en nuestro país, pero sí en los países nórdicos-, a la leche también.

En cerdos puede, en algunas circunstancias, además, dar origen a reses de grasa muy blanda que no pueden usarse para producir panceta/tocino. Pero esto es más frecuente con grasas vegetales (de semillas oleaginosas principalmente) por ser aceites y no grasas sólidas.

Todos los alimentos y especialmente los concentrados proteicos reciben algún tipo de procesamiento y la calidad del resultado depende de cuan bien se los trate. Al hablar de la calidad de cada alimento se debe tener en cuenta que la calidad más que controlarla hay que producirla: hacer bien las cosas de primera intención y no tener que depender tanto de la verificación de la misma en un proceso posterior. Además, si no se procesan bien inicialmente, no se compensa el deterioro de calidad resultante. En los protocolos del

procesador, su trabajo respecto de la calidad de lo que aspira a comercializar, consiste en prevenir los errores, no en descubrirlos ya hechos, porque ya es tarde.

Todo esto como responsabilidad del proveedor, pero el usuario, el que tiene que adquirir el alimento, necesita corroborar la calidad para elegir y mantener la relación comercial con quienes producen la calidad que se asume. El comprador necesita seguridad de una calidad: seguridad que las características que se buscan estén contenidas en el alimento que se adquiere. El comprador, usuario del alimento, empleará métodos de análisis para asegurarse la calidad que necesita. Los métodos son herramientas para asegurarse, no son el objetivo. El objetivo es la calidad de lo que se compra: es decir, la suma de las características que se deben encontrar y exigirse en el alimento a adquirir. En la mención de los alimentos que se describen siempre se hace hincapié en el hecho que cada proceso que sufre mantiene la calidad, o la hace más aprovechable (por ejemplo, más digestible) o la desmejora definitivamente, según cómo se procese.

Todos estos párrafos referidos a la calidad de los alimentos, a esta altura de la descripción de los mismos, responden al hecho que, aunque habiendo buenos proveedores de harinas de carne, ha habido los mayores y más frecuentes problemas de calidad en varios concentrados proteicos de origen animal de los que ha habido con los otros alimentos y las técnicas de microscopía han sido una buena herramienta para poner en evidencia los defectos.

**Leche descremada en polvo (o deshidratada) (*dried skimmed milk*, en inglés) (IFN 5-01-167) o si es leche descremada y líquida (*skim milk*, en inglés) (IFN 5-01-169)**

La leche descremada en polvo se obtiene como residuo del deshidratado de leche descremada. La deshidratación se realiza principalmente de dos formas: la forma tradicional (método “roller”) mediante el paso de la corriente de leche entre rolos calientes que transforman la leche en escamas o copos (flakes) y el método más moderno es llamado “spray”, que consiste en pulverizar en fina llovizna la leche en un ambiente cerrado con calor seco que produce la pérdida de la mayor parte de la humedad en segundos, cayendo, en polvo fino, la leche deshidratada. El producto de la deshidratación “spray” es de mejor calidad que el “roller” pues en éste puede sufrir los efectos de la alta temperatura de los rolos secadores que queman parte de la leche, desnaturalizando su proteína.

Este alimento es único en este grupo de alimentos concentrados. La proteína es casi perfectamente digerible y su valor biológico se clasifica a continuación de la del huevo de gallina (valor 100) y su valor con respecto a la proteína del huevo es 96 %.

El contenido de calcio y fósforo es relativamente bajo comparado con los alimentos que contienen hueso. Tampoco tiene un contenido de grasa que pueda considerarse peligroso de provocar enranciamiento pues se la ha quitado en su mayor parte al descremarla antes de secarla.

En los alimentos balanceados, donde el costo permite su incorporación, como es el caso de los substitutos de leche (para terneros, corderos y lechones), en la alimentación de terneros de tambo, principalmente, puede participar en una proporción alta sin introducir una cantidad excesiva de minerales. Su textura es la de un polvo fino a granulado.

No debe almacenarse en condiciones de humedad y altas temperaturas (por encima de los 25 grados centígrados) por más de 30 días porque absorberá humedad (es higroscópica) y se apelotonará y esto dificulta su manejo y el mezclado con otros alimentos. El color es blanco a blanco amarillento; (si fuera amarronado indicaría daño por calor al

## CONCENTRADOS PROTEICOS

deshidratarlo) y, como en todos los casos de excesos de calor, es un reflejo de la pérdida de calidad de la proteína por “efecto Maillard” sobre los aminoácidos especialmente sobre la lisina (también la metionina y cistina) con grupos aldehídos derivados de azúcares calentados por las altas temperaturas. (En todos los excesos de temperatura surge esta consecuencia).

Es una fuente ideal de todos los aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales, es decir, una concentración y balance de nutrientes muy deseable y además de muy buena digestibilidad y muy palatable para cualquier especie animal pero especialmente para sus primeras edades.

No contiene elementos indigeribles, como sucede con las harinas de carne, por ejemplo, en que pueden encontrarse tendones y ligamentos, cuando no, pelos y restos de cuero, astas o pezuñas en muestras objetables. Por todo esto, suele usarse como un importante recurso de proteínas en animales jóvenes: terneros, corderos y lechones (y algo a veces, en pollos y pavitos) y por supuesto en alimentos para animales de compañía y pilíferos. Pero su costo limita en forma marcada su uso a partir de los lechones y de las aves.

La tabla que figura a continuación da una idea del origen de cada subproducto de la industria láctea y los nutrientes que ofrecen, todos asimilables por el ternero, el cordero, el lechón, en sus primeras edades, en particular para el ternero de tambo en las semanas en que sólo puede asimilar nutrientes de origen lácteo.

Esta información se completa con la que describe los ingredientes lácteos de los sustitutos de leche para terneros de tambo.

Análisis de Nutrientes	Leche entera en polvo	Leche descremada en polvo	Suero seco de manteca (1)	Suero seco de queso (2) (5)	Derivados de suero de queso (2) (3)	Caseína	Derivados de lactoalbúmina (2) (4)
Proteínas %	26,0	34,0	32,0	12,5	16,0-26,0	86,0	50-85,0
Lactosa %	38,0	51,0	46,0	70,0	35,0-50,0	0,25	3,0-25,0
Grasa %	28,0	1,0	5,0	1,5	1,5-2,0	1,5	1,0-10,0
Minerales %	5,7	8,0	9,0	8,0	14,0-24,0	2,0	3,0-20,0
Calcio %	0,9	1,3	1,3	0,85	1,2-1,9	-	0,10-4,0
Fósforo %	0,75	1,0	1,0	0,75	0,8-1,6	-	0,1-4,0
Humedad %	2,5	3,0	3,0	4,5	3,0-5,0	8,0	3,0-5,0

(1) Es el suero (suero de manteca) que queda cuando la crema de leche se transforma en manteca (al batir la crema, se separa el suero de manteca).

(2) Puede haber una variedad de estos productos originados en una desmineralización parcial. También pueden procesarse para separar toda o parte de la lactosa o de la proteína lactoalbúmina además de parte de la fracción mineral.

(3) La variación que pueda haber en estos análisis refleja la variación debido al tipo de proceso usado para extraer la lactosa. Dentro de un mismo proceso, la variación es mucho menor.

(4) Los valores de análisis varían según el proceso usado para extraer la lactoalbúmina del suero. Se hace por ósmosis, ultrafiltración o por tratamientos químicos. Esto provoca mayor concentración de los nutrientes que quedan.

(5) Según el tipo de queso producido, variará el porcentaje de minerales.

**Tabla 102:** Comparación de valores promedio de los principales productos lácteos usados en alimentación animal.

Al procesar estos productos se debe hacer todo el esfuerzo posible para mantener las virtudes nutritivas de estos productos de cuando están frescos (con su humedad original).

Los distintos procesos no mejoran sus calidades; es cuestión de no perjudicarlos, de tratar de retener esas calidades originales. Estando frescos, estos productos, están sujetos a fermentación o descomposición bacteriana.

El principal factor negativo en el procesamiento de estos subproductos es el exceso de calor que lleva al amarronamiento del material mal secado, reducción de su solubilidad, desnaturalización de la proteína, con secuestro o destrucción de aminoácidos como se mencionaba anteriormente debido a la reacción de Maillard.

Estos efectos son mayores cuando hay superposición de otros factores negativos como ser alto nivel de acidez o aumento de contenido mineral usado para neutralizar la acidez de los líquidos a deshidratar.

La humedad de estos subproductos que son de por sí muy higroscópicos obliga a almacenarlos en envases que los protejan de absorber mayor cantidad de agua para evitar la formación de terrones (caking) que impide que fluya fácilmente y el mezclado con otros ingredientes.

#### **Suero de leche (*milk whey o whey*, en inglés); (IFN 4-08-134) para el suero fresco y (IFN 4-01-182) para el deshidratado**

El suero de leche es el subproducto líquido que se obtiene luego de la coagulación de la leche en el proceso de elaboración del queso y/o de la manteca. Obsérvese a continuación la tabla 103 en donde se presentan los resultados de los análisis de la composición química del suero de leche, leche entera en polvo y del suero de queso.

Nutrientes:	Suero de leche	Leche entera en polvo	Suero de queso (**)
Humedad	2,96 %	3,00 %	4,00 %
Residuo seco	97,04 %	97,00 %	96,00 %
Proteína bruta	34,50 %	26,00 %	12,80 %
Proteína digestible.	32,78 %	24,70 %	12,16 %
Grasa	0,63 %	26,00 %	0,90 %
Lactosa	48,00 %	45,00 %	65,00 %
Cenizas	8,50 %	6,00 %	7,00 %
Calcio	1,26 %	0,96 %	0,62 %
Fósforo total e inorgánico (*)	1,01 %	0,63 %	0,66 %
Potasio	1,54 %	1,72 %	2,20 %
Sodio	1,53 %	0,47 %	0,58 %
(*) es todo inorgánico en los concentrados proteicos de origen animal, por lo tanto totalmente asimilable por los animales. Notar que casi toda la proteína bruta es digerible es decir aprovechable por el animal que la consume.			

**Tabla 103:** Resultados de los análisis químicos del suero de leche (de leche descremada); de leche entera en polvo y de suero de queso, -todos deshidratados- (expresados en valores tal cual).

A continuación, en la tabla 104 se indican los valores de energía y composición en aminoácidos del suero de leche descremada, leche descremada en polvo y suero de queso.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Parámetro evaluado:	Suero de leche	Leche descremada en polvo	Suero de queso (**)
Energía metabolizable aves kcal/kg	3.800,00	4.600,00	3.030,00
EM cerdos kcal/kg	3.675,00	5.015,00	3.230,00
Aminoácidos totales:	%	%	%
Arginina %	1,10	0,91	0,37
Lisina %	2,84	2,18	1,13 <<
Metionina %	0,86	0,68	0,22
Cistina %	0,31	0,23	0,31
Metionina + cistina %	1,17	0,91	0,53
Triptófano %	0,48	0,39	0,20
Treonina %	1,45	1,19	0,53
(**) Esta llamada vale para los dos cuadros que preceden. La porción de leche que queda luego que la mayor parte de la caseína y grasa han sido removidas para la producción de queso. No es un concentrado en cuanto a su nivel de proteínas, similar a la de un concentrado energético, pero se lo considera en este grupo por su alto nivel de lisina, en relación con su proteína que puede usarse ventajosamente.			

**Tabla 104:** Aporte de energía y composición en aminoácidos del suero de leche descremada, leche descremada en polvo y suero de queso.

La proteína de este suero es insensible a la acción del cuajo usado para separar, de la leche entera, la parte de la proteína que eventualmente se convertirá en queso. Queda solubilizada en el suero este tipo de proteínas además de la lactosa de la leche. Esta proteína del suero de queso está formada principalmente por globulinas alfa y beta, y por lactoalbúminas.

Este suero de leche deshidratado como la leche descremada en polvo, son usados en la producción de sustitutos lácteos para criar terneros, corderos y lechones. Para uso humano, se lo utiliza en la preparación de alimentos para infantes, para repostería, helados, caramelos, en la industrias frigorífica y de las pastas. Es un excelente emulsificante, forma geles y tiene buena palatabilidad para incorporarlo en los destinos mencionados para uso humano. Por esta razón es de suponer que su disponibilidad para alimentación animal pueda tener los días contados al dificultarse por su uso en otras industrias.

Todos los productos lácteos son muy palatables y muy digeribles, pero ordinariamente no económicos para su uso extensivo. En su estado líquido son más económicos que deshidratados pero su porcentaje de agua limita la distancia a la que pueden transportarse en forma económica. Usando leche descremada líquida: 9,5 litros, equivalen a 1kg de harina de soja en cuanto a energía y al aporte de lisina. Con cuatro litros de leche descremada se puede proveer la proteína para un cerdo que reciba aparte la suficiente energía, vitaminas y minerales para acompañar esos cuatro litros y esto desde los 22 a 25kg de peso vivo, hasta su envío al mercado.

Se puede dar suero leche agria (ácida), pero es mejor fresca. El cambio de suministro de suero fresco a agrio puede provocar diarreas si no se hace gradualmente. En cuanto al suero de queso, si se trata de su presentación en polvo, suele tener como destino la producción de sustitutos lácteos y alimentos para terneros de tambo y lechones de destete temprano además de alimentos para animales de compañía en sus primeras edades: perros y gatos. Si se trata de la forma líquida, se suele aprovechar para la crianza de cerdos con consumos crecientes a partir de 7 a 8 litros de suero de queso por día para cachorros de

22kg de peso vivo. Observar en la tabla 105, el aumento del consumo de suero según el peso vivo del animal:

Peso Vivo, en kg	consumo, en litros	peso vivo, en kg	consumo, en litros
Para 35 kg	7 a 8 litros/día	65	13,5 litros/día
45	9,5 litros/día	80	13,5 litros/día
55	11,5 litros/día	90	13,5 litros/día

**Tabla 105:** Consumo de suero de acuerdo con el peso vivo del animal.

Estas cantidades se irán complementando con las fuentes de energía (grano y sus subproductos energéticos), de vitaminas y minerales. Se les limitará el consumo de agua para que tomen suficiente cantidad de suero y cubran así el nivel necesario de lisina aportado por esta vía. Para este uso se deberá proveer de espacio de bebida que duplique el que ordinariamente se asigna para beber agua según edad de los animales. El manejo de estos subproductos lácteos es crítico. Deben usarse en estado fresco y no ácidos pues producen trastornos gástricos y deben introducirse al consumo en forma gradual para adaptarse a ellos.

Desde luego que estos párrafos referidos a lácteos líquidos no corresponden a «concentrados proteicos», tal como se definen, pero se los menciona aquí pues se trata de los mismos alimentos con su humedad natural que muchas veces es antieconómico eliminar y los cerdos pueden aprovecharlos bien estando en la vecindad de la fuente de suero. A medida que el cuidado del medio ambiente se haga más estricto, estos alimentos en forma líquida irán siendo obligados a procesarse para evitar la contaminación (malos olores, moscas, exceso de orines y heces en los cerdos) que se producen en la forma en que todavía se usan. En Europa ya se está eliminando esta forma de uso.

### **Aminas biogénicas**

Cuando la materia prima para la producción de ésta y las otras fuentes de proteína animal no se procesa rápidamente (dentro de las pocas horas de obtenerse para su procesamiento en lugar de acumularse por más de un día o un fin de semana) y permanece cruda, se produce el crecimiento bacteriano a partir de los nutrientes y en el caso de las proteínas: sus aminoácidos son decarboxilados por las enzimas de las bacterias y por endoenzimas que quedan libres convirtiéndose por las mismas, en “aminas biogénicas” que son tóxicas. El calor de la cocción no las destruye (situación similar a la de las micotoxinas). Es decir que la transformación de los aminoácidos a aminas biogénicas ocurre cuando las condiciones en que se mantiene el material a procesar favorecen la multiplicación y actividad bacteriana. Según sea el tiempo transcurrido hasta su procesamiento, será el nivel peligroso de toxicidad.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

En la tabla 106 se muestran unos ejemplos de la transformación de aminoácidos esenciales en aminas biogénicas peligrosas según su concentración y la correspondiente pérdida de valor nutricional:

Aminoácidos:	Y aminas relacionadas:	Aminoácidos:	Y aminas relacionadas
Fenilalanina	Fenetilamina	Arginina	Putrescina (*)
Tirosina	Tiramina	Triptofano	Triptamina
Histidina	Histamina (*)	Metionina	Espermita
Lisina	Cadaverina (*)	-	-

(\*) La putrescina, cadaverina e histamina, parecen ser las más frecuentes en los análisis de muestras en el área de influencia de la Universidad de Georgia (sudeste de EE. UU.) y las harinas de pescado son las de valores más altos y en segundo lugar las harinas de ave, pero puede ocurrir con todas las fuentes de proteína animal y de algunas plantas (carne, pescado, leche, pasto, etc.).

**Tabla 106:** Transformación de aminoácidos esenciales en aminas biogénicas peligrosas según su concentración y la correspondiente pérdida de valor nutricional (Dale 1998).

Se estima que hasta 3000 ppm de aminas biogénicas no son posibles causantes de problemas en, por ejemplo, pollos en crecimiento. La ambigüedad de este comentario parte del hecho que pudiendo haber otros factores concurrentes con el número de ppm (que indican el deterioro de las proteínas) puede existir el deterioro de otros nutrientes que complican el cuadro. Esto indica que hay que investigar más a fondo el efecto de estas aminas biogénicas. La forma en que se procesa el pescado, sobre todo el que se recoge en alta mar, lo hace más proclive a la posibilidad de tener un elevado contenido de aminas biogénicas.

La histamina es la que más se ha estudiado y aunque no hay mucha información sobre los efectos específicos de la presencia de estas aminas, la remoción de esta fuente de proteína de origen animal (se refiere en la harina de pescado) en los casos en que se comprueba la presencia de estas aminas, se traduce en mejoramiento de rendimiento y desaparición de lesiones asociadas con esos compuestos (ejemplos en aves: proventrículo aumentado de tamaño, erosión de la molleja, células necrosadas en el duodeno y alimento no digerido en las heces). El aspecto de los pollos afectados es de desmejoramiento y suciedad por heces diarreicas en las plumas de alrededor de la cloaca y área ventral.

La putrescina y la cadaverina no presentan gran actividad biológica, pero pueden actuar potenciando la acción tóxica de la histamina. Al no conocerse con más precisión los alcances del daño o la cantidad necesaria de aminas para provocarlos, la acción por el momento consiste en procesar cuanto antes el material a originar alguno de estos concentrados proteicos de origen animal, en lugar de acumularlo peligrosamente estando crudos.

En el caso de los buques factorías que van procesando pescado en alta mar, se protege el material a procesar posteriormente en tierra firme, salándolo. Por eso algunas harinas de pescado tienen altos niveles de sal (en las especificaciones de compra de harina de pescado existe el límite de máximo de 7 % de sal).

El Laboratorio de Ciencias Marinas (Fundación Chile) suministra la siguiente tabla comparativa de harinas de pescado hechas con materia prima fresca y con materia prima en avanzado estado de descomposición:

Harinas de pescado:			Harina de carne, de plumas y de vísceras de aves:
Amina biogénica	Materia prima fresca	Materia prima descompuesta	Materia prima fresca
Histamina	< de 500 ppm	> a 2.000 ppm	< a 100 ppm
Cadaverina	250 ppm	800 ppm	< a 150 ppm
Putrescina	150 ppm	500 ppm	< a 100 ppm
Tiramina	100 ppm	200 ppm	< a 100 ppm

**Tabla 107:** Composición comparativa de aminas biogénicas en muestras de harina de pescado hechas con materia prima fresca y confeccionadas con materia prima en avanzado estado de descomposición (Vieites *et al.*, 1997).

Esta situación muestra, una vez más, la necesidad de conocer al proveedor para saber cómo trabaja ya que algunos análisis para detectar casos como estas aminas, si bien son factibles, no son prácticos para el funcionamiento de la producción animal (análisis largos y costosos) y si se trabaja bien, se elimina el peligro de estas contaminaciones.

**Harina de sangre (*blood meal*, en inglés); (IFN 5-00-380 secada por cocción - secado lento (*cooked dry*, en inglés) (IFN 5-00-381 secada por pulverización en ambiente con calor seco - secado muy rápido (*flash or spray dried*, en inglés)**

La harina de sangre se obtiene a partir de sangre fresca y limpia, de plantas de faena, con exclusión de otro material como ser: pelos, contenido estomacal, orina, excepto en cantidades inevitables en un procesamiento de producción correcto de establecimientos frigoríficos de faena.

Comúnmente se utilizan dos métodos para la elaboración de harina de sangre: el procesamiento de sangre entera o de coágulos de sangre. En el caso de procesar sangre entera, nada se separa antes de secarla y el secado se hace por el método spray (similar al método utilizado para el secado de la leche por spray) o por el de cocción. La harina de sangre obtenida es de color rojo oscuro a marrón casi negro, que influye en el color de las heces de los animales que la consuman. Esto obliga al proveedor de una ración con harina de sangre incluida, a prevenir al cliente para que no interprete como un signo de enfermedad el color oscuro en la observación del excremento de sus animales. También oscurece el color de la ración, otro motivo para prevenir al productor en primer lugar. Su olor es desagradable: acre o pungente (que irrita a las mucosas olfativas y del gusto) debido al material extraño (vómito, inevitable, con restos vegetales que se incorporan en el sangrado).

Cuando se coagula la sangre, una gran proporción de la humedad (agua), es removida por medios mecánicos (centrifugación o filtrado) o por condensación mediante cocción para llevarla a un estado semi-sólido (coágulos). La coagulación por calor se hace a 85° C, durante media hora. Como la sangre caliente es un excelente medio para el desarrollo de bacterias, es imprescindible procesarla rápidamente.

Cuando se la procesa por cocción de los coágulos de sangre fresca, se ve afectada su digestibilidad. Pasa de 81 % cuando es harina de sangre obtenida por spray a 58 % de digestibilidad *in vitro* (pepsina) cuando es harina de sangre por cocción de coágulos. Esto se produce porque la hemoglobina es resistente a la proteólisis enzimática por el efecto de altas temperaturas a las que se seca la sangre.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Además, el valor biológico de la proteína de la harina de sangre es bajo comparado con el de los otros alimentos de esta categoría. No se puede utilizar en la alimentación de rumiantes como es el caso de otros concentrados proteicos de origen animal mamífero por la norma respecto a encefalomiелitis esponjiforme bovina (SENASA).

Cuando se la procesa por el método “spray” (el mismo que el usado para producir leche en polvo “spray” (de “to spray” = pulverizar) distinto del obtenido por cocción, su digestibilidad mejora notablemente y de hecho puede decirse que estamos ante otro producto distinto del obtenido por cocción a partir de la misma materia prima (es el producto usado en la alimentación de monogástricos).

El método de secado es el factor más importante que influye en la calidad de este alimento. Es de alta proteína (80 % y más aún) pero puede ser de baja calidad si se trata de harina de sangre de cocción.

Se verifica su disponibilidad de aminoácidos mediante el análisis de lisina disponible (método de Carpenter: método oficial 975.44 del AOAC). Este es el método en uso para identificar (y confirmar periódicamente) al proveedor confiable de harina de sangre “spray”.

Un kilogramo de harina de sangre equivale a 5-6 kg de sangre fresca. Su palatabilidad no es buena y esto limita la cantidad que se puede usar que es de alrededor de un 3 % cuando se trata de harina de sangre obtenida por cocción y hasta 5 % si es harina de sangre “spray”.

Como se mencionaba previamente, en nuestro país y como consecuencia de las medidas de precaución ante el síndrome de encefalopatía bovina (enfermedad de “la vaca loca” como se la conoce popularmente) que azotó a varios países europeos, está suspendido el uso de proteínas de origen animal en la alimentación de rumiantes.

De no encontrarse prohibido su uso, nótese en la siguiente tabla, la alta proporción de proteína no degradable en rumen que presenta la harina de sangre al compararla con la de otros alimentos de uso corriente:

Harinas de >>	De sangre	De pescado	De carne	De soja	Urea
Proteína bruta	94,70 %	67,90 %	54,00 %	51,00 %	281 %
Degradabilidad	18,00 %	40,00 %	24,00 %	65,00 %	100,00 %
Proteína <i>by pass</i>	82,00 %	60,00 %	76,00 %	35,00 %	0,00 %

**Tabla 108:** Comparación del porcentaje de proteína no degradable en el rumen (también llamada “de pasaje” o de “*by pass*”) de distintos concentrados proteicos, expresados en base materia seca.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

A continuación, se presenta una tabla comparativa de la composición química de distintos concentrados proteicos de origen animal:

Parámetros	Harina de pescado	Harina de carne 60 %	Harina de carne 40/45 %	Harina de aves	Harina de sangre
Materia seca %	92	93	93	93	90
Proteína bruta %	60	60	43	58	84
Grasa %	9,2	4,0 (*)	7,2 (*)	12,3	1,1
Fibra bruta %	1,00	2,00	2,50	2,50	1,00
Cenizas %	20,7	22,5	41,1	18,5	4,45
Energía metabolizable aves (kcal/kg)	3135	2685	1930	3030	3150
Calcio %	6,20	7,05	12,9	4,0	0,30
Fósforo (Pt) (total) %	3,4	3,35	6,1	2,35	0,25 (**)
Fósforo inorgánico (Pi) %	3,4	3,35	6,1	2,35	0,25 (***)
Sodio %	1,0	0,52	0,95	0,7	0,32
Aminoácidos:					
Lisina	4,4	3,46	2,11	2,33	7,62
Metionina	1,62	0,85	0,53	0,84	0,93
Metionina+cistina	2,19	1,39	0,91	2,32	1,68
Triptófano	0,63	0,36	0,21	0,39	1,06
Treonina	2,55	2,15	1,32	2,13	4,00
Arginina	3,46	3,89	2,90	3,38	3,63
Isoleucina	2,80	1,94	1,08	2,40	0,79
(*) Puede ser de hasta 10 % en muestras de harina de carne argentinas y a veces 1 o 2 puntos más. (**) "Pt": es fósforo total. El fósforo limita la cantidad a incorporar de las harinas de carne, sobre todo de la de 40/45 % y 50/55 % de proteínas. (***) "Pi": es fósforo inorgánico: la proporción de fósforo que aprovechan los monogástricos					

**Tabla 109:** Comparación de la composición química de los principales concentrados proteicos de origen animal expresados en base a alimento tal cual (Dale, 1996).

En la tabla que antecede se notan las contribuciones altas de lisina, triptófano y treonina de la harina de sangre que superan a las de los otros alimentos de origen animal.

La harina de sangre, procesada por el "método spray" es de mejor digestibilidad. Si se tratara de harina de sangre producida por cocción, similar a lo que se hace con las harinas de carne, los valores de digestibilidad de sus aminoácidos serían más bajos que los de estas harinas.

Como sabemos, un determinado aminoácido de un alimento es igual al mismo aminoácido de cualquier otro alimento (la lisina de la harina de sangre es la misma que la de la harina de soja, de la harina de carne, del maíz, etc., etc., pero la digestibilidad, es decir la cantidad que cada alimento "libera" a la absorción intestinal es distinta según el alimento y los hay más eficientes y otros menos para cada aminoácido). Tomará mayor cantidad del menos eficiente para conseguir el mismo resultado y, así el costo por unidad de peso (kg) definirá la elección del proceder, en la elección de tal o cual alimento.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

En la tabla 110 se observa la digestibilidad verdadera de los principales aminoácidos de tres concentrados proteicos de origen animal, harina de sangre, harina de carne y harina de plumas en comparación con la harina de soja (concentrado proteico de origen vegetal), expresados en base a materia seca;

Concentrado proteico	Aminoácidos	Treonina	Cistina	Metionina	Lisina	Arginina
Harina de carne Proteína bruta (45,0 %)	Aminoácidos totales	1,22	0,39	0,58	2,29	3,27
	Coefficiente de digestibilidad	82,2	78,9	86,3	87,5	86,3
	Aminoácidos digestibles	1,0	0,31	0,50	2,0	2,82
Harina de sangre Proteína bruta (93,14 %)	Aminoácidos totales	4,38	0,70	1,07	8,82	4,09
	Coefficiente de digestibilidad	89,9	86,6	91,9	84,9	93,3
	Aminoácidos digestibles	3,91	0,63	0,98	7,49	3,82
Harina de plumas Proteína bruta (88,19 %)	Aminoácidos totales	3,73	2,53	0,49	2,19	7,49
	Coefficiente de digestibilidad	67,3	51,1	71,3	53,6	86,0
	Aminoácidos digestibles	2,51	1,30	0,35	1,17	6,44
Harina de soja Proteína bruta (48,79 %)	Aminoácidos totales	1,92	0,78	0,65	3,05	3,62
	Coefficiente de digestibilidad	90,4	90,4	90,4	92,2	96,2
	Aminoácidos digestibles	1,74	0,70	0,59	2,81	3,49

**Tabla 110:** Digestibilidad verdadera de los principales aminoácidos de tres concentrados proteicos de origen animal, harina de sangre, harina de carne y harina de plumas en comparación con la harina de soja (concentrado proteico de origen vegetal), expresados en base a materia seca.

Respecto de la humedad de estos alimentos es importante que no exceda del 10 % (menos de 90 % de materia seca) pues se crean las condiciones para el desarrollo de bacterias peligrosas y hongos como *Candida albicans*, que causan enfermedades en los animales que consuman estos alimentos.

Al comparar las contribuciones de estos alimentos se destacan el porcentaje de proteína y el nivel de lisina de la harina de sangre. El nivel de lisina indica la contribución más importante de este alimento. Su pobre palatabilidad y el nivel bajo de isoleucina (de influencia en raciones para cerdos de menos de 90kg) hacen que no se pueda aprovechar más que limitadamente ese nivel notable de lisina. (Para cerdos de menos de 45kg el requerimiento mínimo de Isoleucina es de 0,50 % y para cerdos de 45 a 90kg es de 0,44 %. Con más de 90kg de peso vivo, no es necesaria una especificación para isoleucina).

Su aporte de hierro la hace valiosa para dietas para lechones (siempre considerando la harina de sangre “spray”).

La harina de sangre no participa del problema del enranciamiento de las grasas pues su nivel de grasa es muy bajo: no llega al 1,5 %. Esto la hace muy polvorienta como todo alimento tan bajo en grasa y resulta ser uno de los alimentos más desagradables de manejar en una planta de producción de raciones comerciales o de producción propia. Su polvo aspirado crea un desagradable mal gusto en la boca y mal olor en la respiración.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

A continuación, se presentan los valores esperados y la tolerancia aceptada comercialmente respecto a la composición química de harinas de sangre:

Nutrientes:	Esperado	Variaciones	Nutrientes:	Esperado	Variaciones
Humedad %	9,5	8,50 a 11,50	Cenizas	4,50	3,50 a 6,00
Proteína bruta %	80,0	79,00 a 85,00	Calcio	0,30	0,25 a 1,00
Grasa %	1,00	0,50 a 1,50	Fósforo total	0,25	0,20 a 0,90
Fibra bruta %	1,00	0,50 a 1,50(*)	-	-	-

Estos datos son de la AAFM (American association of feed manufacturers: Asociación de fabricantes de alimentos balanceados de EE. UU.) que, en líneas generales, se usa en todos los países.

(\*) La presencia de esta fibra surge de la forma en que se recoge la sangre en el proceso industrial: el animal atontado por un golpe en la cabeza se cuelga de sus patas traseras y se lo desangra por degüello, interesando primordialmente la yugular. Al desangrarse, algo de contenido ruminal es vomitado y la fibra del análisis de sangre procesada, acusa la presencia de este material extraño a la sangre. Si la cantidad excede la tolerancia, el olor natural de la harina de sangre varía hacia un desagradable olor acre, picante, que acentúa la pobre palatabilidad de este alimento.

**Tabla 111:** Valores esperados y límites de tolerancia en la composición química de las harinas de carne.

A estas características se agregan las exigencias de un mínimo de lisina disponible de 7,4 a 8 % y una digestibilidad a pepsina de un 85 % (de un mínimo de 75 % hasta un 90 %). Estas dos exigencias son las que más se tienen en cuenta cuando el destino de este alimento es para monogástricos.

### Plasma porcino seco (*dried porcine plasma*, en inglés)

El plasma porcino seco es el producto obtenido mediante el secado por el método “spray” (fina llovizna en ambiente seco) de plasma que fue separado del material celular (glóbulos rojos y blancos) de la sangre fresca, por métodos químicos y mecánicos. La porción proteica de este producto está constituida principalmente por proteínas del tipo de las albúminas, globulinas y fibrinógeno. Como su nombre lo indica, el producto debe ser de origen porcino. A continuación, se presenta su composición química.

Nutrientes:	Promedio esperado	Rango	Nutrientes:	Promedio Esperado	Rango
Humedad	7,00 %	5,0 a 8,50 %	Cenizas	9,0 %	7,0 a 10,0 %
Proteína bruta	78,0 %	77,0 a 81,0 %	Sodio	2,90 %	2,0 a 3,20 %
Grasa	2,0 %	1,50 a 3,00 %	-	-	-

**Tabla 112:** Composición química del plasma porcino.

La Asociación oficial americana de control de los alimentos (AAFCO) la denomina plasma animal. Fue en la Universidad del estado de Iowa, en 1987, (donde la producción porcina es muy importante) que el Dr. D. R. Zimmerman descubrió los efectos beneficiosos del plasma porcino en la alimentación de lechones destetados precozmente. El plasma porcino seco es una fuente sobresaliente de proteína de muy buena digestibilidad para el lechón en sus primeras semanas de vida. Puede promover un desempeño muy satisfactorio en lechones destetados de muy pocas semanas como se tiende a destetar en la actualidad y mejorar la performance de otras fuentes de proteínas, excepto la leche.

Estos destetes tempranos encuentran a los lechones con su sistema enzimático inmaduro, recién a las 6 a 8 semanas se encuentra suficientemente desarrollado para producir niveles adecuados de tripsina y quimotripsina para digerir proteínas menos completas y de menor digestibilidad que las de la leche y el plasma.

Transcurren 35 a 42 días antes que el lechón produzca sus inmunoglobulinas propias y los destetes precoces disminuyen el aporte que la leche materna pueda hacer de la inmunoglobulina "A" que da inmunidad a la mucosa intestinal para evitar la adherencia de bacterias y virus.

Por su costo, está limitado su uso a las primeras semanas de vida (hasta los 8 a 9 kg de peso vivo) pero desde el punto de vista de los nutrientes que ofrece no está limitado su uso para ninguna otra aplicación como fuente de proteínas. La lisina y treonina son los aminoácidos que más aporta y necesitan suplementarse los aminoácidos azufrados e isoleucina. No se puede suministrar a rumiantes por la normativa respecto a la encefalopatía espongiiforme bovina. Su aspecto es el de un polvo fino de color cremoso a beige con tendencia a grisáceo (no oscuro como el de la sangre deshidratada). Su nivel de uso es de entre 5 y 10 % de la dieta y los resultados al comparar dietas con y sin plasma son de mayores consumos y crecimientos de los animales favorecidos con su incorporación logrando una mejor conversión.

### **Otros subproductos proteicos derivados de la industria frigorífica**

Las harinas de carne y de pescado son subproductos de las industrias de la carne (vacuna, de aves y de otras especies) y del procesamiento del pescado, para consumo humano. En algunos casos se pescan especies ictícolas para consumo animal previa recuperación de parte del aceite de pescado. Es el caso de la anchoveta chileno - peruano - ecuatoriana en nuestro hemisferio sur.

Al faenar distintas especies animales se obtienen gran cantidad de sobrantes que no se utilizan para consumo humano. Gran parte corresponde a las vísceras limpias, cabezas, huesos, colas, piel, espinas, dependiendo de la producción.

La materia seca de todos estos sobrantes de la producción de alimentos para consumo humano es rica en proteínas de buena calidad, de energía por la presencia de grasa y proveedora además de ácidos grasos esenciales, además de otros nutrientes importantes como ser: calcio, fósforo, hierro, cobre y varias vitaminas. Con su humedad natural son muy perecederos por lo que hay que procesarlos para que no se degraden con el tiempo, sus cualidades alimenticias. Demás esta decir que si no hallaran utilización práctica serían altamente contaminantes para el medio ambiente favoreciendo la multiplicación de toda clase de microorganismos generadores de enfermedades además de olores intolerables, también de insectos (moscas y varios otros) y de contaminación de las aguas por escurrimiento de las lluvias.

En el procesamiento de la materia prima se busca recuperar, por fusión con calor, (rendering, en inglés), la grasa/aceite para varias industrias (alimentación humana, jabón, velas, cosmética, alimentación animal, etc.).

El subproducto de esta extracción de las grasas es una harina (calificada con el nombre de la especie de la que provino la materia prima) con destino a la alimentación animal o su uso como fertilizante. La denominación de "harina", para el caso de los subproductos de origen animal, no responde a la misma guía que para los concentrados de origen vegetal. En el caso de los subproductos de origen animal sólo significa que han sido molidos

a un tamaño de partícula compatible con una buena dispersión en una mezcla con otros alimentos.

Las harinas de pescado, de carne y de aves son buenas fuentes de lisina principalmente, además de buenos aportes de varias vitaminas del grupo B (B12, B2, Colina) y minerales: Ca, P y Mg como se mencionara. Hay varias clases de harinas de pescado según los tipos de pescado y los procesos usados en su elaboración.

Los países grandes productores de harina de pescado que exportan la mayor parte de su producción como lo hacen Perú, y Chile, en Sud América, agregan un antioxidante durante el proceso de su producción y esto permite transportar esta harina en forma de comprimidos, a granel. Sin el antioxidante, a menudo esta harina entraba en combustión espontánea en el almacenaje o en el barco transportador al destino de uso (compras importadas) por la alteración sufrida en su grasa, iniciada por la oxidación de la misma.

Las proteínas de origen animal se consideraron siempre como indispensables en las raciones de todas las especies de monogástricos. Muchos de los más tempranos ensayos sobre nutrición compararon las proteínas animales con las vegetales e, invariablemente, los resultados favorecieron a las primeras, en el crecimiento de animales jóvenes, incluyendo los pollos. Por mucho tiempo se consideró esta cualidad inherente a las proteínas de origen animal. Al empezar a considerarse algunos de los aminoácidos de estas proteínas (a clasificar proteínas por sus aminoácidos), parte del misterio empezó a develarse. Se encontró que también se podían enfrentar sus requerimientos de aminoácidos con combinaciones de distintas proteínas vegetales o suplementando proteínas vegetales con aminoácidos sintéticos. Aun así se vio que las proteínas animales siguieron aportando algunos factores nutricionales que no se encontraban en las proteínas vegetales. Se la llamó “factor proteína animal”. La Universidad de Purdue, del estado de Indiana (EE. UU.), descubrió que la vitamina B12 se identificaba con el “factor proteína animal” y que las proteínas animales en sí no eran imprescindibles en las dietas de animales jóvenes

En el caso de las “harinas” de origen vegetal son el resultado del tratamiento por solvente de semillas oleaginosas para extraerles el aceite resultando como subproducto las harinas vegetales.

**Harina de carne (*meat meal rendered or meat with bone meal rendered*, en inglés): harina de carne con 60 % PB (IFN 5-00-386); harina de carne con 50 % PB (IFN 5-00-385) y harina de carne y hueso: 45 % PB (IFN 5-00-388)**

La harina de carne es el subproducto del procesamiento de tejidos de mamíferos, con exclusión de sangre, pelo, pezuñas, recortes de cuero, estiércol, contenidos ruminal o intestinal, excepto en cantidades que no se puedan evitar aún con buenas prácticas de producción. El nivel de calcio de la harina resultante no debe exceder en más de 2,2 veces su contenido de fósforo. Una proporción mayor de 2,2 veces de calcio por la cantidad de fósforo indicaría el agregado de una fuente de calcio (conchilla o carbonato de calcio) de mucho menor costo que disminuye el valor nutritivo de estos alimentos.

Las vísceras, los recortes de partes no comestibles de los animales, los huesos con restos adheridos y algo de sangre (la que no es posible separar del resto de los materiales), se someten a cocción para separar por un lado las proteínas y minerales y por otro la humedad y la grasa. Este proceso tiene por objetivo principal recuperar la grasa de todo el material en cocción y el resto es un subproducto de esa recuperación en una forma que

es aprovechable como alimento animal y que se mantiene sin descomponerse. En el material fresco puede verificarse su estado de conservación por la presencia de cantidades medibles de amoníaco en 100 gramos de muestra:

- 30 mg de NH<sub>3</sub> en 100 g de muestra indica un material aceptable o normal
- 60 mg/ 100 g indica que comienza a deteriorarse
- 90 mg/ 100 g indica que está en descomposición (son medidas del organismo nacional de bromatología).

La recuperación por calor es la más económica y consigue, además, preservar a las proteínas de su descomposición y logra su esterilización.

Por calor se esteriliza el material, eliminando *Salmonellas* que son bacterias patógenas contaminantes que pueden afectar negativamente a los animales que consuman estos alimentos si fueron mal procesados. Estas bacterias se encuentran en el material crudo a procesar para separar la grasa de los otros tejidos y con el residuo elaborar las harinas de carne.

El proceso es, en sí, esterilizante, como queda dicho, pero si no se toman las medidas apropiadas, la re-contaminación puede suceder fácilmente: basta que se usen los mismos camiones que acercan los materiales frescos para ser procesados y luego entregar las harinas de carnes a los clientes o que no se separe bien el área “sucía” de la planta (la que maneja el material fresco) del área “limpia” (la que maneja el material ya procesado y almacenado para entregar a los destinatarios). La circulación del personal entre ambas áreas, el empleo de bolsas ya usadas anteriormente para el mismo destino, son otras posibles fuentes de re-contaminación de los materiales que salieron esterilizados luego de la cocción.

La humedad se elimina por evaporación en buena medida y las grasas se recuperan por ruptura de sus células y fusión posterior. Terminada la cocción, la grasa sobrenadante se retira por salidas a distinto nivel en la caldera de cocción. Las proteínas y la grasa que no fluye en la operación anterior se separan más tarde por presión hidráulica discontinua. Esta presión separa la grasa de la proteína y del resto de agua en que se cocinó todo el material fresco. El líquido que no es grasa se condensa y devuelve al material proteico y el todo es secado para llevar su humedad a un nivel de entre 6 y 10 %.

Una variante de la cocción de estos materiales es hacerla con vapor de agua y bajo presión denominada “desgrase en seco” (*dry rendering*, en inglés). El subproducto de este método de cocción se llama “*tankage*” y también “*meat scraps*” en inglés. Este sistema se usa para la elaboración de materiales que darán, sin necesidad de mezclar partidas un nivel de 60 % de proteínas. En nuestro medio se lo denomina simplemente “harina de carne 60”, por el 60 % de su contenido proteico.

El excesivo calor es malo para las proteínas y puede producir la reacción de Maillard con secuestro de aminoácidos (lisina) y destrucción de metionina y de cistina. La cocción en presencia de abundante grasa protege a las proteínas. La grasa se afecta primero y cuidar de la calidad de la grasa es primordial para el procesador por lo que indirectamente se beneficia la proteína.

La temperatura que se utiliza ronda entre 104 y 120°C dependiendo del tipo de procesador y de los tejidos procesados. Estas temperaturas se consiguen al final de la cocción cuando se evaporó la mayor parte de la humedad. Mientras hay suficiente humedad, la temperatura se mantiene sólo un poco por encima de los 100 °C.

Con 55°C durante 1 hora o a 60°C por 15 a 20 minutos se destruyen las *Salmonellas* que son organismos oportunistas.

Las temperaturas a las que se llega en la cocción matan los microorganismos presentes. Preservar esa sanidad de las harinas de carne y otras harinas animales se logra, como ya se comentó, cuando el diseño de la planta elaboradora y el manejo de la misma, se hace de tal modo que nunca hay contacto entre la materia prima cruda que llega y el producto cocido, y los camiones que traen el material crudo no se usan para entregar las harinas o, si se usan los mismos camiones para ambos viajes, se lavan y desinfectan antes de cada entrega.

La temperatura a la que se produce el prensado para la presentación, en comprimidos: (80°C (176°F), por 5 minutos) o la “extrusión” (93 a 176°C (200 -350°F) por 45-60 segundos) de los ingredientes de una ración mezclada en la planta de alimentos balanceados también obran como esterilizantes de microorganismos patógenos.

Hay variación en los tipos de harinas de carne por distintos tipos de material cocinados más que por el empleo de distintos procesamientos. Mucha de la proteína de tejidos grasos y huesos (de la separación en carnicerías y plantas de preparación de bandejas para supermercados de la carne para la venta, de los huesos, tendones y grasa excedente) y de colágeno (del tejido conjuntivo, de baja calidad nutritiva) tiene poca proteína globular (la de buena calidad). La proporción entre estos dos tipos de proteínas (colágeno y proteína globular) harán variar la calidad de la harina de carne resultante.

Cuanto más hueso interviene en la harina de carne, más colágeno (gelatina) habrá en la misma y este colágeno tiene un nivel bajo de aminoácidos esenciales. El tenor de colágeno referido al total de proteínas de una harina de carne, denota la calidad de la misma. (Es cantidad de colágeno dividida por la proteína total = colágeno / proteína total).

Relación menor a 15 % = harina de carne excelente.

Entre 15 y 20 = muy buena

Entre 20 y 25 = buena

Entre 25 y 40 = mediocre

Entre más de 40 = mala

Existen diversas técnicas para realizar la determinación de colágeno (da Silva et al., 2015), al utilizar la técnica de Dufour que es un método multi-enzimático que mide el tenor de “hidroxiprolina”, se multiplica la cantidad obtenida por 7.2 (hidroxiprolina x 7,2) y luego se la relaciona con el total de proteína de la harina en estudio. (Cantidad de colágeno dividido por proteína total de la muestra). Un ejemplo sería: valor de hidroxiprolina = 93,75. Este valor multiplicado por 7,2 = 675 y la relación con la proteína de la harina de carne en verificación (harina de carne de 45 % de proteína) dará un tenor de colágeno de  $675 / 45 = 15$ .

En la práctica se hace la determinación de lisina asimilable por el método de Carpenter (AOAC, 2006), más frecuentemente que la determinación de la riqueza de colágeno.

Existe la posibilidad de tratar la harina de carne con solvente para extraer la mayor parte de la grasa que el sistema de cocción y presión hidráulica no consiguió quitarle, este sistema no se usa mucho en la Argentina. Se vislumbra la posibilidad de preservar estos subproductos crudos haciéndolos igualmente útiles mediante el ensilado con ácidos orgánicos (ácido fórmico por ejemplo) o con ácidos inorgánicos (ácidos sulfúrico o clorhídri-

## CONCENTRADOS PROTEICOS

co). La estabilidad del material ensilado se logra al bajar el “pH” (a pH 2 para los ácidos inorgánicos y a pH 4 para los ácidos orgánicos) lo que evita el desarrollo microbiano.

También por fermentación láctica con ácido fórmico y ácido propiónico, agregando melaza, como hidrato de carbono y un cultivo de *Lactobacillus plantarum* (o también con *Lactobacillus acidophilus*) que llevan al material a un pH que lo preserva, al igual que a los silajes mencionados en el capítulo anterior.

Este método mejora la disponibilidad de los aminoácidos respecto de lo que sucedería con el mismo material preservado por calor. Se aplica este método para usar estos subproductos como agentes de palatabilidad en alimentos para animales de compañía, por ejemplo, además de su aporte de nutrientes de mejor digestibilidad. Si bien se produce en cantidades más limitadas de acuerdo con necesidades de uso que son por ahora muy chicas en relación con el gran volumen que se trata por calor pues el motivo principal del uso del calor es recuperar la grasa.

Una última forma de conservar estos subproductos de origen animal es la de refrigerarlo o congelarlo, que se practica en los criaderos grandes de visones y zorros, principalmente. El costo de este procesamiento es el más alto de todos los mencionados, pero se justifica en estas crianzas.

La proporción en que se mezclen huesos con vísceras y otras partes cárnicas (tejidos blandos) dará lugar a harinas de carne de distintos tenores de proteínas. Cuando se cocinan estos materiales (vísceras, por un lado, cabezas y huesos de patas y costillares por otro, por ejemplo), resultan productos de muy distintos valores en proteína los que se identifican con los valores logrados en cada partida para mezclarlos posteriormente con otras partidas y llegar así a una uniformidad de valores como son los que se comercializan en el mercado. Así es como surgen las harinas de carne de 40/45 % de proteínas, de 50/55 % y de 60/65 %.

Para llegar a esta uniformidad comercial, entre otras maneras puede usarse el método del cuadrado de Pearson para definir las cantidades de materiales de distintos valores a mezclar.

Ejemplos:

Tenemos dos partidas de subproducto de “grasería”: una con 70 % (mayormente vísceras, por ejemplo) y otra con 32 % de proteínas respectivamente (mayormente materiales con predominio de huesos) y se desea comercializarla como harina de carne de 60 %PB. Su mezcla se calcula restando valores en sentido diagonal:

$$\begin{array}{r}
 70 \qquad \qquad 28 \rightarrow (60-32=28) \rightarrow 28/38 \times 100 = 73,70 \% \times 70 \rightarrow 51,59 \\
 + \quad \searrow \quad \nearrow \\
 \quad \nearrow 60 \quad \searrow \\
 32 \qquad \qquad \frac{10}{38} \rightarrow (70-60=10) \rightarrow 10/38 \times 100 = \frac{26,70 \%}{100 \%} \times 32 \rightarrow \frac{8,54}{60}
 \end{array}$$

Las cantidades del primer cálculo (28 y 10) se convierten en proporción de la suma de las mismas (38) que convertida en el 100 % de la mezcla, se define la participación porcentual de cada partida y de ahí surgen las proporciones en que se mezclarán las partidas de 70 % (que será del 73,70 %) y 32 % (que será del 26,70 %). Los cálculos posteriores dirán que se llega a la cantidad de proteínas esperadas:

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Si en cambio la demanda solicita harina de carne de 45 %PB, las proporciones a mezclar (usando, por ejemplo las mismas producciones de 70 y 32 % respectivamente) serían las siguientes:

$$\begin{array}{r}
 70 \qquad 13 \rightarrow (45-32=13) \rightarrow 13 \times 100/38 = 34,21 \% \rightarrow y \times 70 \rightarrow 23,95 \\
 + \quad \swarrow \quad \nearrow \\
 \quad \quad 45 \quad \searrow \quad \swarrow \\
 32 \qquad \frac{25}{38} \rightarrow (70-45=25) \rightarrow 25 \times 100/38 = \frac{65,79 \%}{100 \%} \rightarrow y \times 32 \rightarrow \frac{21,02}{44,97 \%}
 \end{array}$$

Mezclando 13 partes de la partida de 70 % de proteínas con 25 partes de la partida de 32 % de proteínas tenemos 100 partes de 45 % de proteínas.

En la práctica se mezclarán 34 % de harina de carne de 70 % con 66 % de harina de carne de 32 % lo que redondea 45 % de proteínas. Las variaciones en los materiales que se tratan por calor y desgrasan y luego se mezclan, hace que se clasifican con una tolerancia de 5 puntos de proteína por tipo de harina de carne: 40/45 %; 50/55 %; 60/65 %.

Este tipo de concentrado proteico es de los más variables en su análisis de aminoácidos donde se encuentran muchos desvíos porque la materia prima con que se preparan es muy heterogénea.

Parámetro analizado	Por cocción		Por solvente	
	Valor esperado	Variación %	Valor esperado	Variación %
Humedad	6,00 %	5,00 a 10,00	7,00 %	5,00 a 10,0
Proteína	50,00 %	48,50 a 52,50	50,00 %	48,50 a 52,50
Grasa	8,00 %	7,50 a 12,00	2,00 %	1,00 a 4,00
Fibra bruta	2,50 %	1,50 a 3,00	2,50 %	1,75 a 3,50
Cenizas	28,50 %	27,00 a 33,00	30,00 %	29,00 a 32,00
Calcio	9,50 %	9,00 a 13,00	10,50 %	10,00 a 14,00
Fósforo	5,00 %	4,00 a 6,50	5,50 %	5,00 a 7,00
Sal	Máximo 1,50 %			

**Tabla 113:** Composición química de la harina de carne 50/55 % o también llamada harina de carne y hueso (meat and bone meal) expresada en porcentaje base a alimento tal cual.

El olor típico de este alimento es el de carne cocida y sebo/grasa fresca. En los meses de verano o cuando este alimento se almacena por varios meses un olor a rancio indicará la alteración de la porción grasa y la determinación de acidez dará un valor de esta alteración para actuar en consecuencia.

Tener presente que con la rancidez de la grasa (en este caso la contenida en la harina de carne y hueso) se afecta la palatabilidad, la energía aprovechable y la estabilidad de las vitaminas liposolubles y también la aceptación plena por parte de los animales.

La verificación de la calidad de este alimento es motivo de más atención que la que se dedica a la mayoría de los otros alimentos. Así es como se enumeran una serie de condiciones que debe cumplir además de encuadrarse dentro de los valores de análisis. No más del 11 % de la proteína total puede ser indigerible (6,6 % en una harina de carne de 60 %

## CONCENTRADOS PROTEICOS

de proteína). Una cantidad mayor indicaría la inclusión de proteínas no aprovechables: restos de cuero, plumas de aves, pezuñas o cuernos molidos, todos los cuales aumentan a menor costo el valor de proteína bruta - “nitrógeno” x 6,25 - pero que no será aprovechable.

El total de materia digerible debe ser como mínimo del 90 %. La digestibilidad por pepsina indica la disponibilidad de la proteína de la carne o sea su valor biológico aproximado (método AOAC# 7040-7046).

Las cenizas no deben superar 6,5 veces el valor del contenido de fósforo y el calcio no debe ser más de 2,2 veces el valor del fósforo que debe ser de un mínimo de 4 % (en harinas de carne 50 %). (De superarse estos extremos acusaría la presencia de minerales - siempre de menores valores alimenticio y comercial, como carbonato de calcio o conchilla, tierra, arena, etc.-) como se comentaba en párrafos anteriores.

Respecto del % de sal, éste no debe superar el 1,50 %. Una cantidad mayor haría sospechar de la presencia de restos (recortes) de cuero fresco salado (no digerible).

Con un programa de formulación se pueden hacer múltiples comparaciones de aportes de nutrientes con vistas a la elección de la combinación más económica. La comparación mostrada es sólo para dar un ejemplo de los varios aportes de la harina de carne.

Alimentos:	Fósforo total	Aprovechamiento
Harina de carne 50 %	4 a 5 %	100 % asimilable
Harina de soja 44 %	0,60	Sólo 1/3 asimilable en los concentrados proteicos vegetales (por fósforo fítico)
Harina de soja 50 %	0,65	
Harina de lino	0,80	
Harina de algodón	1,20	

**Tabla 114:** Aporte de fósforo para animales monogástricos de distintas fuentes de concentrados proteicos.

Se recomienda la técnica microscópica para su evaluación que no es otra cosa que la observación de sub-muestras del alimento con lupa y se justifica su uso más que en otros alimentos ya que permite identificar muy bien los agregados de materiales extraños mencionados en otros párrafos y a un costo mucho menor que el de los análisis químicos y en un mínimo de tiempo. En una harina de carne detecta la presencia de restos de cuero, cuernos, pezuñas, pelo, entre otros materiales que no aportan nutrientes pero que en un análisis de proteína (Kjeldahl) de rutina, elevan el porcentaje de nitrógeno que no es aprovechable.

La estructura física de cada compuesto es bien identificable con la lupa, aun cuando haya pasado por la “prensa” para hacer comprimidos; pero no es útil cuando pasan por el “extrusor” que altera esas estructuras diferenciables. La actitud de los usuarios de los concentrados proteicos de origen animal, frente a los posibles contaminantes y de manejos que afecten sus calidades, mencionados en los párrafos anteriores, es la de identificar el origen de sus compras por proveedor, seguir sus desempeños en las fórmulas preparadas, además de vigilar los respectivos análisis de sus muestras. Con esta información se elige el o los proveedores confiables.

Respecto de la presentación, las harinas de carne, deben molerse a una finura tal que el 95 % pase por tamiz de malla # 10. (US Screen 10). Con moliendas más gruesas aparecen astillas de hueso que son peligrosas en animales pequeños, se separan de la mezcla, pasan de largo por el aparato digestivo y a veces se clavan en las mucosas con las molestias consiguientes.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Para comparar la oferta de aminoácidos de estas tres harinas de carne, mostrando las diferencias y su evaluación frente a la principal fuente de aminoácidos (por su volumen) en la Argentina, que es la harina de soja, se presentan en la tabla 115, los resultados de los análisis para evaluar la composición en aminoácidos.

Al comparar los aportes de los alimentos que siguen se nota la bondad de las harinas de carne de 60 y de 50 % de proteínas en sus aportes de lisina y de treonina, entre los aminoácidos más limitantes. También se nota que los niveles de aminoácidos azufrados no son, en todas las harinas de carne, salvo en la harina de aves, mejores que los de la harina de soja que son a su vez limitantes en este concentrado proteico vegetal.

Aminoácidos:	Harina de carne 60 %	Harina de carne 50 %	Harina de aves 55 %	Harina de carne 40 %	Harina de soja 44 %	Grano de maíz 8 %
Metionina	0,80	0,62	0,87	0,48	0,62	0,18
Cistina	0,50	0,48	1,10	0,30	0,66	0,19
Metionina + cistina	1,30	1,10	1,97	0,78	1,28	0,37
Lisina	3,80	2,47	2,60	1,86	2,67	0,25
Treonina	2,40	1,55	2,18	1,17	1,72	0,30
Triptófano	0,65	0,30	0,55	0,17	0,59	0,06
Arginina	3,60	3,30	3,58	3,06	3,18	0,39
Leucina	5,10	2,95	3,94	2,14	3,42	1,03
Isoleucina	1,90	1,33	2,06	0,94	1,95	0,28
Histidina	1,90	1,04	0,99	0,68	1,17	0,25
Humedad	9,00	9,00	9,00	9,00	12,00	12,00
Proteína bruta	60,00	48,78	54,95	41,96	44,11	8,48

**Tabla 115:** Aportes de aminoácidos de distintos concentrados proteicos agregando a los mismos, los aportes del grano de maíz que es la fuente más importante de energía para mostrar las diferencias.

En estos aminoácidos (los azufrados) se nota que la harina de aves tiene una ventaja que es mayormente en cistina que no es el más importante de los dos azufrados, pero resulta ahorrando metionina con su contribución. En lisina y treonina, la harina de aves muestra su valor comparable a los de las otras harinas de carne excepto para la harina de carne 60 % que los tiene más altos.

En cuanto al triptófano sólo la harina de carne “60”, tiene algo más que la harina de soja y la harina de aves tiene alrededor de la misma cantidad de este aminoácido esencial que la harina de soja.

Frente a todo esto, se nota que la harina de carne ‘40’ es la de aportes menores de los aminoácidos esenciales más limitantes (acusa la presencia de mucho colágeno, de bajo perfil de aminoácidos esenciales) y en consecuencia resulta una fuente de fósforo y calcio (sobre todo de fósforo) más que de aminoácidos esenciales. En otros países aparecen los fosfatos (fosfato dicálcico, mayormente) como aportes de fósforo en lugar de los de las harinas de carne o cenizas de hueso.

Verificada la calidad de la harina de carne, su máximo uso estará limitado por el aporte de fósforo que haga. Este nutriente es el limitante de la cantidad máxima a usar. En aves, un exceso de fósforo limita el crecimiento de los animales y la conversión de

alimento a carne y afecta la calidad de la cáscara de los huevos. Un exceso de calcio y fósforo secuestran el manganeso apareciendo problemas de perosis (problemas serios de patas). Sucede lo mismo con los cerdos, por exceso de estos minerales (Ca y P), afectando al zinc con lo que aparecen problemas de paraqueratosis (engrosamiento de la piel con pérdida de pelo). Esto significa que la limitación es mayor para la harina de carne 40/45 % y menor para las otras dos, en cantidades decrecientes según aumenta su valor en proteínas y disminuyen las cenizas.

Como se mencionó en párrafos anteriores los concentrados proteicos de origen animal están prohibidos para alimentar rumiantes por la vinculación que han tenido con el Síndrome de encefalopatía espongiforme bovina (síndrome de la “vaca loca”) al ser vehículos del “prion” causante del mismo, reconocido por el Reino Unido en 1986. Este “prion” es un nuevo patógeno sin precedentes por el hecho de no poderse desactivar usando los métodos tradicionales para destruir los patógenos antes conocidos. Ni aún con métodos extraordinarios que desnaturalizan el material a elaborar.

Por esto, en los países con el problema de Encefalopatía Espongiforme Bovina (*BSE*, en inglés) está prohibido el uso en la alimentación de rumiantes de las harinas de carne y muchos de los países libres de la enfermedad, como el nuestro, han tomado la misma decisión hasta resolver totalmente esta situación en los países afectados.

#### **Harina de pescado (*fish meal*, en inglés)**

A modo de ejemplo y dependiendo la especie: (IFN 5-01-985), para harina de anchoveta o “*Engraulis anchoita*” (de las costas peruana, chilena y ecuatoriana).

La harina de pescado es el producto resultante de la cocción y desgrase del pescado entero y/o de restos de su industrialización para consumo humano. Alrededor del 30 % de la pesca no es apta para consumo humano y es la materia prima para producir harina de pescado para consumo animal: unos 25 millones de toneladas anuales, siendo Perú y Chile los mayores productores.

De la producción mundial de harina de pescado, el 90 % es de “peces de aceite”: anchoveta (Perú, Chile, Ecuador), capelín y menhaden, especie de sábalo (en el Atlántico norte). Menos del 10 % se hace a partir de peces blancos: bacalao (*cod*, en inglés) y had-dock (parecido a la merluza).

Es preferible la harina de pescado proveniente del pescado completo (harina de anchoveta, por ejemplo) que de los restos de la elaboración del pescado para consumo humano: harina de pescado de atún o de caballa, por ejemplo.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Estas tienen más escamas (no digeribles por la queratina de su composición) y más hueso (mayor % de cenizas).

Análisis:	Promedio general	Rango de variación
Humedad %	6,5	5,5-8,5
Proteína bruta %	60,0	58-68
Grasa %	6,0	4,0-8,0
Fibra bruta %	1,0	0,5-1,5
Cenizas %	21,0	15,0-26,0
Calcio %	6,0	5,0-7,0
Fósforo %	3,0	2,5-4,0

**Tabla 116:** Composición química promedio de varias harinas de pescado mencionadas.

Los datos presentados en la tabla 116 son orientativos respecto a la composición química promedio de especies del hemisferio norte.

En la tabla 117 que sigue, los valores que se mencionan son porcentajes de la proteína (que es de 63,6 % en este estudio) y resalta el contenido de lisina; pero la densidad de nutrientes se extiende a los valores también altos de los otros aminoácidos nombrados, de variación relativamente baja y también de coeficientes de digestibilidad muy importantes.

Aminoácido:	Promedio de aminoácidos en proteína (%)	Coeficiente de variación (%)	Coeficiente de Digestibilidad	
			Aves (%)	Cerdos (%)
Metionina	2,73	7,5	92	89
Metionina + cistina	3,63	6,8	87	85
Lisina	7,33	7,9	89	89
Treonina	4,08	5,9	90	88
Triptófano	1,06	12,1	88	86

**Tabla 117:** Composición en aminoácidos y su coeficiente de digestibilidad de harina de pescado con 63,6 % de proteína bruta (Evonik, 2016).

El autor califica a estas cifras de “referenciales” de la harina de pescado, pero hay variaciones según origen y forma de procesar el pescado, como puede verse en la tabla 118 que sigue, del mismo autor.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

País de origen:	Proteína Bruta		Metionina en proteína		Lisina en proteína	
	% promedio	Coficiente de variación	% promedio	Coficiente de variación	% promedio	Coficiente de variación
Chile	67,0	4,1	2,69	12,55	7,43	10,37
Perú	65,60	4,9	2,75	11,08	7,53	10,03
Dinamarca	69,50	2,3	2,63	15,52	6,92	11,04
India	46,10	18,6	2,07	12,96	5,69	8,16
Indonesia	53,60	22,3	2,26	20,27	5,59	27,56

**Tabla 118:** Porcentaje de proteína y proporción de metionina y de lisina en relación al porcentaje de proteína de las harinas de pescado de distintos países de origen (Evonik, 2016).

Los concentrados proteicos de origen animal son más variables pues dependen de más factores que pueden alterar sus análisis y su digestibilidad. Es cuando se incorporan partes de pescado (cabezas, cola, escamas) y no pescados enteros que aparecen las diferencias en calidad.

La tabla que antecede muestra la diferencia de calidad expresada en proteínas y más aún en aminoácidos como porcentajes de las respectivas proteínas. Los coeficientes de variancia dan también una idea de las uniformidades de las mejores fuentes de harina de pescado.

Obsérvese el buen aporte proteico de las harinas de Perú y Chile cercanas a nuestros mercados. Las harinas de pescado locales tienen más parecido con las asiáticas porque son mayormente de subproductos del proceso de “fileteado” y no de pescado entero como las tres primeras de la tabla anterior.

El aceite de pescado obtenido del “desgrase” se usa para producir margarina y aceites comestibles y contiene cantidades importantes de ácidos grasos poli-insaturados (“PUFA”, o “*poly unsaturated fatty acids*”, en inglés) de cadena larga conocidos como “Omega 3”(o alfa linolénico). Se los identifica como “LC n-3 PUFA’s” (*long chain n-3 PUFA*), importantes para el desarrollo de inmunidad contra enfermedades.

Hay dos importantes: el ácido graso eicosapentaenoico (EPA) de C20 (20 carbonos) y el docosahexaenoico (DHA) de C22 (22 carbonos). Ambos son producidos, originalmente, por algas, fitoplancton y zooplancton (organismos microscópicos) que son consumidos por los peces y de ese modo pasan estos ácidos grasos a la cadena de la alimentación.

Los peces son casi la única fuente de ácidos grasos “EPA” y “DHA”. En la harina de pescado, queda aproximadamente 8-10 % de aceite de pescado que es rica en “LC n-3 PUFA’s”, aproximadamente entre un 20 y 30 % de esos 8 a 10 % del aceite (serían 2 % y 3 % respectivamente, para el caso de un 10 % de Aceite).

Para mostrar la importancia del aporte de estos ácidos grasos en la tabla 119 se puede observar la comparación del contenido de los ácidos grasos “omega-3” y el de los “omega 6” y la relación entre omega 6: omega 3 de distintos concentrados proteicos.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Lípidos en aceites y en grasas:	Total de Omega 6	Omega 3 ácido Linolénico	Omega 3 C20+	Omega 3 Total	Relación O.6: O.3
De enhaden (tipo de sáballo), pez	3,9	0,9	23	23,9	0,16
De arenque, pez	3,3	0,6	16,2	16,8	0,20
De cerdos	11	0,6	0	0,6	18,30
De poroto de soja	54,4	7,1	0	7,1	7,67
De maíz grano	50,4	0,9	0	0,9	56
De lino, semilla	14,5	56	0	56	0,26
De nabo, semilla	29,5	10	0	10	2,95
De algodón, semilla	27,5	-	0	0	>100
De girasol, semilla	65	0,1	0	0,1	>100
Lípidos en harinas					
En harina de anchoveta (*)	4,1	0,4	33,9	34,3	0,12
En harina de arenque (*)	2,4	1,1	26	27,1	0,09
En germen de trigo	54,8	6,9	0	6,9	7,9

(\*) Los valores en estos dos alimentos se dan como porcentaje de los lípidos de las respectivas harinas; en el resto de los ejemplos se trata de "gramos" de ácidos grasos omega 6 o de omega 3 por cada 100 gramos de ácidos grasos. Notar los valores altos de los valiosos omega 3 en los aceites de los peces mencionados y en sus harinas y el valor alto de ácido linolénico en la semilla de lino que tiene la capacidad de producir los EPA y DHA, con un rendimiento menor que las harinas de pescado.

**Tabla 119:** Contenido de ácidos grasos omega 3 y omega 6 y relación omega 3: omega 6 en distintas grasas y aceites contenidos en diferentes concentrados proteicos utilizados en alimentación animal:(IAFMM, 1998)

La "IAFMM" es la "International Association of Fish Meal Manufacturers" (Asociación internacional de procesadores de harina de pescado) que tiene un servicio permanente para productores de alimentos (los usuarios de estas harinas), con expertos en nutrición, bacteriología, ingeniería y desarrollo de productos.

Para beneficio de los animales, las harinas de pescado retienen en su grasa más altas cantidades de ácidos grasos omega (AGO) "3" especialmente EPA y DHA que el aceite del mismo tipo de pescado (verificarlo en la tabla que precedió estos párrafos) y hace que la relación entre los ácidos grasos omega 6 y los omega 3 (ejemplo para el aceite de arenque:  $3,3 / 16,8 = 0,20$ ) sea muy favorable.

Para la especie humana el óptimo es una relación de 5:1 pero la más frecuente en las dietas está entre 10:1 a 25:1. Estos valores, de no corregirse, dan lugar a varias enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer, procesos inflamatorios y autoinmunes y otros desórdenes físicos. Las raciones para aves o para cerdos a base de "maíz-soja", tienen predominio de ácido linoleico. Los humanos y la mayoría de los animales pueden usar ácido linoleico (C18) para producir EPA y DHA pero si la relación omega 6 / omega 3 es muy alta (gran predominio de omega 6) la transformación es poca o hasta nula. La incorporación de estos ácidos grasos preformados es más eficiente que la transformación a partir del ácido linoleico. Estos "ácidos grasos omega 3" son muy importantes para el desarrollo fetal (sistema nervioso: cerebro y ojos) y para el desarrollo de inmunidad contra enfermedades.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Se hablará más en nutrición y alimentación humanas de estos ácidos grasos y de hecho ya hay leches y huevos de consumo entre otros alimentos, en los cuales se incorporan los “ácidos grasos omega 3”.

En animales como los gatos se necesita el ácido graso EPA preformado. Además necesita del aminoácido taurina preformado y la harina de pescado es uno de los alimentos más ricos en taurina (excepto en la harina de pescado blanco -“white fish”- que no es habitante de nuestras costas).

Todo lo dicho avala la importancia que se le adjudica a la harina de pescado para las especies animales y el consumo de pescado para la especie humana. El precio y la oferta de harinas de pescado limitan su incorporación principalmente a dietas para la cría de peces (trucha y salmón), aves, cerdos (en lo posible en las primeras edades) y en animales de compañía (gatos) y pilíferos (visones, zorros).

Parámetro analizado:	Mínimo %	Máximo %
Humedad %	6,00	9,00
Proteína bruta %	60,00	
Digestibilidad de la proteína %		90,00
Grasa %		12,00
Cenizas %		22,00
Insolubles en ácido clorhídrico %		2,00
Sal %		2,00
Fibra bruta %		2,00
Calcio %	4,00	7,00
Fósforo %	2,50	3,50

**Tabla 120:** Rangos aceptados en la industria nacional (Argentina) para la compra de harina de pescado.

La relación calcio: fósforo debe ser de alrededor de 2:1. Una relación mayor indicaría que se le ha agregado carbonato de calcio o conchilla y esta limitación vale, como ya se mencionó, para las harinas de carne y de ave también.

Luego siguen las mismas determinaciones complementarias que para las harinas de carne a las que se les suman: índice de iodo mínimo 100, para determinar el posible grado de oxidación del aceite de pescado y el de la digestibilidad por pepsina.

La digestibilidad por pepsina de la proteína de pescado es usada para determinar la disponibilidad biológica de la misma. La digestibilidad “*in vitro*” da valores que en general coinciden con las pruebas biológicas. Las mejores harinas de pescado llegan hasta el 95 % de digestibilidad de su proteína total. Los valores bajos de digestibilidad pueden ser síntomas de distintos problemas: descomposición de parte de la materia prima, altas temperaturas de procesamiento, o almacenamiento por mucho tiempo (agravado si no está protegida por un antioxidante). La materia grasa (aceite de pescado) es muy insaturada (de ácidos grasos de cadena larga-(C20+)-y poliinsaturados: “PUFA” (“*poly unsaturated fatty acids*”, ya descriptos). Su facilidad para oxidarse genera considerable calor que puede llegar a la auto combustión o combustión espontánea en el almacenamiento, si carece de un antioxidante.

Si el material es mal procesado, con insuficiente cocción, la harina de pescado tendrá niveles altos de tiaminasa que destruirá la Vitamina B1 (el pescado crudo es un clásico

inhibidor de vitaminas) y habrá peligro de putrefacción de la misma, pero es más frecuente el exceso de cocción al querer recuperar aceite en mayor cantidad y más fácilmente.

El tratamiento por calor de los materiales para producir harina de pescado cuando se exceden los límites tolerables y se sobrecalienta, produce “gizzerosina” (nombre dado en Japón -en 1983- al causante, en aves, de la erosión de la molleja (gizzard, en inglés) y/o del proventrículo y su aumento de tamaño. La “gizzerosina” es el resultado de la descomposición por el calor excesivo de parte de la proteína que estimula en gran cantidad a la secreción gástrica (en una concentración muchas veces mayor a la necesaria para una digestión normal) provocando una gran irritación de la molleja que resulta erosionada y debido a esto determinando pérdidas de rendimiento de los animales, y mortandad, luego de sufrir vómitos que por su color se le llama “vómito negro” (esto es el resultado del efecto de la irritación provocada por la hiper secreción gástrica).

La descomposición de la proteína da lugar a materiales detectados como nitrógeno no proteico además del olor que desprende por su descomposición. El máximo de nitrógeno no proteico tolerado es del 0,32 %. El máximo de cenizas insolubles es del 2,50 % (sobre todo la que se trata de limitar si existe es la arena, a un máximo de 1 %).

En cuanto a la cantidad de sal se limita a un máximo de 3 %. En las normas técnicas que rigen las compras de harina de pescado nacional se menciona máximo 2 % de sal. La variabilidad que ocurre en la oferta de harina de pescado ha promovido el cálculo de ecuaciones de predicción del valor energético para aves. La energía metabolizable (por kilogramo de materia seca) =  $39,50 \times \text{proteína bruta} + 64,50 \times \text{grasa}$  (ambos: proteína y grasa, son en base a materia seca).

Para harinas de carne la EM sería =  $3570 + 60 \times \text{grasa} - 45,5 \times \text{cenizas}$  (Larbier & Blum, 1981).

La harina de pescado es una de las menos degradables en el rumen y de muy buena digestibilidad en el intestino delgado con aminoácidos complementarios de la proteína microbiana y similar a la necesidad de los tejidos. Los países que tienen provisión abundante de esta harina pueden aprovechar esta ventaja en vacunos lecheros (los países nórdicos, entre ellos).

Con la observación microscópica (lupa) se verifica la posible presencia de arena en cantidades más allá de lo inevitable en una buena práctica operatoria y contaminaciones con materiales de calidad inferior (exceso de escamas y huesos, por ejemplo, cuando no por agregado de harina de carne).

La harina de pescado tiene 10 a 15 veces más calcio y 4 veces más fósforo que la mayoría de las harinas de semillas oleaginosas. Las harinas de pescado preferidas provienen de sardina (Pilchard), anchoveta en nuestro hemisferio y menhaden (especie de sábalo), abundante en el hemisferio norte.

El proceso de obtención de harina de pescado es similar al de la producción de harina de carne. Cuando se produce la separación del aceite de pescado, que flota por encima de los otros líquidos, y se descarga, se prensa el material sólido. De este prensado se separa más aceite de pescado y un líquido acuoso. Este líquido acuoso se condensa por evaporación de buena parte del agua de constitución (“stickwater”, en inglés) y se identifica como solubles de pescado condensados (*condensed fish solubles*, en inglés) (IFN 5-01-969). Estos solubles se comercializan tal cual o se incorporan a la porción sólida ya desgrasada y se completa el secado del conjunto.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Nutrientes:	Porcentaje esperado ( %)	Rango de variación ( %)
Humedad	50,00 (>9 %) (*)	48,00 a 53,00
Proteína bruta	30,00 (<60)	30,00 a 34,00 (**)
Grasa	6,00 (>12)	3,00 a 10,00
Fibra bruta	0,50 (>2)	0,00 a 2,00
Cenizas	9,00 (>22)	6,00 a 11,00
Calcio	0,10 (4 a 7)	0,05 a 0,60
Fósforo	0,50 (2,5 a 3,5)	0,40 a 0,80
Sal	4,00 (>2)	2,00 a 7,00
Sólidos totales	50,00 (91)	47,00 a 52,00
Ph	4,75	4,25 a 5,25

(\*) los valores entre paréntesis corresponden a la harina de pescado.  
 (\*\*) para identificarlo como "solubles de pescado" debe tener no menos de 30 % de proteínas.

**Tabla 121:** Cuando los solubles de pescado se comercializan aparte deben cumplir con el siguiente análisis sobre material tal cual:

Por su riqueza en nutrientes de fácil asimilación, se usa en alimentos especiales, para peces en cautiverio: truchas, salmones; para animales en sus primeras edades; en reproductores y en animales como gatos, pilíferos (zorros, visones y nutrias) y algunos animales de laboratorio (ratas, lauchas, hámsteres, entre otros). Para estos animales cuadrúpedos también obra como factor de palatabilidad.

Volviendo a la harina de pescado, para evaluar su contribución en aminoácidos, comparamos la harina de pescado, la harina de carne 60/65 % y la harina de aves con la harina de soja para que resalten o se hagan visibles sus bondades:

Parámetro analizado: %	Harina de pescado	Harina de carne 60	Harina de aves	Harina de soja
Metionina	1,90	0,80	0,87	0,62
Cistina	0,65	0,50	1,10	0,66
Metionina + cistina	2,55	1,30	1,97	1,28
Lisina	5,17	3,80	2,60	2,67
Treonina	2,83	2,40	2,18	1,72
Triptofano	0,79	0,65	0,55	0,59
Arginina	3,87	3,60	3,58	3,18
Leucina	5,01	5,10	3,94	3,42
Isoleucina	2,74	1,90	2,06	1,95
Histidina	2,02	1,90	0,99	1,17
Humedad	9,00	9,00	9,00	12,00
Proteína	65,75	60,00	54,95	44,11

**Tabla 122:** Comparación del aporte en aminoácidos de la harina de pescado, la harina de carne 60/65 %, la harina de aves con la harina de soja, expresados en porcentaje (Evonik, 2016).

La humedad conviene que se ubique entre un 6 y un 12 %. A más de 12 % existe el peligro del desarrollo de mohos con el posible peligro de las toxinas que potencialmente

pueden generar, además de provocar pérdidas en nutrientes. Y a menos del 6 % hay peligro de desnaturalizar parte de la proteína.

En esta comparación se puede observar la importante contribución de lisina, metionina, aminoácidos azufrados totales: metionina, cistina, cisteína, treonina y triptófano, entre los más críticos para los cuales la harina de pescado tiene valores superiores a todas las otras harinas.

Las cantidades de casi todos los otros aminoácidos también son más altas en la harina de pescado que en las otras harinas.

No figura en esta comparación la harina de sangre cuyo valor en lisina supera a la cantidad contenida en la harina de pescado pero la limitación en el uso de harina de sangre por motivo de su palatabilidad resulta en una contribución final menor. Todo esto hace a la harina de pescado, uno de los alimentos más valiosos siempre que se conserven bien sus buenas cualidades originales y sea económicamente accesible.

Cuando se recoge el pescado se inicia pronto una acción enzimática de su propio aparato digestivo (proteolítica y lipolítica) y de bacterias aerobias proteolíticas: del género *Pseudomonas* y *Acromobacter* y también otras como: *Micrococcus*, *Flavobacterias* y *Corinebacterium* que disuelven las proteínas si no se actúa rápido en la preservación de sus cualidades originales. La actividad enzimática aumenta muy rápido con la temperatura ambiente sobre todo en verano. Una forma de demorar esa actividad enzimática, es el agregado de sal (ClNa.) a la que se recurre, en las bodegas de los barcos, para pesca de altura (lejos de la costa y a días de su regreso a puerto y a la planta de procesado).

El límite de sal que figura en el análisis tiende a impedir que el agregado de esa sal para preservar el material fresco recién pescado no exceda el 2 % a fin de no afectar la calidad de la harina. En la harina (una vez procesado el material fresco) no debe tener más de 7 % de sal.

Comparar con las especificaciones para la compra de harina de pescado nacional. El 7 % de sal limita seriamente la cantidad a usar en una ración: un 5 % de harina de pescado con 7 % de sal aporta 0,35 % de sal a la ración en que participa y si el máximo de sal para esa ración es del 0,5 % prácticamente elimina el agregado de sal pura pues el resto de los ingredientes (con harina de carne, con 1,5 % de sal), por ejemplo, usada al 5 % aportará 0,075 % adicional =  $0,35 + 0,075 = 0,425$  %. Con los aportes del resto de los ingredientes se llega a los = 0,5 % sin necesidad del agregado de sal como tal. Por suerte esto se da en pocas partes del mundo, pero hay que verificar el contenido de sal en la harina de pescado.

Otras formas de detener la actividad enzimática son el uso de formaldehído y de nitrito de sodio (bacteriostáticos) que se suelen usar combinados para tener una dosis que no deje residuos tóxicos y así la conservación lograda dure por más tiempo. El producto procesado no debe tener más de 0,02 % de formaldehído y en cuanto al nitrito, se va eliminando con el proceso de producción de la harina y en su almacenamiento posterior.

Estos bacteriostáticos ayudan a controlar las bacterias de la putrefacción y además favorecen el proceso de cocción y liberación del aceite, al ablandar los tejidos.

La harina de pescado es uno de los alimentos más valiosos dentro de los de alta calidad y en consecuencia uno de los más costosos. El proceso para producir esta harina debe ser más meticuloso aún que el de la producción de harinas de carne pues las consecuencias de no tener en cuenta los cuidados necesarios, son más graves sobre las proteínas y sobre el aceite de pescado.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

Las buenas prácticas de manejo de este alimento deben incluir la incorporación inmediata de un antioxidante pues los aceites de pescado son químicamente muy activos si no se trata bien el material no sólo cuando fresco sino cuando se encuentra recién procesado. Estos aceites de pescado son no saturados en un 75 % de sus ácidos grasos. Son 90 a 95 % digestibles (el sebo industrial es por comparación sólo 75 a 80 % digestible).

Es el contenido de aceite que se encuentra presente en la harina de pescado (fuera de su costo) el que limita la cantidad de harina a incorporar en las raciones para animales.

En aves, el máximo a incorporar es la cantidad de harina de pescado que incorpora en la ración hasta 1 % de aceite. Por ejemplo, con una harina de pescado con 10 % de grasa (aceite), se podrá usar, en aves, no más de 10 % de la misma para que sus carnes no tengan “gusto a pescado” que es la influencia que el aceite de pescado tendrá sobre esa carne, o en su producción de huevos, si se trata de aves de postura. El efecto del gusto a pescado se da con más énfasis primero en la piel, luego en la carne de pechuga y por fin en la carne de los muslos de pollos asados. En la práctica, esto no se da en nuestro país pues el costo de esta harina limita su uso a cantidades mucho menores. Pero sí puede darse en los países de la costa del Pacífico (Perú y Ecuador) los mayores productores de harina de pescado en sud América.

### Subproductos de aves (*poultry by products*, en inglés) (IFN 5-03-799)

El alimento subproductos de aves, consiste en el material molido, cocido y desgrasado de las partes limpias, no comestibles, de aves faenadas y estas partes son mayormente: vísceras, patas, cabezas y huevos no completamente desarrollados con exclusión de las plumas, excepto en las cantidades inevitables en la buena práctica fabril.

El producto es de color marrón claro a marrón y de olor similar a las harinas de carne (vacuna), con un dejo que recuerda a su origen diferente. Se usa la prueba de digestibilidad por pepsina para tener idea de la disponibilidad biológica de su proteína del mismo modo que con las otras harinas de origen animal.

En la tabla 123 se presenta un análisis representativo del subproducto de aves, expresado en base a alimento tal cual.

Nutrientes:	Esperado (%)	Rango de variación (%)
Humedad	6,50 (>9) (*)	4,00 a 10,00
Proteína bruta	58,00 (<60)	55,00 a 60,00
Grasa	12,50 (>12)	9,00 a 15,00
Fibra bruta	2,50 (>1)	1,00 a 3,00
Cenizas	17,50 (>22)	13,00 a 19,00
Calcio	3,20 (5 a 7)	3,00 a 4,20
Fósforo	1,70 (2,5 a 3,5)	1,50 a 2,50
Proteína “by pass”	50	-

(\*) Los valores entre paréntesis corresponden a la harina de carne de 60 % de proteínas (vacuna) para comparar.

**Tabla 123:** Análisis representativo del subproducto de aves, expresado en base a alimento tal cual.

Con la creciente importancia de la producción de alimentos para animales de compañía, se producen dos tipos de subproductos de ave.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Nutrientes:	Alta cenizas	Baja cenizas	Variación %
Proteína bruta %	55,00	65,00	55,00 a 65,00
Grasa %	6,50	11,00	6,00 a 15,00
Fibra bruta %	2,50	1,50	1,50 a 3,00
Cenizas %	18,00	14,00	14,00 a 18,00
Calcio %	4,40	3,50	3,00 a 6,00
Fósforo %	1,80	2,20	1,50 a 3,00
Humedad %	6,50	6,50	6,00 a 7,50

**Tabla 124:** Subproductos de aves o "harina de aves": la de baja cenizas (usada para gatos especialmente) y la de alta cenizas.

Las diferencias de análisis se producen usando mayor o menor proporción de vísceras respecto de patas y cabezas que son (estas partes) las que aportan más cenizas.

Comparando su contribución de aminoácidos con la de las harinas de carne resulta que los subproductos de aves superan a las harinas de carne en el contenido de aminoácidos azufrados y en los demás aminoácidos esenciales más críticos, su contribución queda entre la que hacen las harinas de carne de 60 y 50 % de proteínas respectivamente (más cerca de la harina de carne 60 %).

Su nivel de proteínas más su concentración alta en grasas, le da un nivel calórico superior al de las harinas de carne vacuna (3600 kcal, para harina de aves versus 2700 kcal, para harina de carne 60 y 1970 kcal, para la harina de carne 50 %).

Como característica adicional, y muy importante, este alimento es de buen aroma y palatabilidad para los animales a quienes está orientado su uso: animales de compañía (mascotas) y aves, principalmente.

Sería igualmente muy bien aceptado y nutricionalmente favorable para cerdos y otros animales, pero el abastecimiento local no llega para cubrir todas sus posibilidades como alimento y es absorbido por animales de compañía y aves.

### **Harina de plumas hidrolizadas (*hydrolyzed feather meal*, en inglés) (IFN 5-03-795)**

Es el resultado del tratamiento, en "autoclave", de plumas limpias y frescas (exentas de descomposición) de aves faenadas. No menos del 80 % de su proteína cruda (es casi pura proteína) debe ser digestible por el método de digestibilidad por pepsina.

Es necesario el tratamiento de calor (142 a 149°C por 30 a 45 minutos) y presión (3 atmósferas) sobre las plumas para romper las ligaduras de la "queratina" que es la principal proteína de las plumas y que no es digerible por las enzimas de la digestión hasta romper algunos enlaces químicos que dan origen a la estructura única de las plumas.

Las plumas (que son casi pura proteína), como la mayoría de los tejidos conectivos, contienen altas concentraciones de cistina y uniones disulfuro que aumentan la estabilidad de las moléculas y su resistencia a las enzimas digestivas.

Una vez hidrolizadas, son digeribles por todos los animales. El aspecto de la harina de plumas es parecido al del aserrín húmedo cuando sale del cocinador a presión, que la hidrolizó y antes de pasar por el secador, para reducir su humedad a 8 a 10 %. Resulta un ingrediente palatable, bien digerible por todos los animales.

Para evaluar su aporte de nutrientes se compara su análisis con el de harina de aves y con harina de soja siempre basados en que la harina de soja es nuestro concentrado

## CONCENTRADOS PROTEICOS

proteico de comparación en la Argentina (por sus buenos aportes y su amplia oferta en el mercado que la abastece).

Parámetro analizado:	Harina de plumas	Harina de aves	Harina de soja 44 %
Humedad %	9,00	9,00	12,00
Proteína bruta %	80,00	65,75	44,11
Metionina %	0,55	0,87	0,62
Cistina %	4,00	1,10	0,66
Metionina + cistina %	4,55	1,96	1,28
Lisina %	1,88	2,60	2,67
Treonina %	3,66	2,18	1,72
Triptofano %	0,51	0,55	0,59
Arginina%	5,35	3,58	3,18

**Tabla 125:** Análisis comparativo de la harina de plumas hidrolizadas con la harina de aves y harina de soja (expresada en base a alimento tal cual).

En la siguiente tabla, se presenta el resultado de otros parámetros analizados sobre la harina de plumas hidrolizadas en relación con la harina de aves.

Energía Metabolizable aves	3120kcal/kg (3600)	Fósforo total	0,75 % (2,40 %)
Grasa	5,00 % (14,00 %)	Fósforo inorgánico	0,75 % (2,40 %)
Fibra bruta	1,50 % (2,00 %)	Sal	0,55 % (0,35 %)
Cenizas	4,00 % (16,00 %)	Proteína de pasaje	70 % (50 %)
Calcio	0,20 % (4,00 %)	-	-

**Tabla 126:** Aporte de la harina de plumas hidrolizada en relación con la harina de aves en base a alimento tal cual. El aporte de la harina de aves se presenta entre paréntesis.

*La raíz escondida no pide premio alguno por llenar de frutos las ramas.*  
**(Rabindranath Tagore: 1861-1941)**

La proteína varía entre 80 y 85 % y su digestibilidad es del 80 % de esas cantidades cuando está bien procesada. Los valores entre paréntesis muestran las contribuciones de la harina de aves (valores promedios) para energía y nutrientes.

Se usa generalmente en cerdos y aves, aumentando la densidad nutritiva y energética, en cantidades limitadas (no más de 3 % de la ración) porque sus niveles de lisina, metionina y triptófano son relativamente bajos al compararlos con otras fuentes. Además, su palatabilidad no es buena sobre todo si la ración se ofrece a los animales en forma de harina y no en comprimidos (en comprimidos, la ración ofrece menor superficie de exposición y esto disimula mejor una baja palatabilidad).

Su nivel alto de cistina (desdoblamiento de la queratina) permite ahorrar metionina para cubrir el total de aminoácidos azufrados. Los rumiantes pueden usarla para beneficiarse por su proteína no degradable en el rumen (“de pasaje” o “by pass”).

En EE. UU. se preparan suplementos líquidos de melaza y harina de plumas hidrolizadas reemplazando con ventaja a la urea en estos suplementos. Forma una combinación estable (no se separan, de la suspensión, los constituyentes, hasta por cuatro semanas, auxiliado por 5 % de aceite de pescado (cat fish: un tipo de bagre) que además aporta energía al suplemento).

En otros países se ofrecen mezclas de distintos concentrados proteicos de origen animal donde se incluye harina de plumas y se compensan faltantes individuales de algún aminoácido, y de minerales, adaptándolos así a las necesidades de distintos animales.

La harina de plumas no goza de popularidad entre los usuarios por fallas de procesamiento, cuando no por haber sido sólo cocida, como se hace con los otros subproductos de origen animal y no tratada con calor y presión (en autoclave) para desdoblar la queratina y hacerla así digerible.

Las técnicas de microscopía identifican bien las plumas bien procesadas y las diferencian de las simplemente cocinadas sin la presión que es necesaria para hidrolizar la queratina (que provee cistina).

Un nuevo procesamiento de plumas por una “bacteria” la convierte en una harina nutritiva con menos pérdida de nutrientes que el que provoca el tratamiento por calor y presión. La Universidad de Carolina del Norte, EE. UU., tiene la patente de este procesamiento llamado “lisado de plumas”.

Una alternativa que puede utilizarse para el procesamiento de las plumas de las aves consiste en la aplicación de procedimientos biotecnológicos que permiten la obtención de harina de plumas fermentadas por las bacterias (por ejemplo: *Kocuria rosea*). Los microorganismos que se utilizan tienen la capacidad mediante sus enzimas queratinolíticas de utilizar las plumas como fuente de carbono y energía (Coello *et al.*, 2000). La harina obtenida presenta un buen contenido de aminoácidos de alta digestibilidad y menor contenido de aceite.

**Pelos de cerdo y de vacuno (*hog hair y cattle hair*, en inglés) (IFN 5-08-997) (*animal hair, hydrolyzed*, en inglés)**

El mismo tratamiento mencionado en el alimento anterior de calor y presión hace digerible al pelo de cerdo y de vacuno que se separa de los cueros en las curtiembres y en las plantas de faena. El resultado es otra fuente de proteínas de valor parecido al de las plumas hidrolizadas.

Nutrientes:	Pelo de cerdos	Pelo de vacunos	Plumas Hidrolizadas	Harina de carne 60 %
Proteína bruta %	88,10	85,40	80,00	<60,0
Grasa %	6,70	1,40	5,00	>12,0
Cenizas %	2,20	6,34	4,00	>22,0
Arginina %	8,00	9,90	5,35	3,60
Lisina %	2,90	3,60	1,88	3,80
Metionina %	0,70	0,40	0,55	0,80
Cistina %	3,50	2,90	4,00	0,50
Treonina %	5,20	7,20	3,66	2,40

**Tabla 127:** Análisis comparativo de pelo vacuno, pelo de cerdos procesados, de plumas hidrolizadas y de harina de carne 60 %. (expresada en valores tal cual) (Moran *et al.*, 1968; Coward-Kelly *et al.*, 200).

*La lectura es una conversación  
con los hombres ilustres de los siglos pasados.*

**Anónimo**

Los valores de lisina, arginina y treonina, son más altos que los de la harina de plumas pero la palatabilidad de estos pelos procesados es también baja por lo que su uso se limitará por esta circunstancia.

La verificación de la calidad de estas fuentes de proteína de origen animal se hace químicamente, como para los demás alimentos, pero la técnica de “microscopía” (con el mismo equipo de observación –la lupa- y tal como lo hace la investigación policial cuando estudia minuciosamente hechos delictivos) hace una diferenciación neta entre un procesamiento correcto y uno deficiente y entre la presencia de materiales extraños o libre de ellos.

Mediante las técnicas de “microscopía” se observan las muestras de alimento y esta observación puede distinguir claramente la presencia de cuerpos extraños y medir su cantidad y las fuentes de proteínas de origen animal pueden acusar procesamientos defectuosos como ser altas temperaturas y la presencia:

- en harinas de aves: de plumas sin hidrolizar, huesos y otros tejidos de otras especies, minerales extraños: conchilla, carbonato de calcio, arena, tierra, etc.
- en harina de plumas: mala cocción (proceso sin presión, en caldera abierta y no en autoclave).
- en harina de carne: restos de cuero, cuernos, pezuñas, pelo, plumas, urea y los otros materiales ya mencionados en los alimentos anteriores.

A la observación de una persona entrenada no escapan las presencias de cuerpos extraños pues sus estructuras son de clara diferenciación respecto del material no contaminado.

Las fuentes de proteínas de origen animal cargan con la sospecha de ser las que necesitan más cuidado en verificar su calidad y la microscopía descubre, más económicamente que el análisis químico, la naturaleza de los agregados extraños.

Los restos de cuero, pelo, pezuñas, urea, darían por análisis químico un buen valor de proteína calculada en base a su nitrógeno pero salvo que se hiciera un análisis de digestibilidad, sólo los animales consumiendo esos alimentos acusarían, con menores rendimientos, esos cuerpos extraños.

### ***Aminoácidos sintéticos o de origen industrial***

El uso de aminoácidos sintéticos o de origen industrial es una práctica corriente y desde hace ya varias décadas se utilizan en la formulación de alimentos para aves y para cerdos, además de otros monogástricos y los de uso más frecuente son la metionina, lisina y valina. Existen en el mercado también, treonina, triptofano y isoleucina.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

	DL-Metionina	Hidroxianálogo de la metionina	DL-Metionina sódica	Metionina hidroxianálogo (sal cálcica) <sup>a</sup>	L-Lisina HCL	L-Lisina 50	Sulfato de L-Lisina <sup>b</sup>
Número CE	3.1.1	3.1.6	3.1.4	3.1.7	3.2.3	3.2.2	3.2.5
Nº CAS	59-51-8	583-91-5	41863-30-3	4857-44-7	657-27-2	56-87-1	0343-69-3
Presentación	Sólida	Líquida	Líquida	Sólida	Sólida	Líquida	Sólida
Humedad, %	0.4	12.0	54.0	1	1.5	46	5
PB (N x 6.25), %	58.5	0	23.6	0	94.5	50	75
Metionina <sup>c</sup> , %	99.0	88.0 <sup>d</sup>	40	83	-	-	0.2
Lisina, %	-	-	-	-	78.0	50	50
Cenizas, %	0.50	-	6.5	18	0.5	0.3	4
S, %	21.2	19	8.6	18	-	-	7.8
Otros macrominerales, %	Ca (0.02%)	-	Na (6.20%)	K (0.02%) Ca (11.9%)	Cl (19.3%)	Cl (0.10%) K (0.07%)	Ca (0.13%)
Valor energético (Kcal/Kg)							
Energía bruta	5700	4750	2280	4500	4900	3130	4400
EMAn, aves	4500	4180	1800	4000	3900	2150	3450
ED, porcino	5700	4750	2280	4500	4900	3130	4400
EM, porcino	5030	4750	2050	4500	3950	2545	3700
EN, porcino	3240	3470	1370	3285	2180	1485	2145
ED, conejos	5700	4750	2280	4500	4900	3130	4400

**Tabla 128:** Aporte nutricional de metionina y lisina sintéticas (FEDNA 2019).

	L-Treonina	L-Triptófano	L-Valina	L-Arginina	L-Isoleucina	L-Histidina <sup>a</sup>
Número CE	3,3,1	3,4,1	3,7,1	3,6,1	3,8,1	3,5,1
Nº CAS	72-19-5	73-22-3	72-18-4	74-79-3	73-32-5	5934-29-2
Humedad	0.7	0.6	1.5	1	1	1
PB (N x 6.29)	72.5	85.2	74.8	196.9	68	125.3
Arginina	-	-	-	98	-	-
Histidina	-	-	-	-	-	74
Isoleucina	-	-	-	-	93.5	-
Triptófano	-	98.0	-	-	-	-
Treonina	98.0	-	-	-	-	-
Valina	-	-	96.5	-	-	-
Cenizas, %	0.50	0.7	0.5	0.3	-	0.5
Cl, %	0.20	-	0.05	-	-	16.6
K, %	0.05	0.2	0.2	-	-	-
Na, %	0.05	0.15	-	-	-	-
Ca, %	-	-	0.3	-	-	-
Valor energético (Kcal/Kg)						
Energía bruta	4120	6560	ND <sup>b</sup>	ND	6500	ND
EMAn, aves	3230	5400	6000	2940	5700	1782
ED, porcino	4120	6510	5000	ND	6400	ND
EM, porcino	3790	6100	4600	ND	6150	ND
EN, porcino	2900	4700	4235	ND	ND	ND
ED, conejos	4100	6480	ND	ND	ND	ND

**Tabla 129:** Contribución a la ración de otros aminoácidos sintéticos (FEDNA, 2019).

## CONCENTRADOS PROTEICOS

El análogo de metionina es una fuente no aminoácidica que debe ser absorbida en el intestino y recién convertida en aminoácido con una eficacia identificada “*in vitro*” del 70 % cuando tiene una pureza del 88 %. Existen otras dos formas de metionina sólidas (una al 40 % de actividad y es una sal cálcica de metionina y la otra un análogo que es también una sal cálcica con una actividad del 73 % una vez transformada en el intestino). Ninguno de los análogos tiene valor en proteínas (nitrógeno x 6,25) como lo tienen los aminoácidos naturales por carecer de nitrógeno su fórmula.

La creciente preocupación para resolver los problemas de contaminación del ambiente aplicada a la producción animal está centrada, aunque no en forma exclusiva pero sí predominante, en la reducción de las cantidades de materiales nitrogenados y de fósforo del estiércol de los criaderos intensivos y de tambos y animales a corral cuya concentración en superficies limitadas crea el problema de disponer del estiércol sin contaminar las aguas subterráneas y de superficie (por escurrimiento). Los excesos de proteína usada en las dietas para suplir los aminoácidos necesarios, se buscan limitar usando más aminoácidos sintéticos y menores cantidades de proteína total.

En el caso del exceso de fósforo, se ha solucionado en parte con el uso de fitasas (enzimas) agregadas al alimento para rescatar más fósforo fítico y hacerlo aprovechable.

Existen también metioninas protegidas de la digestión ruminal para vacas lecheras de alta producción de efecto favorable sobre la cetosis particularmente en la primera parte de la lactancia cuando debe quemar parte de la grasa corporal para suplir el déficit de energía de ese período. Esta metionina que llega sin daño a la absorción intestinal tiene un efecto significativo en el metabolismo hepático y defiende al animal de la acumulación de cuerpos cetónicos en la sangre y estimula un aumento en el porcentaje de grasa butirométrica.

### **Nitrógeno no proteico: ¡Sólo para ruminantes con rumen funcional!**

Los ruminantes por la acción de la microbiota ruminal, tienen la capacidad de utilizar una cierta cantidad de una fuente de nitrógeno no proteico para formar proteína ruminal que luego será aprovechada a nivel intestinal.

#### **La urea (carbamida)**

$[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$ . Es una diamida del ácido carbónico:  $\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$  (IFN 5-05-070)

La urea no es un concentrado proteico, es una fuente de nitrógeno no proteico para los microorganismos ruminales para sintetizar proteínas. Dentro de las fuentes de nitrógeno no proteico que se pueden utilizar en el país, en la Argentina la urea es la más usada en producción vacuna pero existen otras fuentes.

Fuente:	% de nitrógeno	Equivalente en proteína
Urea pura	46,65 % (*)	292 %
Biuret	35,00 %	219 %
Oleaginosas	5,8 a 8,0 %	36 a 50 %

(\*) la urea comercial tiene algo menos de nitrógeno y de equivalente proteína para hacerla manipulable. La urea comercial tiene hasta un nivel máximo de cenizas del 1,5 % que es un hidrófugo, porque la urea es higroscópica, y se usan aditivos, para hacer que fluya con facilidad en su manipuleo.

**Tabla 130:** Aportes de nitrógeno y equivalente en proteínas de tres fuentes de nitrógeno no proteico (Ahmed, 1971).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

La urea no es desconocida para los organismos vivos: está presente, naturalmente, en la orina, saliva y en la sangre. La urea incorporada en la alimentación es hidrolizada a amoníaco en el rumen y las bacterias la convierten en proteína propia cuando se está en presencia de una cadena carbonada que se transformará en aminoácido con la implantación del nitrógeno de esa urea en la mencionada cadena carbonada, paso previo para llegar a ser proteína microbiana. El amoníaco que no fuera absorbido en la síntesis proteica vuelve a ser transformado en urea en el hígado y una parte de esta urea es eliminada por el riñón (vía orina) pero la mayor parte vuelve a alcanzar el rumen pasando por la saliva y la sangre y hacia el rumen y vuelve a estar disponible bajo forma de amoníaco. Este es el denominado ciclo de la urea en los rumiantes.

La razón principal por la que se recurre al nitrógeno no proteico es económica: donde el costo de la unidad de proteína es más económica suministrando urea o alguna de las otras fuentes, que con las fuentes de proteína natural. La máxima eficiencia en el aprovechamiento de la urea por parte de la flora ruminal ocurre cuando se incorpora hasta el equivalente del 33 % de la proteína requerida por la dieta del animal.

La urea tiene un equivalente de 262,5 a 287,5 % de proteína a partir de su contenido de nitrógeno del 42 al 46 % (la urea pura tiene 46 % de nitrógeno, pero suelen presentarse ureas de 45 y de 42 % de nitrógeno porque se les agregan materiales, uno de ellos ya mencionado que disminuyen su gran higroscopicidad). Los equivalente en proteína de estos tres niveles de nitrógeno son:  $(42 \times 6,25=262,5 \%)$  -  $(45 \times 6,25=281 \%)$  y  $(46 \times 6,25=287,5 \%)$ . Es toda proteína digestible, que se aprovecha en el rumen (“0 %” de pasaje o “by pass”).

Composición:	Valor esperado	Rango de variación
Nitrógeno	46,00 %	42,0 a 46,0
Urea	98,6 %	98,0 a 99,0
Humedad	0,20 %	0,10 a 0,40
Biuret	0,50 %	0,30 a 1,00
Cobertura (*)	0,70 %	0,60 a 0,80
Urea de 45 % de nitrógeno (**)	Equivalente a proteína cruda	281 % (**)
Urea de 46 % de nitrógeno (**)	Equivalente a proteína cruda	286 % (**)
Urea químicamente pura	46,65 % de nitrógeno	-

(\*) Cobertura es un acondicionador (“*anticaking*”) utilizado para disminuir la tendencia a absorber agua durante su almacenamiento, por su gran higroscopicidad. La formación de apelonamientos (“*caking*”), es el principal problema y por esto se le da la forma de esferas perladas de alrededor de 1 mm de diámetro (le llaman “perlado”), para ofrecer la menor superficie de exposición al medio ambiente. Para evitar la presión de muchas bolsas de urea que provocarían el apelonamiento se aconseja no hacer pilas altas de bolsas cuando se las almacenan por varios meses y evitar los lugares húmedos y calientes al almacenarlas (cerca de calderas o de paredes donde el sol pega fuerte: lado norte y oeste.

(\*\*) Es nitrógeno no proteico x 6,25.

**Tabla 131:** Composición química de la urea comercial.

Una forma fácil de evaluar la urea en la alimentación es comparar el costo de: “100 kg de harina de soja de 44 % de proteína” versus “14 kg de urea de 42 % de nitrógeno + 86 kg de sorgo.”.El rumiante no gana más peso ni da más leche que con proteína natural, pero reduce los costos de la alimentación al incorporar urea en su dieta.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

La urea es amarga y cáustica para los epitelios, lo que hace necesario, en forma ineludible, vehiculizarla, bien mezclada, con materiales que compensen esas desventajas. Los granos molidos y sus subproductos que aportarán la necesaria fuente carbonada ayudan también a superar los problemas de palatabilidad y agresividad hacia las mucosas del aparato digestivo. La melaza es un vehículo ideal para estos propósitos y, donde su provisión es adecuada y económica, se usa con preferencia y además se preparan, con melaza y urea, suplementos líquidos de nitrógenos no proteico que llevan además agregados de minerales y otros materiales que mantienen la estabilidad de la mezcla y limitan su consumo diario.

La Universidad de Purdue, EE. UU., fue una de las adelantadas en promover el uso de urea en la alimentación de rumiantes y propuso lo que se llamó “Purdue 64 Supplement” cuya fórmula se transcribe como ejemplo de uso de urea:

Melaza	28.0 %
Alfalfa deshidratada	36,0 %
Urea	22,1 %
Fosfato dicálcico	10,4 %
Minerales trazas y sal	3,5 (más 44.000 u.i.vitamina a/kg)
	100

Su uso aportaba la fuente de fácil aprovechamiento del carbono (la melaza) para que la flora ruminal aprovechara el nitrógeno no proteico de la urea (NH<sub>3</sub>), que puede ser incorporado en su proteína, además de hacer apetecible la ración. El número “64” era el de la proteína teórica:  $(22,1 \times 289 / 100 = 63,87 = 64)$  que aportaba el suplemento una vez que las bacterias del rumen hacían su aprovechamiento. (289 es el porcentaje de proteína teórico de la urea de uso práctico =  $46,24 \times 6,25$ ). Con experiencia generalizada del uso de urea y reconocidos los cuidados a tener en ese uso se fue generalizando la oferta de otros suplementos conteniendo urea.

Siguiendo con el ejemplo del uso del “suplemento 64”, un tambero, que necesita preparar una ración de 18 % para un grupo de sus lecheras puede cubrir el 1/3 de esa proteína con proteína teórica proveniente de urea:  $18 / 3 = 6$  puntos de proteína cubiertos por urea.

Esos 6 puntos de urea se cubren con:  $6 \times 100 / 289 = 2,076$ kg de urea (seguimos usando el equivalente “289 %” para la urea de este ejemplo; con otras ureas comerciales de menores contenidos de urea, el porcentaje de proteína sería algo menor).

Con el “suplemento 64” como vehículo de urea estos 2,076 kg se aportan en:  $100 \times 2,076 / 22,1 = 9,394$  kg de “suplemento 64”. En 100 kg de ración preparada con la incorporación de 9,394 kg de suplemento 64 se cubren los 6 puntos de proteína provenientes de urea:  $9,394 \times 64 \% = 6,012$  puntos de proteína. Si el tambero raciona ese grupo de lecheras con 6 kg de ración preparada con el aporte de 2,076 kg de urea contenidos en los 9,394 kg de suplemento 64, en 100 kg recibirán sus vacas:  $2,076 \times 6 / 100 = 125$  gramos de urea. Y si debido a una mayor necesidad de ración decidiera suministrar 8 kg de esta ración, la cantidad de urea en esos 8 kg sería:  $2,076 \times 8 / 100 = 166$  gr.

En la práctica, la preparación de cantidades grandes de ración contribuiría a redondear las cifras que en estos cálculos se han mantenidos para quien hiciera, como ejercicio, la revisión de estos cálculos. 100 gramos de urea pueden producir 289 gramos de proteína bruta si hay suficientes hidratos de carbono y se aprovecha un 80 % de esa proteína: 100 gramos de urea equivalen entonces a  $289 \times 80 \% = 231,2$  gramos de proteína digestible.

La flora ruminal necesita un acostumbramiento para aprovechar el nitrógeno de la urea por lo que hay que hacer una incorporación gradual de la cantidad a usar. El acostumbramiento al consumo de la cantidad final que puede llegar a consumirse de urea lleva un mínimo de 15 días; la suspensión del suministro de urea por 48 horas hace necesario un nuevo período de 15 días para volver a acostumbrar a la flora ruminal a su consumo.

La presencia de una fuente de hidratos de carbono soluble (almidón, azúcares) es necesaria para que la velocidad del aprovechamiento de su energía no sea menor a la hidrólisis de urea hacia amoníaco, para que no se pierda ese amoníaco ni que intoxique al animal huésped por exceso de amoníaco en su sangre. Es un problema de manejo de la alimentación.

La producción de NH<sub>3</sub> a partir de urea requiere de enzimas y la limitación a la cantidad de urea a usar la da la velocidad con que se transforme en NH<sub>3</sub> y con la cadena carbonada transformarse en proteína microbiana.

La ración con urea incorporada debe ser bien mezclada para evitar que el rumiante consuma cantidades más altas que las que puede aprovechar sin peligro de su vida, cosa que podría ocurrir de superar la cantidad diaria de consumo. Es tóxica si no está bien mezclada o si se la suministra en cantidades mayores a las recomendadas.

#### **Reglas generales de uso de la urea**

La práctica en el uso de urea en la alimentación de vacunos se ha resumido en las siguientes reglas:

- No más de 1/3 del nitrógeno total de la “ración de grano” que significa no más de 1/3 del equivalente de proteína.
- No más de 1 % de urea de la dieta total de un rumiante.
- No más de 3 % de urea en un “suplemento proteico” (formulación de fuentes de proteína, minerales, vitaminas y, según los casos, de diversos aditivos que las empresas comerciales o grandes productores ganaderos preparan para complementar los recursos propios de los animales a beneficiar: (forrajes y granos locales).
- No más de 230 gramos de urea por vaca lechera por día, en la segunda etapa (o fase) de lactancia.
- No más de 100 gramos de urea / vacuno de carne en terminación / día.
- No más de 70 g de urea / día para vacunos en crecimiento.
- No más de 7,5 kg de urea por tonelada de silaje tal cual (de maíz o de sorgo granífero). (Con 30 a 45 % de materia seca en el silaje se evitarán los escurrimientos de exceso de los líquidos que ocurren con menores cantidades de materia seca con acumulación peligrosa de urea arrastrada hacia las capas inferiores del silo).

Como la urea es muy rápida en la liberación de amoníaco en el rumen, tratar en lo posible de racionar varias veces por día la dieta diaria que incluya urea para mejorar su aprovechamiento cuando está acompañada de suficiente fuente carbonada de fácil digestibilidad (granos, melaza).

Para mantener la provisión de azufre que es necesaria para la formación de los aminoácidos azufrados se incorporan sulfatos (sulfato de calcio, sulfato de sodio o de sulfato de magnesio) manteniendo la relación del nitrógeno no proteico incorporado: azufre igual = 10 nitrógeno (N): 1 azufre (S)

Los valores de azufre de estas tres sales:

- sulfato de calcio      18,10 %.
- sulfato de sodio      9,70 %

CONCENTRADOS PROTEICOS

- sulfato de magnesio 12,80 %

Ejemplo de agregado de una fuente de “S” a una ración con 1 % de urea:

1 % de Urea = 1kg de Urea cada 100 kg de ración.

1 kg de Urea (de 45 % de “N” = 450 g de “N”

Relación deseable de N:S = 10: 1. Igual a 450 g. de urea: 45 g de S (azufre).

Usando sulfato de calcio con 18,1 % de S tal cual (con su humedad corriente)

en 1000 g de SO<sub>4</sub>Ca. = 181 g de S; los 45g de S que se necesitan estarán en:  $1.000 \times 45 = 248,6$  g. de SO<sub>4</sub>Ca. ~ 250 g

Cada kg de urea se acompañará con 250 g de sulfato de calcio para proveer a cada 100 kg de ración de la relación 10:1 de N:S; si se hacen 1000 kg de una ración serán 10 kg de urea y 2,5 kg de sulfato de calcio.

Condiciones de uso:	Novillos en terminación	Animales en Crecimiento	Vacas con cría o Preñadas, en invierno
% del total de la proteína proveniente De la urea	33,33:1/3 % (1)	25 % (2)	25 %
Máxima cantidad de urea por animal; g.	100 g (3)	68 g	-
% de urea, en relación con el peso de la dieta (en MS) (por su palatabilidad)	1 %	1 %	1 %
% de urea, en peso, de la mezcla de grano y concentrados proteicos	2 a 3 %	3	3
% de urea, en peso de un suplemento proteico	20 a 30 %	10	10
Kg de urea agregados por tonelada de silaje de maíz al ensilar	5kg	5kg	5kg

El cuadro anterior es de Ensmiger & Olentine (1978), con contribución de W. Beeson -U. de Purdue- W. Hale - U. de Arizona- y W. Dinussen- U. de Dakota- (Esta coincidencia de nutricionistas renombrados indica un buen acuerdo sobre el uso de las cantidades de urea en la alimentación de rumiantes).

(1) Un ejemplo: novillo en terminación: el 33.33 % de la proteína puede reemplazarse con urea. Necesita 11 % de proteína en este período:  $11 \times 0,3333 = 3,666 \sim 3,67$  puntos de proteína pueden reemplazarse por urea  
 100 kg urea aporta 287.5 kg de proteína teórica  
 si necesita 3.67 kg  $\frac{3,67 \times 100}{287,5} = 1,2673 \sim 1,28$  kg en 100 kg de dieta.

En el ejemplo se usó urea de 46 % de N =  $46 \times 6,25 = 287,5$  % de proteína teórica

(2) Ejemplo: novillitos en crecimiento necesitando 12 % de proteínas, puede remplazarse con urea el 25 % de su proteína =  $12 \times 0,25 = 4$  puntos de proteínas son reemplazables con urea. Esto es igual a:  
 100 de urea ----  $287,5 = \frac{4 \times 100}{1,39} = 1,39$  Kg. de Urea cada 100 Kg. de Dieta.  
 X de Urea para 4 287,5

Si se tratara de Urea de 42 % de “N” = 262,5 % de proteína potencial se necesitarían (mismo cálculo)  
 $\frac{4 \times 100}{262,5} = 1,52$  kg de esta urea por cada 100kg de dieta, en lugar de los 1,39kg

El porcentaje de nitrógeno de las ureas comerciales puede variar del 46 % de N (en contenido de nitrógeno) con el agregado de materiales para hacerla menos higroscópica y evitar que se apelmace y forme terrones. La insistencia en esta observación de su higroscopividad es porque se trata de una característica muy notable en la urea.

(3) Ejemplo: vacas de cría preñadas que necesitan 9,90 % de proteínas en la dieta y puede remplazarse el 25 % de esa proteína con el equivalente de proteína de urea y lo hacemos usando urea de 45 % de N ( $45 \times 6,25 = 281,25$  % de equivalente en proteína).  
 $9,90 \times 0,25 = 2,475$  puntos de Proteína reemplazables por urea de 281,25 % de equivalente proteico  
 $= \frac{2,475 \times 100}{281,25} = 0,880$  kg de urea por 100 kg de dieta para esas vacas de cría.

Tabla 132: Guía para uso de urea en vacunos de cría.

**Silajes de maíz o sorgo, con grano, tratados con urea para vacas lecheras**

A pesar de que la urea es muy higroscópica, las pérdidas de nitrógeno cuando se la agrega al silaje es muy baja para un material a ensilar con un mínimo de 30 % de materia seca. Una porción importante de la urea es hidrolizada a amoníaco en el proceso de fermentación del material forrajero. Esto sirve de buffer al silaje y contiene niveles más altos de ácidos orgánicos.

El agregado de urea al silaje permite una reducción en el porcentaje de proteína de la ración de concentrado sin que afecte el rendimiento en leche como se nota en los experimentos que se transcriben a continuación:

Alimentos:	Nivel de urea %					
	Experimento (1)			Experimento (2)		
Nivel de urea %	0	0,5	0,75	0	0,5	0,75
Características del silaje. Proteína %	7,7	12,4	14,5	9,09	12,7	16,6
pH (del silaje)	3,8	4,5	4,8	3,8	4,3	4,0
Nitrógeno de urea %	0,02	0,05	0,13	0,05	0,10	0,16
Nitrógeno de amoníaco %	0,02	0,18	0,23	0,06	0,19	0,16
Proteína de la ración (*)	18,4	12,7	10,3	16,8	13,4	9,6
Rinde en leche/kg /4 %	19,4	18,7	20,1	20,9	22,6	20,3
La proteína del silaje está expresada en base a materia seca; los valores de nitrógeno están expresados en base a alimento tal cual. Las cantidades de leche están referidas a corregidas al 4 % de grasa butirosa, en kg/V/día (*) es la proteína de la ración de "grano" con que se complementa la cantidad de silaje que en cada caso recibieron las vacas.						

**Tabla 133:** Aporte de urea en distintas proporciones en silajes de planta entera de maíz y su respuesta respecto a contenido proteico, nivel de pH, rinde en kilogramos de leche (adaptado de Polan *et al.*, 1968 por Church, 1991).

Cuando se agrega urea a forrajes a ensilar conteniendo entre 30 y 40 % de materia seca, al momento de ensilar, se pueden usar niveles más altos que cuando se incorpora sólo a la ración de concentrados. Se atenúan mejor los efectos de su baja palatabilidad.

El consumo de silaje con urea a lo largo del día y no en 1 o 2 comidas de concentrados, diluye la cantidad de urea presente en el rumen en un momento dado. El agregado de urea a otros materiales forrajeros dará buenos resultados dependiendo de la cantidad de grano agregado al material a ensilar.

**Urea en suplementos líquidos**

En países con acceso a melaza se ofrecen suplementos proteicos líquidos con la incorporación de urea y melaza que se completan con otros agregados para estabilizar la mezcla y en otros casos incorporando además nutrientes adicionales y hasta aditivos para limitar su consumo a cantidades coincidentes con las necesidades de los animales, evitando los excesos de consumo.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

	Proteína 65 %	Proteína 57 %
Urea (45 % de nitrógeno)	230 kg	201,25 kg
Melaza	520 kg	512,20 kg
Agua	157,50 kg	161,25 kg
Ácido fosfórico (*)	27,50 kg	-
Polifosfato de amonio	-	87,50 kg
Cloruro de calcio	-	12,50 kg
Hidróxido de calcio	20 kg	-
Sal iodada	35 kg	25 kg
Sulfato de sodio	10 kg	-
Minerales trazas (**)	~	~
Vitamina A (***)	~	~
<b>Total</b>	<b>1000Kg</b>	<b>1000Kg</b>
(*) Con estos ingredientes se consigue una solución estable (no se separan) y restringen el consumo entre 0,5 y 1 kg por cabeza, por día. (**) Si se agregan minerales trazas, serán, para 1000 kg: sulfato de cobalto: 11 gramos y sulfato de zinc: 5kg reduciendo en igual cantidad la incorporación de agua. (***) Si se agrega vitamina A, será en forma de palmitato que es estable en esta fórmula y es dispersable. Se agregarán 20 millones de unidades por tonelada.		

**Tabla 134:** Suplementos líquidos diseñados por la Universidad de Perdue EE. UU.

Este suplemento líquido se ofrece al ganado en bateas con “lamederos” en forma de ruedas o cilindros que, al girar, con el impulso de las lenguas de los animales que las lamen, adhieren así nuevas porciones del suplemento que suben a la oferta de esas lenguas.

### **Biuret o carbamil urea: $\text{NH}_2\text{-CONH-CONH}_2$**

Es una mezcla de compuestos nitrogenados resultante de una pirolisis (tratamiento por calor) controlada de la urea en que biuret es el predominante (60 %, mínimo), urea (15 máximo), triurea y otros compuestos (máximo 21 %). El nitrógeno (no proteico) presente (35 % mínimo, hasta 37 %), en el biuret comercial, equivale a 218,75 % de proteína bruta ( $35 \times 6,25 = 218,75$ ). Tiene menos limitaciones y restricciones de uso que la urea. La liberación de amoníaco por la enzima microbiana ureasa, en el rumen, es más lenta (“*slow release*”, en inglés), lo que hace más fácil aprovecharlo por la flora ruminal. No es soluble en agua como la urea y es más palatable que la urea.

### **Residuos avícolas**

Cama de pollo; (chicken litter en inglés) (IFN 5-07-087)

Excreta de aves; (poultry manure, en inglés) (IFN 5-14-015)

En la Argentina como en varios países, su uso se encuentra prohibido. Se mencionará la ubicación de estos recursos alimenticios entre los portadores de “nitrógeno no proteico” ya que una proporción importante (entre el 10 y el 60 %) del nitrógeno de ambos residuos es “no proteico”. Esto lleva a que sean aptos para rumiantes solamente en los países cuya reglamentación no prohíbe su uso. Incluye aproximadamente hasta 40 % de los nutrientes del alimento para aves (no digeridos) sumado a detritos corporales que pasan al estiércol

por el aparato digestivo. Se comparan sus análisis con los del gluten feed, un concentrado proteico de bajos niveles, para mostrar que las contribuciones, para los rumiantes, de los Residuos son aún más bajos que esos niveles.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

### SUBPRODUCTOS INDUSTRIALES DE ORIGEN VEGETAL



Ilustración 5: Concentrados proteicos de origen vegetal obtenidos como subproductos en la industrialización de granos: baja proteína: >20% < 30% de proteína bruta (PB): A, hez de malta seca; D, hez de malta húmeda; G, brote de malta húmeda

Alta proteína: >30% PB: B, Harina de soja; C, expeller de girasol; E, Okara (subproducto de la elaboración de la leche de soja); F, Expeller de soja; H: harina Hi Pro; I, Pellet de semilla de algodón

Fotos gentileza de: (A-D, F y H) Laboratorio de Evaluación de alimentos para Uso animal (LEAA-UCA)); (G) Bini, G.; (E);de la Riva, M.; (I).Marticorena, M.

## Bibliografía de los concentrados proteicos

- Ahmed, M. B. (1971). *Use of non-protein nitrogen sources to improve the utilization of roughages by ruminants*. Kansas State University.
- AOAC, Authors. Official methods of analysis Amino Acids Analysis Available Lysine (AL) - item 68. 1-Fluoro-2,4-dinitrobenzene (DNFB) reacts with free terminal amino groups in proteins, forming DNFB-terminal-Amino lysine which is stable to acid hydrolysis. Test portion is acid hydrolyzed and unavailable lysine is determined with amino acid analyzer; total lysine is determined on untreated test portion. Available lysine, which was bound by DNFB, is determined by difference. 17th ed., Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD, (2006). Reference data: Method 975.44; NFNAP; NITR; LYSAVL.
- Association of American Feed Control Officials (1994). *Official Publication*. AAFCO Atlanta.
- Atlas of nutritional data on United States and Canadian feeds. (1971) Publisher: *National Academy of Sciences*. ISBN: 10.0309019192.
- Batajoo, K. K., & Shaver, R. D. (1998). *In situ* dry matter, crude protein, and starch degradabilities of selected grains and by-product feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 71(1-2), 165-176.
- Batal, A. B., & Dale, N. M. (2006). True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *Journal of Applied Poultry Research*, 15(1), 89-93.
- Bath, D., Dunbar, J., King, J., Berry, S. & Olbrich, S. (1998) Byproducts and unusual feedstuffs. *Feedstuffs* 70 (30), 32-38.
- Bell, J. M., & Keith, M. O. (1991). A survey of variation in the chemical composition of commercial canola meal produced in Western Canadian crushing plants. *Canadian journal of animal science*, 71(2), 469-480.
- Berardi, L. C. & Goldblatt, L. A. (1980). Gossypol. In Liener, D.E. (ed.) *Toxic Constituents of Plant Foodstuffs*, Chap. 7, (New York: Academic Press)
- Calhoun, M. C., & Holmberg, C. (1991). Safe use of cotton by-products as feed ingredients for ruminants: A review. *Cattle research with gossypol containing feeds*, 97-129.
- Chase, L. E., & Sniffen, C. J. (1989). *Cornell Cooperative Extension Publication* N° 113.
- Chalupa, W., & Sniffen, C. J. (1996). Protein and amino acid nutrition of lactating dairy cattle—today and tomorrow. *Animal Feed Science and Technology*, 58(1-2), 65-75.
- Chalupa, W., & Sniffen, C. (2006). Balancing rations on the basis of amino acids: The CPM-Dairy approach. In *Proc. SW Nutrit. and Manag. Conf.*
- Church, D. C. (1991). *Livestock feeds and feeding* (No. Ed. 3). Prentice Hall.
- Coello N., Vidal, L. & Bretaña, A. (2000). Aislamiento de una cepa de *Kocuria rosea* degradadora de plumas de aves de corral. *Rev. Cien. Fac. Cien. Vet. LUZ*, 10(2): 107-113.
- Coward-Kelly, G., Agbogbo, F. K., & Holtzapple, M. T. (2006). Lime treatment of keratinous materials for the generation of highly digestible animal feed: 2. Animal hair. *Bioresource technology*, 97(11), 1344-1352.
- Crampton, E. W. & Harris, L. E. (1974). *Nutrición animal aplicada*. Acribia.
- Dale, N. (1996). Variation in feed ingredient quality: oilseed meals. *Animal feed science and technology*, 59(1-3), 129-135.
- da Silva, C. M. L., Spinelli, E., & Rodrigues, S. V. (2015). Fast and sensitive collagen quantification by alkaline hydrolysis/hydroxyproline assay. *Food Chemistry*, 173, 619-623.
- Evonik, 2016. AMINODat 5.0. Animal Nutritionists' Information Edge. *Book II. Evonik-Degussa GmbH*, Hanau-Wolfgang, Germany.
- Ensminger, M.E.; Olentine, M. (1978). *Feeds and nutrition*, California: Ensminger Publ. Co. p, 144, 1978.
- de Blas, P. García-Rebollar, M. Gorrachategui y G.G. Mateos. (2019). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Noviembre, 2019 (4ª edición). Madrid. 604 pp. ISBN: 978-8409156887
- Hulshof, T. G., van der Poel, A. F. B., Hendriks, W. H., & Bikker, P. (2017). Amino acid utilization and body composition of growing pigs fed processed soybean meal or rapeseed meal with or without amino acid supplementation. *Animal*, 11(7), 1125-1135.

- IAFMM. (1998). *Technical Bulletin No. 4 22*, 2 College Yard, Lower Dagnall Street, St. Albans, Herts. AL3 4PA, UK, pp. 1-35.
- Iglesias, B. F., Charriere, M. V., & Azcona, J. O. (2014). Factores anti nutricionales en la soya. *Sección Avicultura, INTA EEA Pergamino*, Bs.As., Argentina.
- Klopfenstein, T. (1978). Chemical treatment of crop residues. *Journal of Animal Science*, 46(3), 841-848.
- Krishnamoorthy, U., Muscato, T. V., Sniffen, C. J., & Van Soest, P. J. (1982). Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *Journal of Dairy Science*, 65(2), 217-225.
- Larbier, M., & Blum, J. C. (1981). Replacement of soybean meal by meat meal and associations of protein plants in broiler diets. In *Annales de zootechnie*.
- Mansouri, F., Moumen, A. B., Richard, G., Fauconnier, M. L., Sindic, M., Elamrani, A., & Caid, H. S. (2018). Proximate composition, amino acid profile, carbohydrate and mineral content of seed meals from four safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties grown in north-eastern Morocco. *OCL*, 25(2), A202.
- McDonald P., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Edwards, R., Sinclair; L. (2011); *Animal Nutrition*, 7th Edition, ISBN: 9781408204238; Pearson
- Moran Jr, E. T., & Summers, J. D. (1968). Keratins as Sources of Protein for the Growing Chick: 4. Processing of Tannery By-Product Cattle Hair into a Nutritionally Available High Protein Meal: Metabolizable Energy, Amino Acid Composition and Utilization in Practical Diets by the Chick. *Poultry Science*, 47(2), 570-576.
- Muller, H. G., & Tobin, G. (1980). *Nutrition and food processing*. Croom Helm.
- National Research Council. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9791>.
- National Research Council 1994. *Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/2114>.
- Piccioni, M. (1970) Editorial: ACRIBIA EDITORIAL; ISBN: 978-84-200-0221-7. Páginas: 819.
- Rusoff, L. L. (1981). Mineral deficiencies and toxicities in dairy cattle. *Feedstuffs, EE. UU.* 53:29- 30.
- Sauer, W. C., & Ozimek, L. (1986). Digestibility of amino acids in swine: results and their practical applications. A review. *Livestock Production Science*, 15(4), 367-388.
- Sarwar, G., Bell, J. M., Sharby, T. F., & Jones, J. D. (1981). Nutritional evaluation of meals and meal fractions derived from rape and mustard seed. *Canadian Journal of Animal Science*, 61(3), 719-733.
- Senkoylu, N., & Dale, N. (1999). Sunflower meal in poultry diets: a review1. *World's Poultry Science Journal*, 55(2), 153-174.
- Shaver, R. D. (2005). By-Product feedstuffs in dairy cattle diets in the Upper Midwest. *Recuperado de https://shaverlab.dysci.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/204/2015/04/byproductfeedstuffsrevised2008.pdf*.
- Shaver, R. D. (2013). By-product feedstuffs in dairy cattle diets in the upper midwest. *Forage Resources & Information*
- Summers, J. D., & Leeson, S. (1978). Feeding value and amino acid balance of low-glucosinolate Brassica napus (cv. Tower) rapeseed meal. *Poultry Science*, 57(1), 235-241.
- Singh, S., Sharma, S. K., & Kansal, S. K. (2015). Extraction of gossypol from cottonseed. *Reviews in Advanced Sciences and Engineering*, 4(4), 301-318.
- Tanksley, I. T. D. Jr.; Knabe, D. A.; Purser, K.; Zebrowska, T.; Corley, J. R., (1981). Apparent digestibility of aminoacids and nitrogen in three cottonseed meals and one soybean meal. *J. Anim. Sci.*, 52 (4): 769-777
- Vandergrift, W. L., Knabe, D. A., Tanksley Jr, T. D., & Anderson, S. A. (1983). Digestibility of nutrients in raw and heated soyflakes for pigs. *Journal of Animal Science*, 57(5), 1215-1224.
- Vieites, J. M., Castro, S., & Rodriguez, M. (1997). Métodos de determinación de aminos biógenas en productos de la pesca y sus transformados mediante HPLC. *Alimentaria*, (279), 55-63.
- Waldroup, P. W. (1981). Cottonseed meal in poultry diets. *Feedstuffs* 53:21-24.
- Wildermuth, S. R., Young, E. E., & Were, L. M. (2016). Chlorogenic acid oxidation and its reaction with sunflower proteins to form green colored complexes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(5), 829-843.

## Listado de tablas y figuras

- Tabla 1:** Clasificación de los concentrados proteicos de acuerdo con su aporte en proteína bruta a la dieta.
- Tabla 2:** Valores promedio del perfil nutricional de los concentrados de origen vegetal de baja y alta proteína.
- Tabla 3:** Porcentaje de nitrógeno presente en proteínas de distinto origen (adaptado de Mc Donald *et al.*, 2011).
- Tabla 4:** Contenido de fósforo (total, fítico e inorgánico) de algunas semillas oleaginosas y subproductos (Rusoff, 1981).
- Tabla 5:** Efecto del tratamiento por calor sobre el valor nutritivo de la proteína de soja.
- Tabla 6:** Efecto de la extracción del aceite en semillas de oleaginosas sobre la energía de sus subproductos (Crampton & Harris, 1974).
- Tabla 7:** Análisis aproximado de brotes de malta (expresado en base a alimento tal cual).
- Tabla 8:** Otros datos de la composición química de brotes de malta expresados en base materia seca o alimento tomado tal cual (Batal & Dale, 2016).
- Tabla 9:** Composición química aproximado de hez de malta deshidratada (en base tal cual) comparado con brote de malta y grano de cebada.
- Tabla 10:** Composición química de la hez de malta y su comparación con grano de cebada y brote de malta expresada en base alimento tal cual o en base a materia seca según corresponda (Batal & Dale, 2006).
- Tabla 11:** Análisis químico aproximado del gluten feed (en base a alimento tal cual).
- Tabla 12:** Otros valores de la composición química de gluten feed expresados en base a materia seca (Batajoo & Shaver, 1998).
- Tabla 13:** Subproductos de la molienda húmeda del maíz: gluten feed y gluten meal. Análisis comparativos con el grano de maíz, de donde provienen, y dos subproductos de "buena proteína": harina de soja y harina de pescado expresadas en valores tal cual.
- Tabla 14:** Fraccionamiento de la proteína: solubilidad y digestibilidad de la proteína de hez de malta, grano de cebada, gluten feed y grano de maíz (Chase & Sniffen, 1989).
- Tabla 15:** Composición química del gluten feed húmedo en base a alimento tal cual (Chase & Sniffen, 1989).
- Tabla 16:** Análisis químico comparado de la harina de germen de maíz y grano de maíz en base a alimento tal cual (Chase & Sniffen, 1989).
- Tabla 17:** Composición química proximal del gluten meal expresado en base a alimento tal cual.
- Tabla 18:** Composición química proximal del gluten meal expresado en base a materia seca (Shaver, 2005).
- Tabla 19:** Digestibilidad verdadera de aminoácidos del gluten meal expresados en base materia seca y proteína de 64,21 %.
- Tabla 20:** Aporte del contenido de aminoácidos del gluten feed y gluten meal.
- Tabla 21:** Análisis químico comparativo entre gluten de sorgo y gluten de maíz.
- Tabla 22:** Composición química de los tres alimentos obtenidos como subproductos de la destilación alcohólica de los granos.
- Tabla 23:** Composición química de burlanda o granos de destilería de sorgo expresados en base a alimento tal cual.
- Tabla 24:** Composición química de burlanda comparada con harina de soja con 44 % de proteína bruta respecto a su composición en aminoácidos.
- Tabla 25:** Efecto de la extracción del aceite sobre el contenido energético de sus subproductos (Crampton & Harris, 1974).
- Tabla 26:** Análisis aproximado de harinas de soja con 44 y 50 % de proteína bruta: expresados en valores tal cual.
- Tabla 27:** Comparación de la de la composición de las harinas de soja con 44 y 48 % de proteína bruta y el expeller de soja, otro subproducto concentrado proteico del poroto de soja (Shaver, 2005).
- Tabla 28:** Principales factores antinutricionales presentes en las semillas de leguminosas.
- Tabla 29:** Fraccionamiento de la harina de soja o soja "desgrasada" por extracción por solventes.
- Tabla 30:** Efectos en el peso vivo y en la conversión de alimento a carne al incorporar cantidades crecientes de harina de soja cruda.
- Tabla 31A:** Digestibilidades fecal e ileal de aminoácidos de harinas de soja cruda y tostada (Vandergrift *et al.*, 1983).
- Tabla 31B:** Digestibilidad fecal e ileal en cerdos de harina de soja tostada correctamente, con tostado incompleto y con sobretostado (Sauer & Ozimek, 1986).
- Tabla 32:** Fraccionamiento de las proteínas de concentrados proteicos de alta proteína expresados en base a materia seca (Chase & Sniffen, 1989).
- Tabla 33:** Efecto del procesamiento adecuado de proteínas de soja sobre el valor nutricional de las mismas y comparadas con la proteína de la leche.
- Tabla 34:** Comparación del contenido de aminoácidos de harinas de soja de distinto contenido proteico tomando como valor 100 los valores de esos aminoácidos en la leche en polvo.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

- Tabla 35:** Gramos de aminoácidos de 100 g de proteína de la soja en relación con la proteína del huevo (de Apuntes de la U. de Iowa).
- Tabla 36:** Contenido de aminoácidos expresados como porcentajes de la proteína de grano de maíz, harina de soja, harina de pescado, huevo de gallina y carne de pollo.
- Tabla 37:** Niveles de distintos aminoácidos presentes en la harina de soja con 44 % de proteína.
- Tabla 38:** Digestibilidad verdadera de los aminoácidos más importantes de las harinas de soja y de expeller de soja de distintos niveles de proteínas y de producción nacional. (Iglesias *et al.*, 2014).
- Tabla 39:** Tabla comparativa de distintos concentrados proteicos que pueden ser utilizados para sustituir una tonelada de harina de soja en la alimentación de rumiantes (Klopfenstein, 1978).
- Tabla 40:** Comparación de los análisis químicos de porotos de soja crudos y tostados (Shaver, 2013).
- Tabla 41:** Digestibilidad verdadera de los aminoácidos más importantes de porotos de soja extrusado (40,29 % proteína) y poroto tostado al vapor (38,23 % proteína), expresados en base materia seca.
- Tabla 42:** Comparación de proteína, grasa y energía metabolizable para aves, del poroto y de harinas de soja de 44 y 50 % de proteínas.
- Tabla 43:** Análisis orientativo de porotos de descarte, comparado con porotos de soja(\*), (NRC, 2000).
- Tabla 44:** Fracciones obtenidas del procesamiento de 100 kg de semilla de algodón en porcentaje.
- Tabla 45:** Productos y subproductos obtenidos a partir de una tonelada de semilla de algodón tratada por “pre-prensado y solvente” (en kilogramos, expresados tal cual, con su humedad).
- Tabla 46:** Composición química proximal de una harina de algodón de procedencia americana y una harina de algodón de procedencia local expresadas en base a alimento tal cual.
- Tabla 47:** Comparación de las harinas obtenidas de cinco especies oleaginosas cultivadas en la Argentina. En los datos correspondientes a la harina de algodón se presentan los valores promedio de las harinas de origen americano (EE. UU.) y entre paréntesis los valores de las harinas de algodón argentinas.
- Tabla 48:** Porcentaje de gossypol presente en la harina de algodón según el sistema de extracción de aceite utilizado.
- Tabla 49:** Contenido orientativo de gossypol libre en harina de algodón según el método de procesamiento de la semilla para la obtención de aceite (Berardi & Godblat, 1980; Calhun & Holmberg, 1990/95)
- Tabla 50:** Composición química de harinas de algodón obtenidas por extracción por prensa continua (expeller), por solvente y por pre prensado y solvente posterior
- Tabla 51:** Niveles de gossypol “libre” aceptables recomendados para rumiantes (Singh *et al.*, 2015).
- Tabla 52:** Niveles de tolerancia aceptados de gossypol libre en aves y cerdos, cuadro resumen.
- Tabla 53:** Ecuaciones para la estimación de los porcentajes de aminoácidos presentes en harinas de algodón.
- Tabla 54:** Composición en aminoácidos de una harina de algodón de 36 % de proteína y de una harina de soja de 44 % de proteínas.
- Tabla 55:** Total de proteína degradable en rumen y no degradable en rumen o by pass de expeller de algodón, y de harinas de algodón obtenidas con pre-prensado y solvente y con extracción con solvente únicamente.
- Tabla 56:** Análisis proximal de semilla de algodón con linter y de harina de algodón expresados en base a alimento tal cual, con su humedad.
- Tabla 57:** Comparación de análisis de Semilla de Algodón con o sin “lint” (Shaver, 2013)
- Tabla 58:** Densidad, volumen y conteo de semillas de algodón y derivados.
- Tabla 59:** Análisis de la cáscara de algodón expresada en base tal cual, en comparación con la semilla de algodón y con la harina de algodón).
- Tabla 60:** Composición química aproximada de la harina de maní expresada en base a alimento tal cual en comparación con la semilla de maní
- Tabla 61:** Composición química de la harina de maní y la cáscara de maní expresadas en base a materia seca (Shaver, 2013).
- Tabla 62:** Composición de aminoácidos de harina de maní y su comparación con los de harina de soja de 44 % de proteínas (NRC, 2000).
- Tabla 63:** Aminoácidos críticos en la proteína del maní (en 16g de nitrógeno) y comparado con la proteína de soja) (Piccioni, 1970).
- Tabla 64:** Niveles no peligrosos de aflatoxinas para distintas producciones.
- Tabla 65:** Composición química de testa de semilla de maní expresada en base a alimento tal cual.
- Tabla 66:** Análisis proximal de las cáscaras de maní expresados en base a alimento tal cual, con su humedad (\*).
- Tabla 67:** Comparación de los análisis químicos de las semillas de maní y de soja expresados en base a alimento tal cual, con su humedad (NRC, 2000).
- Tabla 68:** Análisis proximal de semilla de maní con cáscara (expresada en base materia seca).
- Tabla 69:** composición química de la harina de girasol de producción nacional (Argentina) expresada en alimento tal cual.
- Tabla 70:** Análisis proximal de la semilla de girasol expresados en base a materia seca en comparación con el poroto de soja.

## CONCENTRADOS PROTEICOS

- Tabla 71:** Análisis químico de las cáscaras de girasol.
- Tabla 72:** Análisis proximal de la harina de canola en comparación con la harina de soja expresados en base a alimento tal cual (Sarwar *et al.*, 1981)
- Tabla 73:** Composición química de la harina de canola expresada en base a materia seca (Shaver, 2013).
- Tabla 74:** Composición química de la harina de canola respecto a almidón, polisacáridos distintos de almidón, taninos, sinapina, glucosinolatos, ácido fítico, compuestos alifáticos e indol (Bell & Keith, 1991).
- Tabla 75:** Análisis comparativo de aminoácidos de harina de canola y de harina de soja.
- Tabla 76:** Valores comparativos de energía de las harinas de canola y de soja expresadas en valores tal cual.
- Tabla 77:** Comparación del contenido de aminoácidos de la flora ruminal con los aminoácidos de la leche y la harina de canola, harina de soja, gluten meal, burlanda de trigo y harina de alfalfa.
- Tabla 78:** Composición química de las semillas de canola, girasol, algodón y soja.
- Tabla 79:** Comparación de la composición química de la semilla de canola y sus subproductos de extracción de aceite (torta y harina) con la harina de soja (sobre base de 90 % de materia seca).
- Tabla 80:** Composición en aminoácidos de la semilla de canola (3 a 4g. las 1.000 semillas).
- Tabla 81:** Composición química de una harina de cártamo de semilla no descascarada expresada en base a alimento tal cual (Dale, 1996; Mansouri *et al.*, 2018).
- Tabla 82:** Comparación de los análisis de aminoácidos de harina de cártamo y harina de soja.
- Tabla 83:** Composición de la harina de cártamo obtenida luego del descascarado de la semilla y la harina de cártamo con su cáscara.
- Tabla 84:** Análisis comparativo de la composición química de la harina de cártamo con otras cuatro harinas de oleaginosas (maní, girasol descascarado, soja y canola) en base a alimento tomado tal cual (Dale, 1996; Senkoylu & Dale, 1999).
- Tabla 85:** Análisis comparativo de la composición química de la harina de cártamo respecto a energía y contenido de aminoácidos, con otras cuatro harinas de oleaginosas (harinas de soja, maní, girasol y canola). Los valores se encuentran expresados en base materia seca (Bath, 1998).
- Tabla 86:** Composición química proximal de la semilla de sésamo y del expeller de sésamo que es un subproducto de la extracción del aceite de la semilla de sésamo por presión continua.
- Tabla 87:** Aminoácidos presentes en la proteína del expeller de sésamo expresados en porcentaje de la proteína.
- Tabla 88:** Cuadro comparativo con "partes" de agua absorbidas por cada "parte" de distintos alimentos.
- Tabla 89:** Análisis proximal del expeller y de la harina de lino expresados en base a alimento tomado tal cual.
- Tabla 90:** valores orientativos de energía que pueden aportar en distintas producciones la utilización de harinas de lino, soja y girasol (con y sin cáscara (Atlas of Nutritional data on U.S - Canadian Feeds 1971).
- Tabla 91:** Composición de la harina de lino en base a materia seca.
- Tabla 92:** Composición en lisina, triptofano y valina de las harinas de lino, de soja y de girasol (con y sin cáscara).
- Tabla 93:** Comparación de los valores de aminoácidos de la leche en polvo (100 % para cada uno de sus aminoácidos) con los de harina de lino y harina de soja.
- Tabla 94:** Composición química de la semilla de lino informada en base a alimento tal cual. Los valores presentados entre paréntesis corresponden a la harina de lino obtenida luego de la extracción del aceite de la semilla de lino utilizando solventes.
- Tabla 95:** Análisis proximal de levaduras.
- Tabla 96:** Composición química de levaduras producidas en base a parafinas de petróleo y comparación con el contenido de ciertos aminoácidos de la harina de pescado.
- Tabla 97:** Fuentes más utilizadas para producir levaduras y las fuentes más comunes de levaduras obtenidas como subproductos de la industria.
- Tabla 98:** Fórmulas de raciones para vacas lecheras utilizadas en los Países Bajos.
- Tabla 99:** Componentes de subproductos de frigoríficos en la industrialización de distintas carnes.
- Tabla 100:** Comparación del contenido proteico y la presencia de aminoácidos en el huevo entero, la leche en polvo y la harina de soja.
- Tabla 101:** Valor biológico promedio de alimentos para animales monogástricos (Evonik, 2016).
- Tabla 102:** Comparación de valores promedio de los principales productos lácteos usados en alimentación animal (Datos en base a materia seca).
- Tabla 103:** Resultados de los análisis químicos del suero de leche (de leche descremada); de leche entera en polvo y de suero de queso, -todos deshidratados- (expresados en valores tal cual).
- Tabla 104:** Aporte de energía y composición en aminoácidos del suero de leche descremada, leche descremada en polvo y suero de queso.
- Tabla 105:** Consumo de suero de acuerdo con el peso vivo del animal.
- Tabla 106:** Transformación de aminoácidos esenciales en aminos biogénicos peligrosos según su concentración y la correspondiente pérdida de valor nutricional (Dale, 1996).
- Tabla 107:** Composición comparativa de aminos biogénicos en muestras de harina de pescado hechas con materia prima fresca y confeccionadas con materia prima en avanzado estado de descomposición (Vieites *et al.*, 1997).

- Tabla 108:** Comparación del porcentaje de proteína no degradable en el rumen (también llamada “de pasaje” o de “by pass”) de distintos concentrados proteicos, expresados en base materia seca.
- Tabla 109:** Comparación de la composición química de los principales concentrados proteicos de origen animal expresados en base a alimento tal cual (Dale, 1996).
- Tabla 110:** Digestibilidad verdadera de los principales aminoácidos de tres concentrados proteicos de origen animal, harina de sangre, harina de carne y harina de plumas en comparación con la harina de soja (concentrado proteico de origen vegetal), expresados en base a materia seca.
- Tabla 111:** Valores esperados y límites de tolerancia en la composición química de las harinas de carne.
- Tabla 112:** Composición química del plasma porcino.
- Tabla 113:** Composición química de la harina de carne 50/55 % o también llamada harina de carne y hueso (meat and bone meal) expresada en porcentaje base a alimento tal cual.
- Tabla 114:** Aporte de fósforo para animales monogástricos de distintas fuentes de concentrados proteicos.
- Tabla 115:** Aportes de aminoácidos de distintos concentrados proteicos agregando a los mismos, los aportes del grano de maíz que es la fuente más importante de energía para mostrar las diferencias.
- Tabla 116:** Composición química promedio de varias harinas de pescado mencionadas.
- Tabla 117:** Composición en aminoácidos y su coeficiente de digestibilidad de harina de pescado con 63.6 % de proteína bruta (Evonik, 2016).
- Tabla 118:** Porcentaje de proteína y proporción de metionina y de lisina en relación al porcentaje de proteína de las harinas de pescado de distintos países de origen (Evonik, 2016).
- Tabla 119:** Contenido de ácidos grasos omega 3 y omega 6 y relación omega 3: omega 6 en distintas grasas y aceites contenidos en diferentes concentrados proteicos utilizados en alimentación animal:(IAFMM, 1998).
- Tabla 120:** Rangos aceptados en la industria nacional (Argentina) para la compra de harina de pescado
- Tabla 121:** Cuando los solubles de pescado se comercializan aparte deben cumplir con el siguiente análisis sobre material tal cual:
- Tabla 122:** Comparación del aporte en aminoácidos de la harina de pescado, la harina de carne 60/65 %, la harina de aves con la harina de soja, expresados en porcentaje (Evonik, 2016).
- Tabla 123:** Análisis representativo del subproducto de aves, expresado en base a alimento tal cual.
- Tabla 124:** Subproductos de aves o “harina de aves”: la de baja cenizas (usada para gatos especialmente) y la de alta cenizas.
- Tabla 125:** Análisis comparativo de la harina de plumas hidrolizadas con la harina de aves y harina de soja (expresada en base a alimento tal cual.)
- Tabla 126:** Aporte de la harina de plumas hidrolizada en relación con la harina de aves en base a alimento tal cual. El aporte de la harina de aves se presenta entre paréntesis.
- Tabla 127:** Análisis comparativo de pelo vacuno, pelo de cerdos procesados, de plumas hidrolizadas y de harina de carne 60 %. (expresada en valores tal cual) (Moran *et al.*, 1968; Coward-Kelly *et al.*, 2006).
- Tabla 128:** Aporte nutricional de metionina y lisina sintéticas (FEDNA 2019).
- Tabla 129:** Contribución a la ración de otros aminoácidos sintéticos (FEDNA, 2019).
- Tabla 130:** Aportes de nitrógeno y equivalente en proteínas de tres fuentes de nitrógeno no proteico (Ahmed, 1971).
- Tabla 131:** Composición química de la urea comercial.
- Tabla 132:** Guía para uso de urea en vacunos de cría.
- Tabla 133:** Aporte de urea en distintas proporciones en silajes de planta entera de maíz y su respuesta respecto a contenido proteico, nivel de pH, rinde en kilogramos de leche (adaptado de Polan *et al.*, (1968) por Church., 1991).
- Tabla 134:** Suplementos líquidos diseñados por la Universidad de Perdue EE. UU.

## Listado de figuras

- Figura 1:** Esquema de la clasificación de alimentos
- Figura 2:** Esquema del proceso de industrialización del grano de cebada cervecera para la obtención de cerveza y sus subproductos (Muller & Tobin, 1980).
- Figura 3:** Proceso de la molienda húmeda del maíz (adaptado de Ensminger & Olentine, 1978).
- Figura 4:** Proceso industrial de la extracción de aceite por medio de solventes orgánicos.
- Figura 5:** Diagrama del procesamiento de la semilla de algodón para extraer el aceite y obtener su harina.
- Figura 6:** Semilla de algodón cubierta con el linter, borra o pelusa.

## SUPLEMENTOS MINERALES

**Sal, cloruro de sodio (*salt, sodium chloride*, en inglés) (IFN 6-04-152)**

**Harina de hueso (*bone meal*) (IFN 6-00-3999)**

**Cenizas de hueso (*bone ash o charcoal*) (IFN 6-00-401)**

Cuando se nombran las harinas (obtenida por cocción) y las **cenizas de hueso** (obtenidas por combustión del material original) se lo hace a continuación de las harinas de carne porque el proceso para obtenerlas (por cocción de la harina) está vinculado a la producción de las harinas de carne (aunque no siempre) y la materia prima es similar a la que se usa para esas harinas. Pero no se trata de un concentrado proteico porque no cumplen con las características de análisis de las mismas.

Se los considera suplementos minerales: aportan calcio y fósforo y en el caso de las harinas de hueso, una cantidad reducida de proteínas de baja calidad respecto de la cantidad de aminoácidos que puedan aportar. Es en su mayoría proteína de restos de tejidos blandos (restos de tendones) adheridos a los huesos que son de alto contenido de colágeno: pobre en aminoácidos esenciales.

Tener en cuenta que la harina de hueso no se puede utilizar en la alimentación de rumiantes debido a la presencia de proteínas y grasa, por la ley nacional: SENASA; resolución N° 252 del 12-5-1995) por la necesidad de mantener las medidas conducentes a evitar el contagio de la encefalopatía espongiforme bovina (BSE, en inglés), siendo Argentina libre de esta enfermedad y para mantener este status.

Con respecto a la cantidad de minerales que aportan es mayor la cantidad de calcio que la de fósforo, pero con respecto a la importancia de los aportes, se trata primordialmente de un aporte importante de fósforo asimilable y en segundo lugar de calcio en buena relación con el fósforo (2:1).

Nutrientes:	%	Harina de hueso IFN 6-00-399 (*)	Cenizas de hueso IFN 6-00-401(**)
Humedad	4,00	3,00 a 9,00 %	1,00 a 3,00 %
Proteína bruta	12,00	10,00 a 13,00 (*)	-
Grasa	2,00	1,50 a 3,50 (*)	-
Fibra bruta	1,50	1,50 a 3,00	-
Cenizas	73,00	69,00 a 75,00	96,00 a 98,56
Calcio	26,00	24,50 a 30,00	30,00 a 34,50
Fósforo	13,00	12,50 a 15,00	15,00 a 16,50.

(\*) No se puede utilizar en alimentación de rumiantes por reglamentación respecto a la encefalopatía espongiforme bovina, también llamada: "mal de la vaca loca".

(\*\*) Puede utilizarse para el aporte de Ca y P en las raciones de rumiantes, pero, debe provenir de huesos calcinados a seiscientos grados centígrados (600 °C) durante un período mínimo de una (1) hora, debiéndose constatar la ausencia de proteínas.

**Tabla 1:** Análisis químico de harinas y de cenizas de hueso.

La relación de valores entre calcio y fósforo: Ca / P debe ser siempre de 2:1- 2,2:1. Una relación más amplia acusaría la incorporación de materiales como conchilla o carbonato de calcio que sólo aportan calcio. Todo el fósforo es inorgánico es decir todo asimilable por los monogástricos.

En los frigoríficos ingleses solía implementarse otra norma de calidad, definida como la cantidad de fosfato tricálcico mínimo de 80 % para las cenizas, denominado “BPL” (bone phosphate lime = fosfato tricálcico) y de 60 a 70 % de fosfato tricálcico mínimo para las harinas de hueso de 11 y 13 % de fósforo, respectivamente.

La textura de la ceniza de huesos (obtenida por incineración) es relativamente fina tendiendo a ser polvoriento luego de su molienda. Debe pasar por tamiz de malla número “10” del 95 al 100 % del material molido.

Se utilizan como fuentes de fósforo y calcio en aves y cerdos y otros monogástricos. Las harinas de carne pueden utilizarse también como fuentes de fósforo. El calcio que no es cubierto por las harinas de carne puede cubrirse utilizando conchilla o con carbonato de calcio.

El fosfato dicálcico es otra fuente de fósforo que se ha ubicado competitivamente (en base a su precio por unidad de fósforo) en varios mercados. Es la fuente tradicional de fósforo en la mayoría de los países que no poseen la oferta de cenizas de huesos o, si la tienen, han superado con su demanda la oferta de cenizas de hueso.

La harina de huesos se prepara a partir de huesos frescos de plantas de faena que se cocinan en la misma forma que los materiales que dan origen a las harinas de carne. El tratamiento se produce por calor para recuperar la grasa y gelatina de los huesos y lograr su esterilización. Los huesos luego se secan y muelen de modo que el 98 % pasa por tamiz malla número “10”.

La presencia de restos de proteína y grasa le da un olor característico que se puede definir gráficamente como a “osamentas” pero en las cantidades que se pueda llegar a usar en una ración (hasta 1,50 o 2,0 %), no tiene efecto sobre la palatabilidad de la ración final.

La prohibición del uso de subproductos de origen animal portadores de proteínas relacionada con la encefalopatía espongiiforme bovina (síndrome de las vacas locas), excluye a la harina de hueso de la lista de alimentos para rumiantes. Queda la alternativa de usar cenizas de huesos o fosfatos. Si se utilizan, tanto harinas como cenizas de huesos en la alimentación de animales de compañía y en acuicultura.

Se debe prestar especial atención respecto al origen de las harinas de hueso, en algunos casos provenientes de hornos caseros a campo donde el producto obtenido se origina de la cocción y la molienda de huesos de “epidemia” (huesos recogidos por “barraqueros”: comerciantes que compran en estancias los cueros y huesos de animales muertos en el campo por distintas causas y también las crines o pelo del tuse de los caballos, cueros de ovejas, etc.). Esos huesos, cocidos, molidos sin esterilizar, con restos de tejidos blandos y grasa adheridos, pueden ser portadores de microbios causantes de algunas de las enfermedades que provocaron la muerte de los animales (esporas de carbunco, por ejemplo) cuyos huesos son procesados. Es habitual encontrar en estos productos trozos de pezuña, pelos y materias extrañas a una harina bien elaborada. De ahí el peligro de uso como suplementos minerales.

Para destruir toda materia orgánica, los huesos se someten a fuego directo. El producto resultante es de color blanco ceniza, libre de puntos negros de materias orgánica no bien carbonizada y de olores extraños y una vez molido debe pasar por tamiz malla #”10” el 98 % del material como para las otras fuentes de fósforo.

**Respecto a suplementos minerales que aportan específicamente fósforo****Fosfatos (*phosphates*, en inglés)**

Los fosfatos más conocidos para su uso en alimentación animal son los fosfatos dicálcicos defluorinados. El flúor es un mineral relacionado con la salud de los dientes, pero un exceso de este mineral crea situaciones opuestas a las de su dosis terapéutica destruyendo la dentadura además de afectar los huesos (produciendo huesos abultados en sus extremos articulares y blandos) y rigidez articular. Afecta a todas las especies de granja y al hombre. Es un veneno acumulativo.

**Fosfato dicálcico (*dicalcium phosphate*, en inglés) (IFN 6-01-080)**

El fosfato dicálcico puede ser obtenido por precipitación de fosfatos de huesos o de fosfatos de roca sometidos a un proceso de purificación. Este último proceso disminuye también el contenido del agua de cristalización.

Es de un color casi blanco, sin olor y la textura varía de pulverulenta a granular. Este fosfato tiene una relación de Ca a P más elevada (1,30:1) que los otros fosfatos comúnmente usados y hay algunos fosfatos que pueden garantizar un contenido de P del 21 %.

Como dato anecdótico, se cita el proceso de eliminación del exceso de flúor de fosfatos altos en este mineral para ser ofrecidos “defluorinados” (cumpliendo con un máximo permitido de flúor). ¿A dónde va ese flúor eliminado de los fosfatos? Los servicios de provisión de agua corriente de algunos países lo adquieren para incorporarlo en el agua corriente y lo suministran en las dosis que la población humana necesita para asegurarse una buena dentadura. Los fabricantes de dentífricos hacen lo mismo con algunos de sus productos.

Nutrientes:	Esperado (%)	Variación (%)
Calcio	24,00	23,00 a 28,00
Fósforo total	18,50	17,00 a 21,00
Fósforo inorgánico	18,50	17,00 a 21,00
Flúor	Menor a 0,12	-

**Tabla 2:** Análisis químico del fosfato dicálcico.

Relación Ca:P = 1,3:1. Por su bajo contenido de flúor, puede usarse en cualquier ración, sin problema de toxicidad por este elemento.

**Fosfato dicálcico defluorinado (*defluorinated dicalcium phosphate*, en inglés) (IFN 6-01-780)**

El fosfato dicálcico defluorinado, es fosfato de calcio de roca obtenido por calcinación, fusión o precipitación y no debe contener más de una parte de flúor por cada cien partes de fósforo. La cantidad de flúor se reduce a niveles seguros tratando el fosfato de roca con ácido sulfúrico y calor o por calcinación. El fosfato defluorinado varía en color de gris claro a gris amarronado. Observar a continuación su composición química:

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Nutrientes:	Esperado (%)	Variación (%)
Calcio	32,00	31,00 a 35,50
Fósforo total	18,00	15,00 a 19,00
Fósforo inorgánico	18,00	15,00 a 19,00
Flúor	0,18	0,00 a 0,30

**Tabla 3:** Composición química del fosfato dicálcico defluorinado. Relación Ca:P = 1,8:1

La decisión para usar una u otra fuente de fósforo se toma teniendo en cuenta el costo de la unidad de este nutriente y la necesidad de fósforo a incorporar a las dietas en correcta relación con el calcio. En dietas con fabáceas (leguminosas), por ejemplo, se necesitará menos fósforo que en dietas a base de poáceas (gramíneas).

A continuación, en la tabla 138 se presentan otras fuentes de fósforo que pueden utilizarse en el armado de raciones para uso animal.

	Fosfato monosódico monohidratado	Fosfato sódico cálcico	Fosfato de magnesio hidratado	Fosfato triple de Na, Ca y Mg hidratado	Fosfato monoamónico <sup>2</sup>
<i>Fórmula química</i>	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	CaNa(HPO <sub>4</sub> )	Mg(HPO <sub>4</sub> )·3H <sub>2</sub> O	(Na,Ca,Mg)PO <sub>4</sub> ·nH <sub>2</sub> O	NH <sub>4</sub> (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )
<i>Nº Catálogo</i>	11.3.10	11.3.16	11.3.8	11.3.9	11.3.17
<i>Nº CAS</i>	10049-21-5	-	7782-75-4	-	7722-76-1
Humedad	1.5	1.5	2.0	-	0.5
Cenizas	81	98	76	-	ND <sup>3</sup>
Calcio	-	18-20	1	7.5-9.0	0.40
Fósforo	22.5	20 <sup>c</sup>	14 <sup>4&gt;</sup>	17.5	26.4
Sodio	17-20	5	0.19	12.0-14.5	0.09
Potasio	0.01	0.12	0.10	-	0.15
Cloro	0.01	0.03	0.08	-	ND
Magnesio	ND	0.64 <sup>c</sup>	26 <sup>4</sup>	5.0	0.50
Flúor	0.001	ND	ND	-	0.10
Azufre	0.015	0.75	0.30	-	0.75
Hierro, mg/kg	10	1800	-	-	7500 <sup>5</sup>
Cobre, mg/kg	ND	12	-	-	10

(\*) Todos los aportes se presentan en porcentaje salvo indicación contraria

(2) Contiene además un 10-12 % de nitrógeno equivalente a 62-75 % de equivalente proteico.

(3) ND: no disponible

(4) Contenido variable (13 a 15 % de P y 24 a 28 % de Mg).

(5) Contenido muy variable (4700 a 12000 mg/kg).

**Tabla 4:** Fuentes de fósforo utilizables en alimentación animal y el aporte de otros microminerales (FEDNA, 2019).

Los valores de disponibilidad del P se muestran en la tabla 139, donde se toma como patrón (valor 100) el fosfato monosódico para todas las especies:

## SUPLEMENTOS MINERALES

Fosfato	P, %	Disponibilidad, (%)		
		Porcino	Aves	Rumiantes
Monosódico	22.5	100	100	100
Monocálcico monohidratado	22.7	90.5	91	96
Monodicálcico monohidratado	21.5	83.5	86	97
Dicálcico dihidratado	17.7	77	84	100
Dicálcico anhidro	18.0-20.0	72	75	-
Fosfato defluorinado (DFP)	18.0	60	72	-
Fosfato cálcico monosódico	20.0	94	86	-

<sup>a</sup>Tomando como referencia el fosfato monosódico

**Tabla 5:** Disponibilidad de fuentes de fósforo (P) para distintas especies tomando como referencia el fosfato monosódico (100) (FEDNA, 2019).

### **Suplementos cálcicos (*calcium supplements, en inglés*)**

#### **Conchilla molida (*oyster shell, en inglés*) (IFN 6-03-481)**

La conchilla se encuentra compuesta por restos fósiles de crustáceos y moluscos, entre otros, de origen marino. Se extrae de la naturaleza en zonas donde hay abundancia, lo que determina conchilla de diversas calidades y características. Su color varía del blanco al grisáceo o gris. Según su origen puede aportar cantidades de otros minerales como fósforo (P), Manganeseo (Mn), molibdeno (Mo) y otros oligoelementos. Previo a su uso suele tratarse con ácido (fosfórico) y luego se realiza un tratamiento térmico o puede realizarse solamente el tratamiento térmico para eliminar cualquier patógeno presente y reducir la humedad.

#### **Carbonato de calcio o calcita (*calcium carbonate, en inglés*) (IFN 6-01-069)**

El carbonato de calcio, también llamado calcita,  $\text{CaCO}_3$ , es una de las principales fuentes de calcio usadas en la formulación de raciones para animales. Se obtiene de yacimientos de piedra caliza. Debe extraerse, secarse y luego se tritura. El aporte de calcio (Ca) dependerá de la riqueza de este elemento en la roca original y del aporte/proporción de otros minerales presentes (magnesio (Mg) - hierro (Fe)). Aproximadamente contiene un 38 % de calcio. La presentación del producto en diferentes granulometrías permite en algunas producciones mejorar el consumo, variar el tiempo de retención y mejorar su aprovechamiento (por ejemplo, en gallinas ponedoras).

Ambos suplementos son fuentes aceptables de calcio conteniendo, los mismos, no menos de 33,00 % de calcio (llegando hasta 38 % en los materiales libres de impurezas).

Nutrientes:	Esperado %	Variación %
Calcio	38,00	33,00 a 39,00
Cenizas	98,00	94,00 a 99,00
Magnesio	1,00	0,00 a 2,60.

**Tabla 6:** Análisis esperado de carbonato de calcio y de conchilla.

Estos materiales aportan casi exclusivamente calcio y proporcionalmente se usan más en alimentos para aves en postura. En la dieta de aves ponedoras se suele usar una molienda más gruesa de estos materiales así ceden en el organismo el calcio tiempo después que los otros nutrientes han sido asimilados. De este modo ese calcio remanente queda por aprovecharse y es el que el ave utiliza durante las horas de la noche para cubrir las necesidades de la formación de la cáscara del huevo por poner en la mañana siguiente.

Si bien la disponibilidad del Ca de la piedra caliza y de la conchilla es similar, el Ca que aporta la conchilla orgánica es menos soluble, de tamaño más grueso por lo cual su liberación será más lenta luego de entrar en contacto con el ácido clorhídrico producido en el proventrículo. En caso de aves de más edad, altas temperaturas y bajo nivel de Ca en la dieta, el agregado de conchilla en la dieta suministrada por la tarde podría mejorar la calidad de la cáscara del huevo en aves ponedoras (FEDNA, 2019). Se deduce de este párrafo que cuanto más fina es la molienda del suplemento, más disponible se encuentra el calcio. La contrapartida se produce porque al ser molido más fino, es más polvoriento en su manipuleo y presenta más dificultad para fluir si se almacena en silos. No está de más aclarar que la conchilla que se utiliza en nuestro país, cuyo origen es fósil y que presenta canalículos internos se comporta igual a la piedra caliza en lo que respecta a su solubilidad. (Podestá, 2020).

*La gratitud es la memoria del corazón.*

**J. B. Massien**

Suplementos cálcicos:	Biodisponibilidad %
Carbonato de calcio y conchilla	100 (estándar)
Piedra caliza	88 a 93
Fosfato de calcio defluorinado	100 a 108
Fosfato dicálcico defluorinado	95 a 140
Cloruro de calcio	120 a 132
Fosfato monocálcico	120 a 140
Heno de alfalfa	78 a 80

**Tabla 7:** Biodisponibilidad del calcio de varias fuentes para rumiantes (Peeler, 1972, AAFCO, 1994).

Esto es la cantidad de calcio que el animal puede utilizar en una función biológica cuando se compara con una fuente estándar de ese mineral.

El mineral de cualquier origen nunca es completamente disponible o utilizado dentro del organismo animal; algo siempre se pierde en un proceso digestivo normal y en funciones metabólicas normales. Además, varios factores influyen la absorción de un mineral de una fuente determinada y estos factores pueden variar de un día para otro. Por eso se han hecho estudios comparativos de una fuente como base de comparación (carbonato de calcio en este caso) y tratando a todas las fuentes por igual. Una porción del calcio está ligada al ácido oxálico en plantas de hoja (alfalfa, por ejemplo) y ese calcio no se absorbe. La glándula paratiroides regula la absorción del calcio y permite que haya una buena absorción con relaciones calcio:fósforo de entre 1,5:1 a 2:1 sin afectar la producción y/o la reproducción. Si nos fijamos una relación de Ca:P de 1,8:1 para vacas lecheras, por ejemplo, se toma en cuenta que algo del calcio, en cualquier dieta, no será digerible. Cabe aquí recordar la oferta de calcio y fósforo que hacen los forrajes y, también la de los cereales

## SUPLEMENTOS MINERALES

y el poroto de soja, y la relación entre estos dos minerales fundamentales en la dieta de los rumiantes y el resto de los herbívoros.

Especie:	% calcio	% fósforo	Observaciones
Alfalfa, heno	1,41	0,24	Floración mediana
Alfalfa, verde	2,19	0,33	Estado vegetativo tardío
Lespedeza	1,35	0,21	Floración temprana
Lotus, verde	1,91	0,22	Estado vegetativo
Lotus, heno	1,70	0,27	Sin semillar
Melilotus, heno	1,27	0,25	-
Soja, heno	1,26	0,27	Floración mediana
Soja, poroto	0,27	0,65	-
Trébol blanco	1,93	0,35	Vegetativo temprano

**Tabla 8:** Contenidos de calcio y fósforo de algunas leguminosas (fabáceas) forrajeras comparadas con algunas de sus semillas.

Especie:	% calcio	% fósforo	Observaciones
Cebada, silaje	0,34	0,28	-
Cebada, grano	0,05	0,38	-
Avena, silaje	0,47	0,33	Con grano pastoso
Avena, heno	0,24	0,22	(con más grano aún)
Avena, grano	0,07	0,38	-
Cebadilla, verde	0,50	0,30	Vegetativo temprano
Maíz, silaje	0,23	0,22	Con espiga
Maíz, silaje	0,38	0,31	Sin espiga
Maíz, grano	0,02	0,35	-
Sorgo granífero silaje	0,34	0,17	-
Sorgo granífero grano	0,04	0,34	-

**Tabla 9:** Contenidos de calcio y fósforo de algunas gramíneas (poáceas) forrajeras comparadas con algunas de sus semillas.

Estas dos tablas resumen bien la relación del calcio y el fósforo en los forrajes donde se nota el predominio del Ca sobre el P con varias veces la cantidad de Ca respecto del P en las leguminosas y cantidades más cercanas del Ca respecto del P en las gramíneas, pero predominando siempre el Ca sobre el P.

En cambio, en las semillas, el P está siempre en mayor cantidad que el Ca y, sobre todo en los cereales, el Ca figura con una cantidad muy pequeña y el P es de unas 6 a más de 10 veces más abundante.

### **Magnesio (*magnesium*, en inglés) (IFN 6-xx-xxx)**

En general no se presentan déficits de magnesio en las producciones tradicionales por una buena cantidad de este mineral en los alimentos. Pero es necesario suplementarlo sobretodo en las producciones de rumiantes en casos de hipomagnesemia por pastoreo

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

de especies en estadios muy aguachentos (primeros cortes de los verdeos de invierno), tetania de la hierba en vacas lecheras y en ovejas. También se aconseja en situaciones de estrés. Por otra parte, el exceso es perjudicial especialmente en aves ponedoras. Reducen el consumo de alimento, favorece las heces húmedas con manchado de los huevos y problemas de cáscara de los huevos (FEDNA, 2019). Existen distintas fuentes que pueden utilizarse para suplementar magnesio, siendo la más utilizada el óxido de magnesio. Ver a continuación la tabla 144 en donde se presenta la biodisponibilidad de diversas fuentes:

Óxido de magnesio puro (6-02-756)	100 %
Óxido de magnesio: calidad para uso en alimentación animal (6-02-756)	85 %
Sulfato de magnesio	58 a 113 %
Carbonato de magnesio (6-02-754)	86 a 113 %
Dolomita: usada además, para hacer buenos comprimidos. (IFN 6-02-633). Es ligante.	28 %
Cloruro de magnesio	98 a 100%
Citrato de magnesio	100 a 148 %
Acetato de magnesio	107 %
Nitrato de magnesio	97 %
Lactato de magnesio	98 %
Silicato de magnesio	<
Fosfato de magnesio	100 %
Granos y concentrados proteicos	30 a 40 %
Forrajes	10 a 25 %

**Tabla 10:** Biodisponibilidad del magnesio en varias sales que lo aportan, para rumiantes (Henry & Benz, 1995).

Como se mencionara anteriormente, otros minerales acompañan a las fuentes mencionadas (ver Tabla 11):

Fuente mineral	Ca %	P %	Mg %	Na %	Cl %	Flúor %
Fosfato dicálcico	22	18,70	0,60	0,06	-	0,18
Fosfato de roca	17	9	0,35	0,10	0,007	1,25
Carbonato de calcio	38	-	0,05	0,02	-	-
Piedra caliza	38	-	2,10	0,05	0,03	<0,0025
Conchilla de ostras/moluscos	38	0,10	0,30	0,20	0,01	-
Cloruro de sodio	0,30	-	-	39	60	-
Óxido de magnesio	3,00	-	55	0,05	0,02	-
Bicarbonato de sodio	-	-	-	27	-	-

**Tabla 11:** Fuentes de minerales con sus aportes de otros minerales esenciales.

**Azufre (sulfur, en inglés)**

**Sulfato de calcio (calcium sulfate) (IFN 6-01-087<sup>10</sup>)**

**Sulfato de sodio (sodium sulfate) (IFN 6-04-292<sup>11</sup>)**

Al mencionar el uso de urea en dietas para rumiantes se introdujo la necesidad de incorporar azufre para que las bacterias del rumen puedan elaborar sus aminoácidos azufrados. A continuación, se muestran distintas fuentes que pueden utilizarse para aportar este mineral (ver Tabla 12):

Sal mineral:	Ca %	S %	Na %	K %	Mg %
Sulfato de calcio (*)	22,6	18,10	-	-	-
Sulfato de sodio	-	9,70	13,80	-	-
Sulfato de potasio	0,15	17,90	0,09	41,00	-
Sulfato de potasio y magnesio	-	22,30	-	18,50	11,60
Sulfato de magnesio (**)	-	12,80	-	-	9,70

(\*) sulfato de calcio o gypsum y (\*\*) sulfato de magnesio o Epsom Salt.

**Tabla 12:** Fuentes de azufre útil para suplementar raciones que utilizan urea.

A continuación, en la tabla 13 se presenta la biodisponibilidad de distintas fuentes de azufre.

Standard: S (azufre) de metionina	100 %
Sulfato de calcio (gypsum salt)	60 a 80 %
Sulfato de sodio (glaugers salt)	60 a 80 %
Sulfato de potasio	60 a 80 %
Sulfato de magnesio (epsom salt)	60 a 80 %
Sulfato de potasio y magnesio	60 a 80 %
Sulfato de amonio	60 a 80 %
S: azufre elemental	30 a 40 %

**Tabla 13:** Biodisponibilidad de distintas fuentes de azufre (Peeler, 1972, Ammerman *et al.*, 1995).

**Formulación de “sales minerales”, para ganado**

1. Porcentaje del mineral a suplementar. Por ejemplo: cubrir las necesidades de calcio y fósforo.
2. Porcentaje de los minerales a cubrir presentes en el compuesto portador de esos minerales.

**Ejemplo**

A: necesitamos una sal mineral con 12 % de calcio y 6 % de fósforo.

B: disponemos de un portador de calcio y fósforo: cenizas de hueso con  
calcio 24 %  
fósforo 12 %

Necesitamos 6 % de fósforo en base a cenizas de hueso:

$$\frac{6\% \text{ de fósforo} \times 100}{12\% \text{ de fósforo}} = 50\% \text{ Y para calcio} = \frac{12\% \text{ calcio} \times 100}{24\% \text{ de calcio}} = 50\% \text{ (o } 1200 / 24\% = 50\%)$$

10 Sulfato de calcio o gypsum

11 Sulfato de magnesio o Epsom Salt.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

La fórmula de la sal mineral tendrá 50 % de cenizas de hueso y el 50 % restante se cubre con sal (ClNa) para aportar sodio y palatabilidad, atractivo para consumirla (el ClNa, aportará 30 % de sodio y cloro: 60 % y 0,30 % de Ca que viene incluido en la sal para que la sal no se agrume y puede correr-deslizar- fácil al volcarla).

Completan ambos aportes (fósforo y calcio) ajustadamente.

Ejemplo B: con relación Ca:P más amplia: calcio 20 % y fósforo 8 %; usando cenizas de hueso, (de calcio 24 % y fósforo 12 %), para cubrir fósforo sin exceso y buscamos otra fuente de calcio (sin fósforo) para la diferencia:

Cantidad de cenizas de huesos para cubrir fósforo:

En 100kg de cenizas hay 12 % de fósforo y necesitamos 8 % de fósforo:

$8 \times 100 / 12 = 66,66$  % de cenizas de hueso para cubrir fósforo.

Requerimiento de calcio en la sal mineral a formular:

20 % aporte de calcio.

Cuando se cubre el fósforo (con 66,66 % de cenizas de hueso):

Los 66,66 de cenizas aportan  $66,66 \times 24 = 16$  % de calcio en el 66,66 % de cenizas de hueso.

Diferencia:  $20 - 16 = 4$  % de calcio, que lo cubrimos con conchilla (de 38 % de Ca), molida fina: = 4 % de calcio necesario  $\times 100 = 10,52$  % de conchilla (o  $4 \times 100 / 38$  % = 10,52 (conchilla con 38 % de Ca).

		Ca.	P
Fórmula final: cenizas de hueso	66,66	16 %	8 %
conchilla	10,52	4	-
sal (ClNa.)	22,82(*)	-	-
Total	100,00	20	8
(*) la sal obra como complemento para integrar y completar el 100 % de la fórmula, además de su función importante de palatabilidad. (de Daniel J.Fay).			

### Almacenamiento de alimentos

Es muy importante conocer la humedad de los alimentos que se vayan a almacenar (niveles iniciales de seguridad entre 8 y 12 % de humedad)

Alimento:	Humedad aceptable
Granos	11a 12 %
Harinas y expellers de oleaginosas	9 a 10 %
Afrechos de trigo, de maíz, de arroz	10 a 11 %
Harinas de pescado y de carnes	8 a 9 % (*)
(*) notar que las harinas de origen animal tienen una menor tolerancia a la humedad: con humedades más altas desarrollan fácilmente microorganismos. (Con mayor contenido de grasa, se necesita menor humedad de almacenamiento).	

**Tabla 14:** Contenido de humedad de alimentos para un buen almacenaje.

Se debe verificar frecuentemente la temperatura en el sitio de almacenamiento. Algunos hongos son de rápido crecimiento en condiciones óptimas y pueden crear focos

de calor de 50-55°C y aumentar el porcentaje de humedad como producto del propio metabolismo de los hongos.

Las levaduras pueden, en condiciones favorables, elevar la temperatura muy rápido. De persistir las condiciones, hongos termofílicos llevarán la temperatura a 60-65°C, reemplazando a los anteriores microbios. Entonces el alimento se oscurece y chamusca. Si es un alimento con materia grasa alta (10 %) como las harinas de pescado o de carne, afrecho de arroz y otros, se acelerará el calor por oxidación de las grasas.

A veces, los hongos termofílicos son reemplazados por bacterias termofílicas que pueden llevar la temperatura a 70-75°C, lo que conducirá eventualmente a la auto combustión del alimento o sea a su destrucción.

Para controlar los factores de deterioro, usar:

- antioxidantes
- ácidos orgánicos
- ventilación (ventilación y refrigeración según las circunstancias).

La ventilación de los granos se limita por impurezas (material foráneo a los granos, granza, tierra, etc.) y con el polvo de los granos rotos en su manipuleo que bloquean el paso del aire que debe circular para ventilar, además de reducir el valor alimenticio de los mismos. Obstaculizar el flujo del aire a través del grano almacenado hace más difícil conservarlo sano.

La presencia de insectos y de humedad más alta de la ideal para almacenar el grano, provocan su calentamiento y, sin posibilidad de hacer una buena ventilación, el deterioro será mayor, dañando el germen y las posibilidades de germinar si se planeaba usar como semilla y perdiendo nutrientes en todos los casos.

La humedad, la temperatura, el contenido de materia grasa, la presencia de insectos, de microorganismos, determinan, a menudo, las posibilidades de un buen almacenamiento y la calidad de los alimentos.

Con alta humedad, se desarrollan los microorganismos. Su proliferación y el oxígeno de la respiración de los mismos, generan calor y más humedad por el aprovechamiento de los nutrientes que acelerará su actividad degradativa sobre el valor nutritivo original de los alimentos. El endosperma de los granos se vuelve de color marrón oscuro o negro. El daño del germen de los granos es causado por el calor de la respiración microbiana y puede dar origen a la producción de micotoxinas de los hongos que los parasitan.

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Alimentos:	Normal	Elevado (*)	Excesivo (**)
Harina de pescado	20	40	60
Maíz	50	100	Son valores sólo de orientación, para nuestra información, pues corresponden a clima tropical
Granos (no maíz)	80	200	
Harina de carne (1)	15	45	
Harina de soja (2)	25	80	
Expellers varios	50	100	

(\*) con este nivel (dos o más veces el nivel normal) está, ordinariamente, comprometida la frescura del alimento en las condiciones de clima en que se realizó el estudio.  
 (\*\*) a este nivel (tres veces el normal), la calidad está afectada.  
 (1) tienen valores de grasa de alrededor de 10-12 %. Notar que las proteínas de origen animal, con menos UFC se ubican en un nivel "elevado" de contaminación con valores que son bajos o muy bajos para otros alimentos.  
 (2) como el valor de grasa no supera el 2 %: necesita valores más altos de UFC para comprometer la frescura del alimento. Lo mismo sucede con los granos "no maíz" respecto del grano de maíz que tiene más grasa que los otros granos.

**Tabla 15:** Conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) de mohos / hongos en alimentos (las cifras son en miles por gramo).

La alta humedad activa las enzimas del grano que convierten el almidón en hidratos de carbono simples y las proteínas a compuestos más simples. Y en algunos casos, también, los hongos pueden aprovechar esta circunstancia complicando la conservación de los granos y además generar peligrosas micotoxinas (por ejemplo, en el caso del trigo con la parasitación a cargo de *Fusarium* y la formación de la micotoxina DON o Desoxinivalenol o Vomitoxina).

### **Aglomerantes**

#### **Bentonita (*bentonite*, en inglés)**

Es un mineral con la capacidad de hidratarse usado para hacer más firmes los comprimidos o pellets. Su nombre viene de Fort Benton, en Wisconsin, EE. UU., donde se descubrió y se empezó a extraer para su uso.

SiO <sub>2</sub> (Silice)	61,0 %	K <sub>2</sub> O (Potasio)	0,5 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Aluminio)	14,8 %	TiO <sub>2</sub> (Titanio)	0,4 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Hierro)	2,9 %	Absorción de agua	hasta 7 veces su peso
Na <sub>2</sub> O (Sodio)	1,3 %	pH	7
MgO (Magnesio)	2,0 %	Humedad	13 %
CaO (Calcio)	0,2 %	-	-

**Tabla 16:** Análisis químico típico de la bentonita.

En su mayor parte está constituido por montmorillonita, en forma de polvo muy fino. Es un silicato alúmino magnésico hidratado, acompañado por silicatos dobles de aluminio y sodio o de aluminio y calcio y hasta de aluminio y magnesio. Está formada por alteraciones de cenizas volcánicas ocurridas luego de depositarse. Según las proporciones de estos silicatos varía el grado de hinchamiento que sufre al absorber agua. Las bentonitas sódicas son más absorbentes que las bentonitas cálcicas.

Actúan como un coloide hidratado y esta actividad coloidal hace que en algunas circunstancias pueda secuestrar o reducir la actividad de medicamentos agregados a la ración. En alimentos sin medicar su función principal es la de hacer más firmes los comprimidos especialmente cuando en la ración participan alimentos difíciles de compactar (los más fibrosos, por ejemplo). Hace más fluida la caída de los alimentos (raciones) almacenados/as a granel evitando que formen grumos o se apelmacen o “puenteen” (alimentos con niveles altos de grasa o con melaza).

Al mismo tiempo que mejora la calidad de los comprimidos y los otros beneficios mencionados, reduce el desgaste de la matriz de la prensa para formar los comprimidos y mejora el rendimiento mecánico de las mismas al reducir las fricciones.

Por su capacidad de absorber agua hasta siete veces su propio peso e hincharse hasta quince veces su volumen original, reduce la tendencia a diarreas en todas las especies, sobre todo en aves y cerdos, al incorporarla en las dietas al 2 % de la ración cuando las heces son muy húmedas, cantidad que puede elevarse hasta el 4 % para tratar las heces cuando ya son líquidas ayudando al tratamiento que el médico veterinario haya indicado para su solución.

La bentonita sólo actúa absorbiendo agua del intestino. La bentonita más los electrolitos curan más fácilmente las diarreas de terneros. La bentonita no es absorbida por el animal, se elimina en las heces.

También, hace más lento el pasaje del alimento por los intestinos y minimiza las fluctuaciones ácido-base en el intestino. Permite la adaptación más rápida de los rumiantes a raciones de alto porcentaje de concentrados.

Por otra parte, favorece la adsorción, incorporada al 0,5 % de la dieta, de algunas sustancias tóxicas (micotoxinas, por ejemplo) que ingresen con el alimento. Para este propósito se usan también aluminio silicatos de calcio y sodio. También se usa como vehículo de premezclas para diluir a dosis fáciles de mezclar las vitaminas y minerales en una ración.

La bentonita es de color cremoso a marrón pálido. No tiene olor y es de un sabor semejante al de tierra. Es extremadamente fina su molienda: por lo menos el 90 a 95 % del material pasa por tamiz de malla # 200.

Reemplaza (kg a kg), con ventajas, al “lignosulfonato” como aglomerante (“binder”, en inglés) y es más palatable que ese subproducto de la industria de la madera que también se usa para ayudar en la compactación de raciones (en comprimidos o “pellets”).

### ***Cálculo del valor económico de los ingredientes de una ración***

La formulación de raciones y dietas por mínimo costo ha reemplazado, en gran medida, la necesidad de considerar el valor económico de alimentos individualmente. Los programas de formulación dan un valor de uso para cada ingrediente usado y para los que rechaza para cada ración.

Para hacer esto sin el auxilio de un programa de formulación, existen medios de análisis económicos. Uno de ellos es el de la solución de “ecuaciones simultáneas” usando, por ejemplo, los valores de energía y proteína que son los aportes más costosos para la mayoría de las dietas (ambos dan una estimación de entre el 85 y el 90 % del costo económico de la dieta o de la ración).

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Dado que el maíz y la harina de soja son, comúnmente, las fuentes de energía y de proteína, más frecuentes en dietas para monogástricos, por ejemplo, pueden tomarse como base de comparación. Conociendo el precio del momento de ambos alimentos, como así también sus contribuciones en energía y en proteínas, se puede evaluar el valor relativo de cualquier otro ingrediente.

Conociendo su valor alimenticio y el valor de mercado de un ingrediente a comparar, tendremos una guía para el comprador potencial respecto del valor efectivo frente a los dos alimentos de comparación (maíz y harina de soja). La solución se consigue al resolver ecuaciones simultáneas.

Si el maíz tiene 8,6 % de proteínas (valor de análisis del área en que se hace la investigación) y además provee 3300 Kcal de energía metabolizable por kg, una tonelada de maíz, proveerá 86 kg de proteína y 3300000 kcal o 3300 Mcal de EM por tonelada (3300 kcal. x 1000 kg).

Si la harina de soja contiene 48 % de proteínas y provee 2550 kcal. EM/kg entonces una tonelada de harina de soja proveerá 480 kg de proteína y 2550 Mcal de EM

Si el maíz se compra a \$150 / tn y la harina de soja a \$ 300 /tn, (valores teóricos) entonces:

$$86 X + 3.300Y = \$150$$

$$b) 480 X + 2.550 Y = \$300$$

Donde X = costo de 1 unidad de proteína e Y = costo de una unidad de EM(1000 kcal).

La ecuación "a": puede reescribirse así:  $X = (150 - 3.300 Y) / 86$

Y substituyendo el valor de "X" en la ecuación "b":

$$\text{Entonces: } 480 [(150 - 3.300Y) / 86] + 2.550 Y = 300$$

De esta ecuación  $Y = \$0,03385 = \text{costo de 1000 kcal de energía}$

Substituyendo "Y" en esta ecuación 'a':

$$86 X + 3.300 (0,03385) = 150$$

De esta ecuación  $X = \$0,4453 = \text{costo de 1kg de proteína}$

Estas ecuaciones dan el costo relativo de la proteína y energía en el maíz y en la harina de soja y dan el potencial para juzgar el valor económico de otros ingredientes, por ejemplo, un trigo que se vende a \$180 / tonelada.

El trigo provee 130kg de proteína y 3.150 Mcal / EM por tonelada.

Por lo tanto, su valor relativo es:  $130 \times 0,4453 = 57,89$

$$\text{más } 3.150 \times 0,03385 = 106,63$$

$$164,52$$

Entonces cuando el maíz cuesta \$150/tn y la harina de soja \$ 300 / tn, basados en sus contribuciones de energía y proteína, el trigo vale \$164,52 / tn para esa situación de precios y contribuciones.

En esta instancia el trigo a \$180 / tn no es económico. Si el precio fuera, por ejemplo \$155 / tn, sería, obviamente, atractivo económicamente.

Lógicamente, cuando cambien los precios del maíz y de la harina de soja hay que fijar nuevos valores de comparación para energía y proteína. Lo mismo si variaran los valores de energía y de proteína de cualquiera de estos dos alimentos de comparación.

## SUPLEMENTOS MINERALES

Según las circunstancias, otros alimentos pueden ser los de comparación o standard: otra fuente de energía y otra de proteína: sorgo y harina de girasol; cebada y harina de algodón; sorgo y harina de algodón; sólo por citar ejemplos. Si la búsqueda fuera, por ejemplo, de una fuente de fósforo y de calcio, otros serían los ingredientes estándar. Con la ayuda de una computadora, más nutrientes pueden entrar a ser considerados y entonces la estimación de valor se hace más precisa y, con programas más completos, se pueden juzgar más ingredientes y usar más alimentos como estándar.

Otro aspecto a considerar, en el armado de las raciones es la densidad de los alimentos usados a granel a incluir, algunos ejemplos se presentan en las tablas 17, 18 y 19. Obsérvese en la tabla 17 la densidad de distintos granos usados a granel antes y después de su molienda:

Granos:	Enteros	Molidos	Granos:	Enteros	Molidos
Maíz dentado	575 - 625	605 - 645	Cebada	480 - 545	385 - 420 (*)
Sorgo	510 - 600	510 - 640	Avena	320 - 350	320 - 400 (*)
Centeno	530 - 560	590 - 625	-	-	-

(\*) notar que los granos con glumas adheridas a su madurez (avena, cebada) disminuyen o mantienen su densidad al ser molidos, contrariamente a lo que pasa con los otros alimentos. La fibra molida de esos granos crea más volumen y menor densidad.

**Tabla 17:** Densidad de distintos granos enteros y molidos utilizados a granel en alimentación animal (en kg/m<sup>3</sup>), (Morrison, 1959).

En la tabla 18 se presentan la densidad de algunos subproductos de origen vegetal utilizados en la formulación de raciones manipulados a granel:

Subproductos vegetales:	Molidos	Subproductos vegetales:	Molidos
Rebacillo de avena	175 - 195	Gluten meal	605 - 720
Afrecho de trigo	175 - 255 (**1)	Harina de soja 44 %	560 - 610 (**2)
Afrechillo	240 - 350 (**1)	Harina de soja 50 %	655 - 675 (**2)
Brote de malta	205 - 255	Harina de algodón	590 - 640 (**2)
Pulpa de citrus	320 - 350 (**1)	Harina de lino	495 - 530 (**2)
Burlanda de maíz 30 %	285 - 350 (**1)	Harina de maní	560 - 640 (**2)
Gluten feed	415 - 530	Melaza	320 - 400

(\*\*1) y (\*\*2) estos alimentos se suelen presentar comercialmente en forma de comprimidos por diferentes motivos: (\*\*1), para reducir su volumen, aumentar su densidad, permitiendo transportar mayores cantidades; (\*\*2), son las harinas de semillas oleaginosas que en harinas no se desplazan bien en los silos de almacenaje y como se comercializan a granel se resuelve en buena medida este problema transformándolas en comprimidos (pellets).

**Tabla 18:** Densidad de subproductos de la industria de origen vegetal utilizados a granel en la alimentación de animales (Morrison, 1959).

Por otra parte, en la tabla 19 se presenta la densidad de algunos subproductos de la industria de origen animal y de algunas fuentes de minerales utilizados a granel en la alimentación de animales:

## ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Subproductos animales:	molidos	Minerales:	molidos
Harina de carne 40/45	485 - 600	Sal (ClNa)	995 - 1125
Harina de carne 50 %	480 - 590	Carbonato de calcio	1200 - 1280
Harina de carne 60 %	480 - 545		
Harina de sangre	480 - 610		
Harina de pescado	480 - 610		

**Tabla 19:** Densidad de algunos subproductos de la industria de origen animal y de algunas fuentes de minerales utilizados a granel en la alimentación de animales (Morrison, 1959).

Las harinas de carne, pescado y de aves no se comprimen, a pesar de que no bajan bien en los silos, pues su nivel de grasa (de alrededor de 8 hasta 12 %), impide prensarlas bien y los comprimidos se desarmen al salir de la prensa. Una excepción son las harinas con menos grasa (alrededor del 6 %), sobre todo las de pescado de la costa del Pacífico que para embarcarlas a granel se lo hace en comprimidos.

Otro alimento que merecería prensarse es el rebacillo de avena, pero como se comercializa embolsado y su producción es de poco volumen las empresas que lo ofrecen no consideran rentable recurrir a la compra de una prensa que es de los equipos más caros de un molino procesador de granos. Además, por su alta fibra no comprime bien: los comprimidos se desarmen al salir de la prensa.

El beneficio del prensado de los alimentos se traslada a las raciones compuestas por esos alimentos y además de reducir el desperdicio que ocurre con raciones en forma de harinas, facilita el consumo reduciendo el tiempo empleado en comer y la cantidad consumida para el mismo rendimiento (mejorando así la conversión de alimento a producto útil). A continuación, se puede observar en la tabla 20 el promedio utilizado en consumir alimento y la cantidad promedio consumida en aves presentando el alimento en forma de harina o en comprimidos (pellets) esto podría extrapolarse a otras especies.

Especie:	Promedio de tiempo de consumo en minutos por día (12 horas (*))		Promedio de cantidad consumida (g/ave)	
	harina	comprimidos	harina	comprimidos
Pavos: 38 a 45 días	136 m	16 m	62g	57g
Pollos: 21 a 28 días	103m	34m	38g	37g

(\*) se completan con luz artificial las horas para sumar las 12 horas por día. Esto estimula el crecimiento.

**Tabla 20:** Tiempo promedio y cantidad de alimento consumido por dos especies de aves al suministrar el alimento en forma de harina y con comprimidos (pellets) (Jensen et al., 1962).

*Los cuentos infantiles (que también leemos los grandes con la excusa que tenemos que contárselo a los chicos) hacen hablar a los animales en forma que los humanos también los entendamos y es así como perros, gatos y algunas lauchas eran huéspedes en una misma casa cuyo dueño podía entender sus diálogos.*

*Las lauchas sabían que cuando los perros andaban por la casa, podían sentirse libres de los gatos, pues éstos eran corridos por los canes y las lauchas hacían sus escapadas por donde los perros no cabían y los gatos no estaban para martirizarlas.*

*Un día, en una hora desusada, se oyen los ladridos que indicaban que los perros volvían de la diaria caminata y, confiada, sale una de las lauchas, tranquila por tener su recorrido asegurado, pero una garra feroz interrumpe su intento y ve que uno de los gatos la atrapó. Con el resto del aire que le quedaba y muy extrañada alcanza a preguntarle al gato:—También sabés ladrar?—*

*Y el gato le respondió: —Mirá che, si hoy no sabés más idiomas, no comés !!!—*

*Y agregó yo: lo mismo le está pasando al hombre...*

*Y cuando el buey agotado  
todo el trabajo hubo hecho  
Aramos, dijo el mosquito  
muy orondo y satisfecho  
**(Fábula anónima)***



**Ilustración 7:** Suplementos minerales: A: Conchilla gruesa; B: Conchilla fina; C: Carbonato de calcio grueso; D: Carbonato de calcio medio; E: Carbonato de calcio molido fino; F: Fosfato bicálcico; G: Fosfato monod cálcico  
Fotos gentileza de: (A-G) Laboratorio de Evaluación de alimentos para Uso animal (LEAA-UCA).

## Bibliografía de Suplementos Minerales

Ammerman C. B., Henry P. R. (1995) Sulfur Bioavailability. *In Bioavailability of Nutrients for Animals.*  
Edit by Ammerman C. B., Baker, D. H., Lewis, A. J., Academic Press.

## SUPLEMENTOS MINERALES

- Association of American Feed Control Officials (1994). *Official Publication*. AAFCO Atlanta.
- de Blas, P. García-Rebollar, M. Gorrachategui y G.G. Mateos. (2019). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Noviembre, 2019 (4ª edición). Madrid. 604 pp. ISBN: 978-8409156887
- Henry, P. R., & Benz, S. A. (1995). Magnesium bioavailability. In *Bioavailability of nutrients for animals* (pp. 201-237). Academic Press.
- Jensen, L. S., Merrill, L. H., Reddy, C. V., & McGinnis, J. (1962). Observations on eating patterns and rate of food passage of birds fed pelleted and unpelleted diets. *Poultry Science*, 41(5), 1414-1419.
- Jensen, L. S., Merrill, L. H., Reddy, C. V., & McGinnis, J. (1962). Observations on eating patterns and rate of food passage of birds fed pelleted and unpelleted diets. *Poultry Science*, 41(5), 1414-1419.
- Jensen, L. S., Merrill, L. H., Reddy, C. V., & McGinnis, J. (1962). Observations on eating patterns and rate of food passage of birds fed pelleted and unpelleted diets. *Poultry Science*, 41(5), 1414-1419.
- Morrison, F.B. (1959). Feeds and Feeding: *A Handbook for the Student and Stockman*; Ed. 22. Morrison Publishing Company, Universidad de California 1165 páginas
- Peeler, H. T. (1972). Biological availability of nutrients in feeds: availability of major mineral ions. *Journal of Animal Science*, 35(3), 695-712.
- Podesta, F. (2020) Solubilidad de las distintas fuentes de calcio en ave. *Trabajo final de graduación para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Fac. Ingeniería y Cs Agrarias en la UCA*
- Rusoff, L. L. (1981). Mineral deficiencies and toxicities in dairy cattle. *Feedstuffs, EE. UU.* 53:29- 30.

## Listado de tablas

- Tabla 1:** Análisis químico de harinas y de cenizas de hueso.
- Tabla 2:** Análisis químico del fosfato dicálcico.
- Tabla 3:** Composición química del fosfato dicálcico defluorinado.
- Tabla 4:** Fuentes de fósforo utilizables en alimentación animal (FEDNA, 2019).
- Tabla 5:** Disponibilidad de fuentes de fósforo para distintas especies tomando como referencia el fosfato monosódico (100).
- Tabla 6:** Análisis esperado de carbonato de calcio y de conchilla.
- Tabla 7:** Biodisponibilidad del calcio de varias fuentes para rumiantes (Beeson, 1976).
- Tabla 8:** Contenidos de calcio y fósforo de algunas leguminosas (fabáceas) forrajeras comparadas con algunas de sus semillas.
- Tabla 9:** Contenidos de calcio y fósforo de algunas gramíneas (poáceas) forrajeras comparadas con algunas de sus semillas.
- Tabla 10:** Biodisponibilidad del magnesio en varias sales que lo aportan, para rumiantes (Henry et al. 1995).
- Tabla 11:** Fuentes de minerales con sus aportes de otros minerales esenciales.
- Tabla 12:** Fuentes de azufre útil para suplementar raciones que utilizan urea.
- Tabla 13:** Biodisponibilidad de distintas fuentes de azufre (Beeson & Peeler, 1976).
- Tabla 14:** Contenido de humedad de Alimentos para un buen almacenaje.
- Tabla 15:** Conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) de mohos / hongos en alimentos (las cifras son en miles por gramo).
- Tabla 16:** Análisis químico típico de la bentonita.
- Tabla 17:** Densidad de distintos granos enteros y molidos utilizados a granel en alimentación animal (en kg/m<sup>3</sup>) (Morrison, 1959).
- Tabla 18:** Densidad de subproductos de la industria de origen vegetal utilizados a granel en la alimentación de animales (Morrison, 1959).
- Tabla 19:** Densidad de algunos subproductos de la industria de origen animal y de algunas fuentes de minerales utilizados a granel en la alimentación de animales (Morrison, 1959).
- Tabla 20:** Tiempo promedio y cantidad de alimento consumido por dos especies de aves al suministrar el alimento en forma de harina y con comprimidos (pellets) (Jensen et al., 1962).







El objetivo del libro de *Alimentos y Alimentación y/o Nutrición Animal Aplicada* está relacionado con la puesta en práctica de los conocimientos de la ciencia de la nutrición al diario quehacer de la alimentación de las especies domésticas producidas económicamente para transformar sustancias: algunas comestibles y otras no comestibles o poco aprovechables para el hombre, en el estado en que se encuentran, en alimento para el hombre (leche, huevos, carnes) o en elementos para su vivir: lana, pelo, trabajo animal o para animales de compañía.

## Los autores:



**Eduardo Andrés Fay**



**María Elena Vago**



**María Julieta Olocco Diz**