

# Área de Consolidación

## Sistemas Pecuarios

Combinación de Diferentes Granos de  
Cereales en Dietas de Engorde a Corral de  
Bovinos: Revisión Bibliográfica.

Tutor:

Alejandra Cabanillas

Integrantes:

Minetti, Jeremías David

Roggia, Esteban Enrique

Villafañe, María Julieta

Año: 2019



# Índice

Índice .....	2
Introducción.....	3
Objetivos.....	10
Objetivo General.....	10
Objetivo Específico.....	10
Caracterización de granos.....	11
<b>Maíz:</b> Zea Mays .....	11
<b>Sorgo:</b> Sorghum.....	13
<b>Trigo:</b> Triticum.....	16
<b>Cebada:</b> Hordeum vulgare.....	17
<b>Avena:</b> Avena sativa .....	18
Uso de los diferentes granos .....	21
<b>Maíz:</b> Zea Mays .....	22
<b>Sorgo:</b> Sorghum.....	25
<b>Trigo:</b> Triticum.....	26
<b>Cebada:</b> Hordeum vulgare.....	27
<b>Avena:</b> Avena sativa .....	28
Combinaciones y usos de granos.....	31
Beneficios de la combinación de granos.....	31
Efectos asociativos. ....	31
Combinaciones posibles con base maíz (Zea mays) .....	32
Maíz y Sorgo.....	32
Maíz y Trigo.....	34
Maíz y Avena .....	35
Maíz y Cebada.....	37
Discusión y Consideraciones finales .....	38
Agradecimientos .....	40
Bibliografía.....	41

## Introducción

El engorde a corral es una actividad productiva de gran importancia en nuestro país, debido a que es una alternativa frente al avance de la frontera agrícola para lograr terminar los animales de forma intensiva.

En el caso de aquellas empresas que tengan ciclo completo, el encierre de animales para engorde es una actividad ventajosa debido a que le da valor agregado a la producción agrícola, ocupa poco espacio y permite obtener animales bien terminados, con el beneficio económico que esto conlleva (Dillon, A. 2005).

Dentro de esta actividad, los hidratos de carbono aportados con la dieta a través de los granos de cereales, son la principal fuente de energía. Los carbohidratos presentes en los alimentos se diferencian en estructurales (fibrosos) y no estructurales, siendo los primeros necesarios para estimular la rumia, aumentar el flujo de saliva hacia el rumen y estimular la motilidad ruminal. Mientras que, los no estructurales o no fibrosos como el almidón y los azúcares, cumplen un papel importante en la fermentación ruminal, aportando energía rápidamente fermentable para los microorganismos. El almidón es un hidrato de carbono complejo, de almacenamiento, y necesita ser digerido a estructuras más simples para su aprovechamiento, mientras que los azúcares simples (mono o disacáridos), presentes en cantidades despreciables, son solubles y de rápida degradación.

Para entender de qué forma el rumiante hace uso de los hidratos de carbono de la dieta, es necesario tener en cuenta que la célula vegetal posee componentes estructurales de la pared celular (celulosa, hemicelulosa, lignina y un porcentaje menor de pectinas) y componentes no estructurales que se encuentran dentro del contenido celular (almidón y azúcares).

La *celulosa* es un homopolisacárido, compuesto por cadenas de glucosas unidas por enlaces  $\beta$  (1-4) y está estrechamente unida física y químicamente a otros componentes, en especial hemicelulosa y lignina. Algunas de sus características principales son pobre flexibilidad, buena resistencia a la tracción y baja solubilidad en agua.

En cambio, la *hemicelulosa* está formada por una mezcla heterogénea de pentosas, hexosas y ácidos urónicos (heteropolisacárido) unidos a un núcleo compuesto principalmente de xilosas con enlaces  $\beta$  (1-4).

La *lignina* no es un carbohidrato, y se relaciona con los hidratos de carbono de la pared, otorgándole resistencia química y biológica a la pared celular, y resistencia mecánica a la planta. La incrustación física de las fibras vegetales a la lignina, las hace inaccesibles a las enzimas que podrían digerirlas. Esto tiene especial importancia en nutrición animal por su gran resistencia a la degradación química (McDonald, P. et. al. 2006).

Uno de los hidratos de carbono no estructurales de importancia en la digestión ruminal es el almidón (polímero de glucosa), el cual se encuentra como reserva en los granos y su contenido se relaciona directamente con la digestibilidad e inversamente con la madurez de la planta. El mismo está formado por cantidades variables de amilosa y amilopectina y la proporción de éstas en la composición del almidón, que depende de la especie vegetal y de la variedad, afecta su digestibilidad. Esto se debe a que la amilosa al ser de cadena lineal y compacta es de menor digestibilidad en comparación con la amilopectina, que presenta una estructura compleja y ramificada.

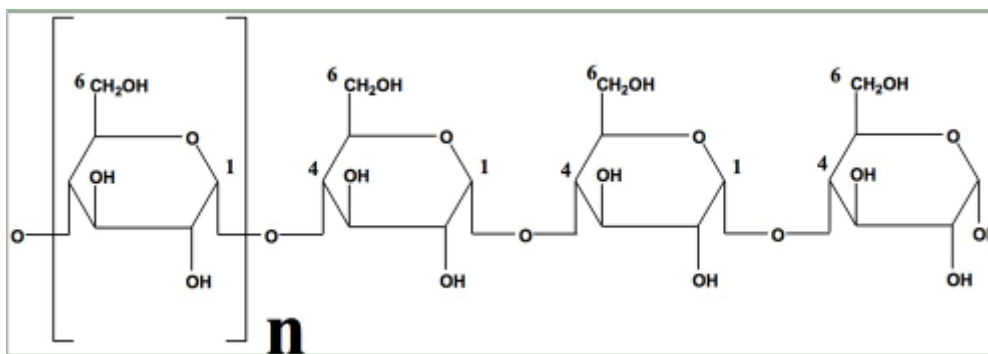


Ilustración 1. Estructura química de la amilosa (Martínez Guerra, 2019).

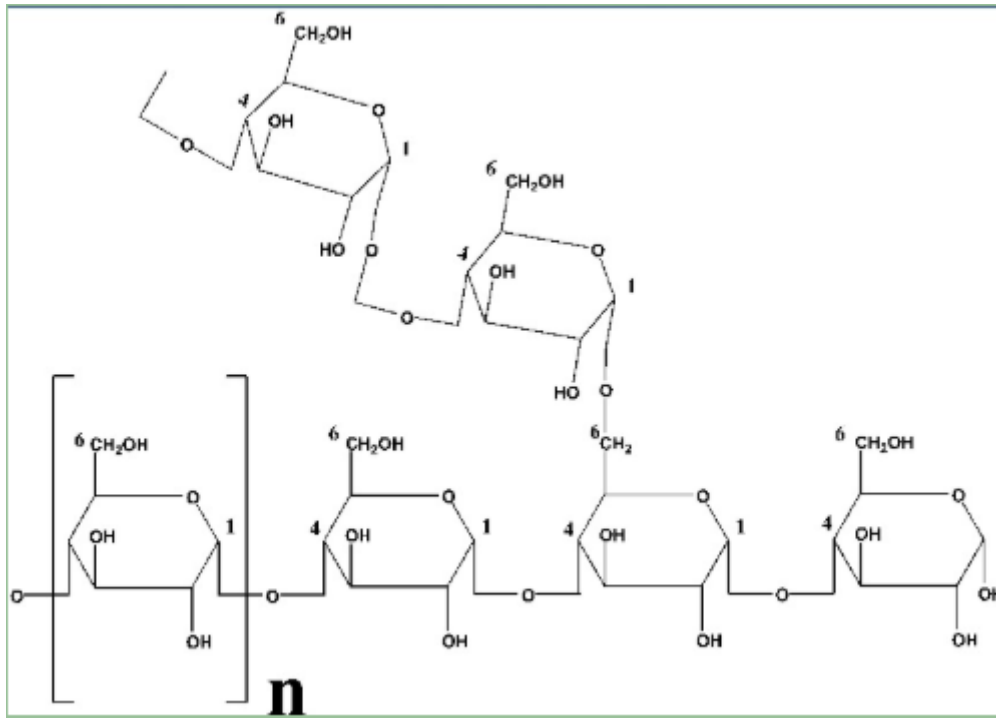


Ilustración 2. Estructura química de la amilopectina (Martínez Guerra, J. J. 2019).

La digestibilidad del almidón en el rumen es variable, y es atacado principalmente por bacterias amilolíticas, las cuales lo desdoblan para tomar la glucosa y producir ácidos grasos volátiles, principalmente propionato. Una parte del almidón que ingresa con la dieta pasa al intestino siendo degradada por la amilasa pancreática convirtiéndose en una fuente directa de glucosa, también llegan al intestino protozoos con almidón en su cuerpo.

Podemos encontrar diferentes tipos de granos: vestidos o desnudos. Los primeros se denominan así ya que caen envueltos por el lema y la palea, como por ejemplo la avena. En ocasiones también lo envuelven las glumas como es el caso de los sorgos forrajeros. El grano desnudo se denomina así ya que carece de cualquier tipo de envoltura como el trigo y el maíz (Hernández, R.; Ruiz, G., 2015).



Ilustración 3: Granos vestidos y desnudos. (Hernández, R.; Ruiz, G., 2015).

La conformación del grano y sus capas condicionan la facilidad con la que las bacterias amilolíticas atacan el almidón.

La superficie externa de los granos de cereales tiene un pericarpio grueso que protege al germen y el endosperma. El pericarpio y las glumas están compuestos en un 90% por pared celular y, debido a la lignina que poseen, su degradación es limitada a menos del 40%.

La capa de aleurona representa del 2 al 7% del peso del grano y el endosperma representa del 60 al 90% del peso del mismo, donde su principal componente es el almidón (McAllister et al., 2008).

Hay distintos tipos de endosperma:

**Endosperma córneo:** El endosperma córneo es de consistencia dura y de apariencia translúcida. Se caracteriza porque sus gránulos de almidón están incrustados en forma compacta en una gruesa matriz proteica.

**Endosperma vítreo:** En el endosperma vítreo los gránulos de almidón ocupan la mayoría del espacio celular y están rodeados y separados por la matriz proteica que sirve para mantener la estructura interna de la célula. Los cuerpos proteicos son redondos y muy pequeños si se comparan con las unidades de almidón y están dispersos en el espacio celular y en su mayoría incrustados en la membrana de los gránulos de

almidón. En las células del endospermo vítreo no existen espacios de aire y los gránulos de almidón están bien recubiertos por la matriz proteica, por lo que adquieren formas angulares (poligonales). Esta estructura tiene una apariencia vítrea o translúcida debido a que la luz no es difractada cuando pasa a través del endospermo (Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 2019).

**Endosperma harinoso**: El endospermo harinoso se encuentra encerrado por el vítreo, es decir, se encuentra en la parte más céntrica del grano. Contiene las mismas estructuras del endospermo vítreo, pero las paredes celulares son más delgadas y las unidades de almidón son de mayor tamaño y menos angulares. La asociación entre los gránulos de almidón y la matriz proteica es débil y las unidades de almidón tiene menos incrustaciones de los cuerpos proteicos. Este endosperma tiene un menor contenido de proteína y sus estructuras no están aprisionadas como en el endosperma vítreo, debido a la presencia de minúsculos espacios de aire que le dan una apariencia almidonada u opaca (Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 2019).

Las paredes celulares del endosperma del trigo y del maíz están compuestas principalmente por arabinosilanos, mientras que las de cebada y avena son predominantemente  $\beta$ -Glucanos. Las paredes celulares del endosperma son desprovistas de lignina y, dada la alta actividad arabinosilanasas y  $\beta$ -glucanasas de los microbios del rumen, no representan una barrera para la degradación del almidón. Las paredes celulares que rodean los gránulos de almidón están embebidas en una matriz proteica.

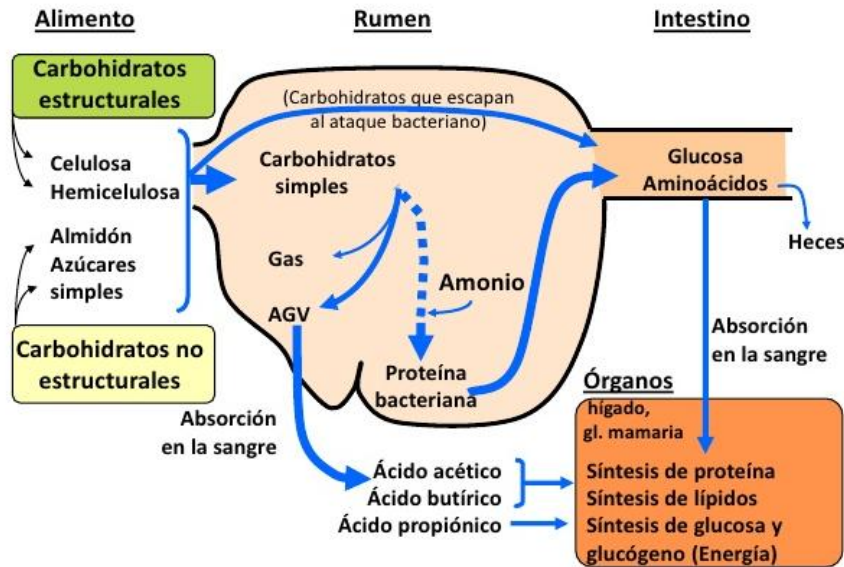


Ilustración 4: Metabolismo de los carbohidratos en el rumiante (2019).

En maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum*) el endosperma tiene dos regiones bien diferenciadas: la región del endosperma corneo o vítreo, donde los gránulos están compactados en la matriz proteica, y el endosperma harinoso, en la parte central del grano, donde los gránulos de almidón están libremente asociados a la matriz proteica.

En el caso del trigo (*Triticum aestivum*) y la avena (*Avena sativa*) el endosperma es principalmente harinoso.

En cuanto a la degradación microbiana del gránulo de almidón, en el caso del trigo y de la cebada se lleva a cabo desde un punto central de ataque sobre la superficie del gránulo, y avanza hacia el centro en forma radial. En contraste con el gránulo de almidón del maíz en donde las bacterias hacen un túnel hacia el interior de los gránulos, comenzando la degradación desde adentro hacia afuera; como consecuencia, cuando se completa la degradación del gránulo, su interior es hueco y resulta en sólo una capa superficial externa.

Debido a los diferentes endospermas, los granos de los cereales de invierno (trigo, cebada, avena) poseen almidón de mayor degradabilidad ruminal que los granos de los cereales de verano (maíz y sorgo) (McAllister et al., 2008).



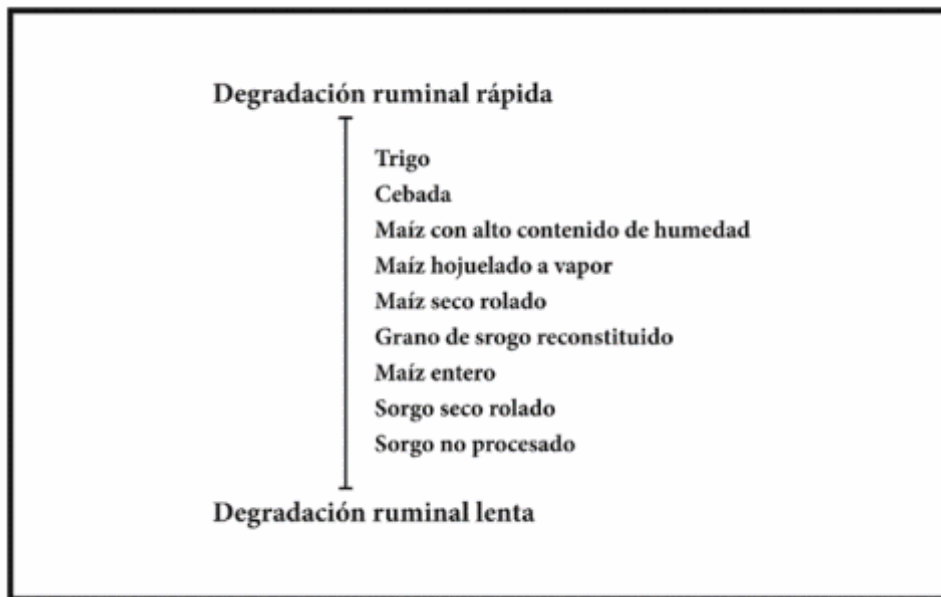


Ilustración 5: Clasificación relativa de grano de acuerdo a la velocidad de degradación ruminal del almidón (Britton y Stock. 1986).

De todo lo descrito anteriormente se desprende el objetivo del siguiente trabajo: analizar el uso de los diferentes granos en dietas de terminación de bovinos, ya sean solos o combinados para lograr un manejo más eficiente de la alimentación y buenos resultados productivos.

## Objetivos

### *Objetivo General.*

- Analizar las diferentes alternativas en el uso de granos, solos y/o combinados, como fuente de energía en dietas de engorde a corral.

### *Objetivo Específico.*

- Caracterizar los diferentes granos.
- Analizar los diferentes usos en dietas para bovinos.
- Analizar diferentes combinaciones de granos en alimentación de bovinos a corral.

## Caracterización de granos

Con el fin de poder abordar el análisis de las diferentes combinaciones de granos y sus resultados, se realizará una breve descripción de cada uno de ellos para poder conocer las características o aptitudes de los mismos.

### ***Maíz: Zea Mays***

El grano de maíz está compuesto por una envoltura externa (pericarpio) y por la semilla (endosperma y embrión). En este endosperma es posible distinguir dos fracciones: una córnea en la periferia de aspecto traslúcido, que es dura y resistente y otra harinosa en el centro. En la primera los gránulos de almidón están rodeados por una matriz proteica densa y continua, mientras que, en la fracción harinosa, los gránulos de almidón son más grandes y están rodeados por una matriz proteica discontinua y más laxa.

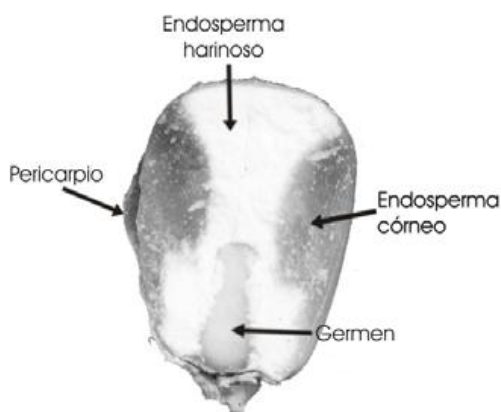


Ilustración 6: Corte longitudinal del grano de maíz (Dillon, A. 2005).

Según la proporción de cada uno de ellos, los híbridos reciben la denominación de “*flint*” o “*dent*”, existiendo una gran cantidad de híbridos intermedios. Los tipos *flint* son aquellos en los que predomina el endosperma córneo, y en los tipos *dent* el endosperma harinoso es proporcionalmente mayor. Los maíces *dent* más blandos, presentan una menor resistencia física a la masticación y su almidón es más accesible a

las bacterias ruminales, lo que determina una mayor degradabilidad respecto a los *flint*. (Peralta, M. Santini, F. 2004).

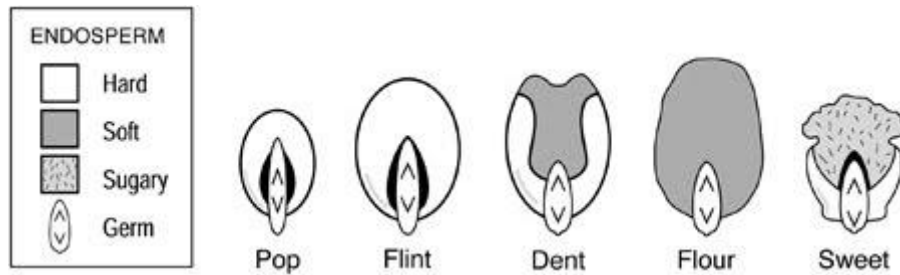
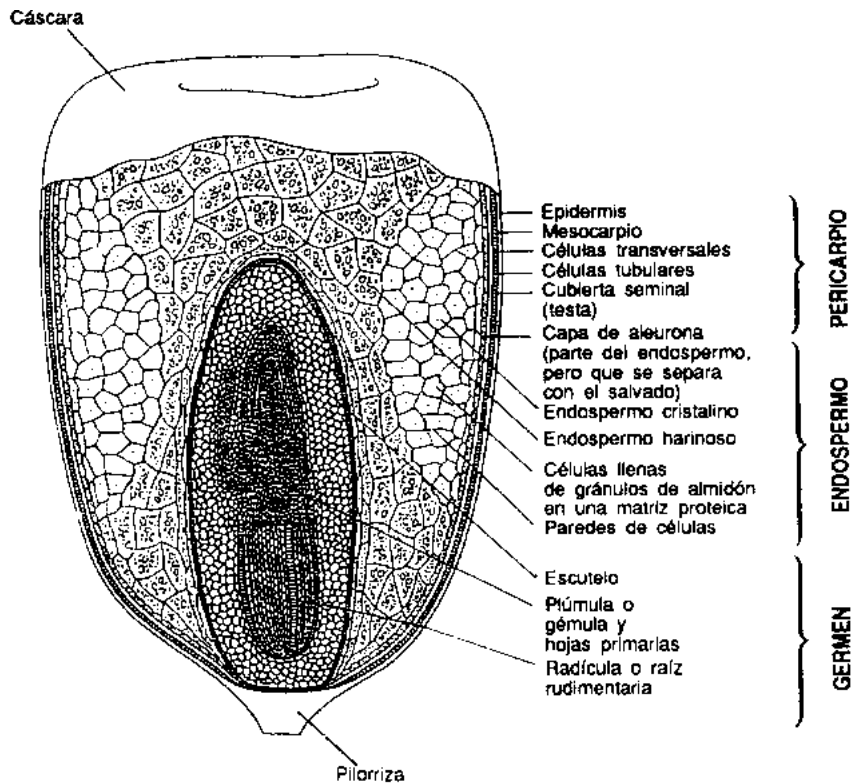


Ilustración 7: Diferentes tipos de grano de maíz (Anónimo,2019).

El maíz es deficitario en proteína, especialmente en lisina y triptófano. La mayor cantidad de proteína del grano se encuentra en el endosperma, conformando la matriz proteica, la cual está compuesta principalmente por gluteína y prolamina que tienen baja degradabilidad ruminal. La fracción nitrogenada del grano tiene una baja proporción de proteínas solubles (albúminas y globulinas, 6%) y alta de proteínas de reserva (40% de gluteína y 54% de prolamina (zeína). Esta última es muy insoluble y responsable de la relativamente baja degradabilidad de la proteína en rumiantes (45%) (FEDNA. 2016)

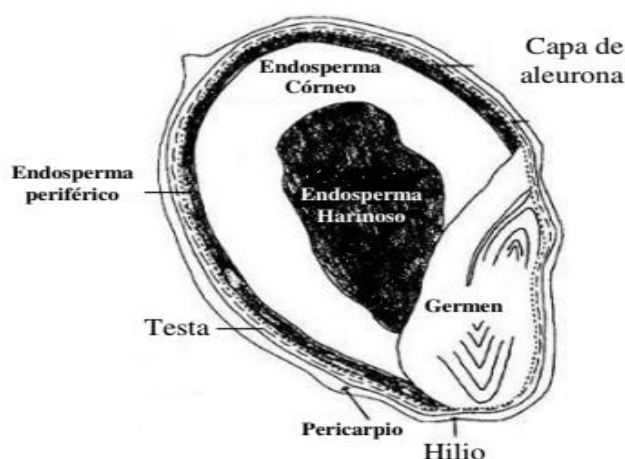


(Facilitado por el Wheat Flour Institute, Chicago, Illinois, 1964)

Ilustración 8: Estructura del grano de maíz (Wheat Flour Institute, 1964).

## **Sorgo: Sorghum**

El grano de sorgo está formado por un 84% de endospermo, 10% de germen y 6% pericarpio. La parte externa del endospermo está formada por una capa de células densamente proteicas.



*Ilustración 9: Anatomía del grano de sorgo (Anonimo,2019).*

El pericarpio es la parte externa del grano, que sirve de capa protectora y está constituido de tres capas delgadas: epicarpio, mesocarpio y endocarpio.

La testa es una capa pigmentada ubicada debajo del pericarpio, presente en algunas variedades de sorgo. Está compuesta por taninos los cuales mejoran la resistencia de las semillas y reducen la digestibilidad al asociarse con las proteínas. Los taninos condensados son polímeros formados por unidades de antocianidina (flavonoide), los cuales son los pigmentos principales de muchas semillas, y también están presentes en los tejidos vegetativos de algunas plantas forrajeras.

Los taninos afectan negativamente el valor nutritivo del sorgo, pues fijan las proteínas del grano, reduciendo su disponibilidad y, así mismo, inhiben la acción de la amilasa (enzima importante durante el proceso de digestión de los granos), causando una disminución del 10 al 30 % o más en la eficiencia alimentaria, en comparación con los sorgos que no poseen estos compuestos (Chessa Fuente, A. 2007).

Según algunos autores, la elevada concentración de taninos condensados en la dieta reduciría el consumo de materia seca y la digestibilidad de los alimentos; sin embargo, concentraciones de entre el 2% y el 4% de la materia seca producirían efectos positivos en los intestinos, reduciendo la carga parasitaria y mejorando la absorción de aminoácidos (Baudino, J. L. 2019).

Tabla 1: Degradabilidad ruminal de los granos de sorgo en vacas según la presencia de taninos condensados (Montiel, M. , et al, 2019).

Sorgos	Degradabilidad ruminal de la materia seca		Degradabilidad ruminal de la proteína bruta		Degradabilidad ruminal del almidón	
	Porcentaje	Error estándar de la media	Porcentaje	Error estándar de la media	Porcentaje	Error estándar de la media
Sin Taninos	62,2 a	1,22	44,1 a	1,41	62,4 a	1,51
Con Taninos	57,7 b	1,64	34,2 b	1,89	54,5 b	2,02

El endosperma es el mayor componente del grano, es un tejido de almacenaje cubierto por la capa de aleurona. En el caso del sorgo, está integrado por las siguientes clases de endospermo: periférico, córneo y harinoso.

La aleurona es una única capa que está inmediatamente debajo del revestimiento de la semilla o testa. Las células de aleurona son ricas en minerales, vitaminas B, aceite, y también contienen algunas enzimas hidrolizantes.

El endosperma está conformado por áreas bien diferenciadas: una córnea y otra harinosa, las que a su vez están rodeadas por una zona periférica o subaleurona denominada endosperma periférico. La proporción en la que se encuentran cada una de dichas áreas varía según el híbrido que se considera. El endosperma harinoso, está compuesto por gránulos de almidón libremente asociados a la matriz proteica y los cuerpos proteicos. La naturaleza y la composición química de la matriz proteica tiene un profundo efecto sobre las características físicas del endosperma y la exposición de los gránulos de almidón a la digestión enzimática (Montiel, M. D., Elizalde, J. C. 2004).

El embrión o germen es una parte muy pequeña conformada por el escutelo, la plántula y la radícula. El escutelo es un tejido de almacenamiento, rico en lípidos, proteína, enzimas y minerales (Universidad Nacional Autónoma de México. 2013).

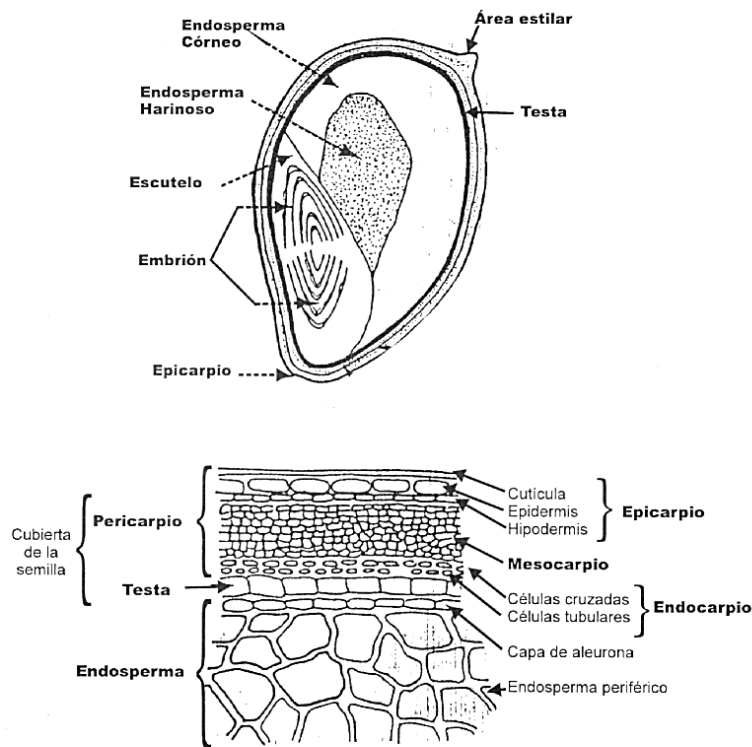


Ilustración 10: Estructura del grano de sorgo (Universidad Nacional Autónoma de México. 2013).

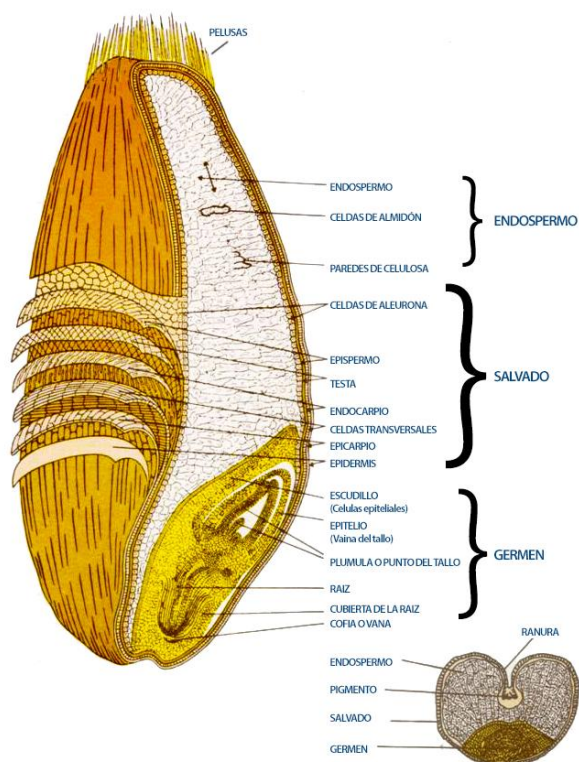
### ***Trigo: Triticum***

El grano de trigo es un grano desnudo que está formado por una cubierta (pericarpio) que recubre a la semilla propiamente dicha (testa, endosperma y germen). Las envolturas representan alrededor del 15 % del peso del grano, el endosperma el 82%, y el resto corresponde al embrión o germen.

En relación al maíz, contiene algo menos de almidón y no difieren en su cantidad de fibra bruta. Su contenido proteico, resulta superior al de los demás cereales. Como en la mayoría de los mismos, tiene bajo tenor de calcio y aceptable concentración de fósforo. El almidón es el principal componente del endosperma. En los granos de maíz y sorgo los gránulos de almidón se encuentran rodeados de una cubierta proteica que los protege, estructura que no existe en el trigo. Esto explica la principal diferencia nutricional entre ellos, que radica en el alto grado y tasa de digestión ruminal del almidón del grano de trigo, causa de acidosis y timpanismo (Camps y González, 2001).

El grano de trigo tiene dos tipos de endospermo: harinoso y vítreo. La proporción de cada uno de ellos depende de la variedad y determina la dureza y la densidad del grano.





*Ilustración 11: Estructura del grano de trigo (Beleño, 2013).*

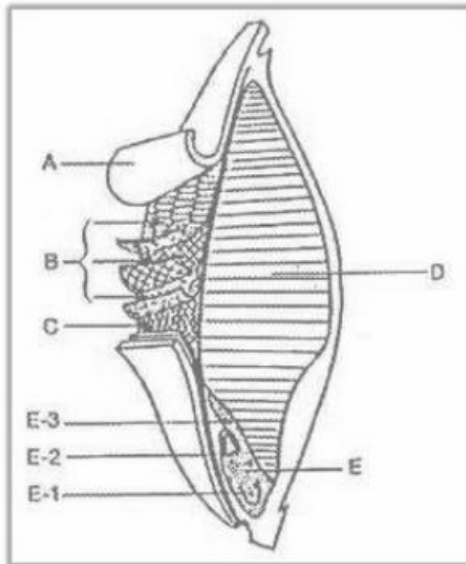
### ***Cebada: Hordeum vulgare***

La cebada es un grano menos utilizado en relación al resto de los cereales. Es un grano con un contenido de energía similar y a veces hasta superior al del maíz, presentando una buena respuesta en producción. Si bien no es un suplemento proteico, tiene niveles de proteína relativamente altos frente al resto de los granos de cereales (INIA, 2019).

Las dos partes esenciales del grano son el embrión y el endosperma o albumen. En la parte en la que está adosado al endosperma, el embrión tiene un apéndice que se denomina escudete, el cual está en íntima relación con el mismo. El epitelio separa al embrión del endosperma y cubre al escudete.

En la mayoría de las variedades, el grano está rodeado por una cascarilla que representa aproximadamente el 10 al 14%. El contenido en energía metabolizable es de aproximadamente 3,02 Mcal/Kg MS, mientras que el de proteína bruta oscila entre 13 % MS. Como ocurre en todos los granos de cereales, la proteína es de baja calidad,

siendo deficiente sobre todo en lisina. El contenido de lípidos del grano de cebada es bajo (1,6 % MS).



### **Estructura del Grano de Cebada**

- A:** Cáscara
- B:** Capa del fruto (Pericarpio). Capa de semilla con superficie culinizada interior y exterior (Testa), Pericarpio.
- C:** Capa de aleurona. Fuente de enzimas.
- D:** Endospermo.
- E:** Embrión.
- E-1:** Raicillas.
- E-2:** Plúmula.
- E-3:** Escudillo.

Ilustración 12: Estructura del grano de cebada (Universidad Nacional del Santa. Perú. 2019).

### ***Avena: Avena sativa***

Los granos de avena conservan las glumas después de la trilla, formadas por la lema y la palea, por lo que se los denomina “cubiertos”. Posteriormente, las glumas son eliminadas para dejar los granos pelados o desnudos (Universidad Nacional Autónoma de México. 2013).

El grano está compuesto por un 3% de embrión, un 30% de pericarpio y un 57% de endospermo harinoso, aunque estas proporciones pueden oscilar entre las diferentes variedades.

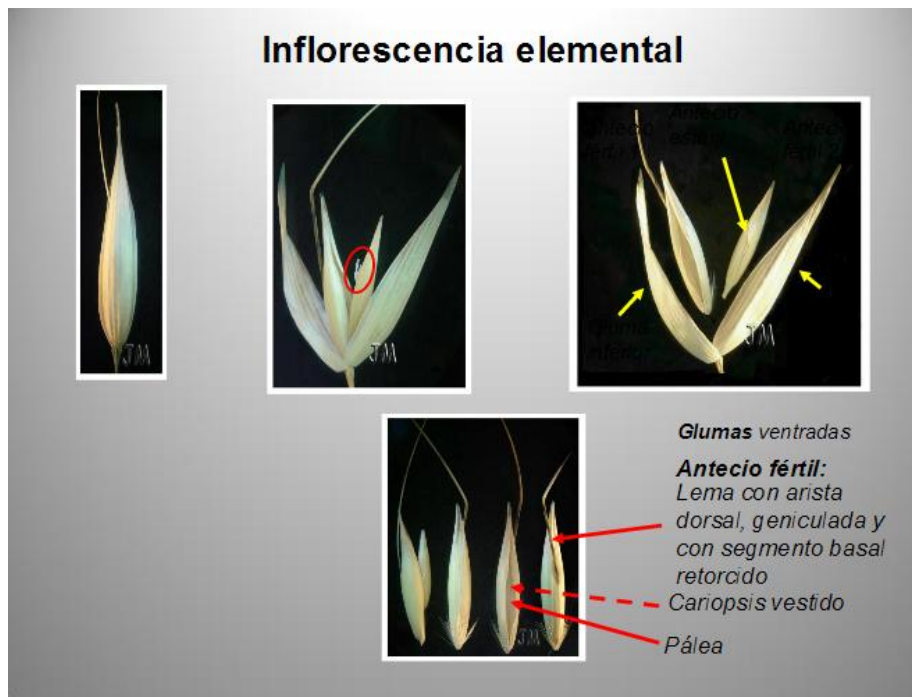


Ilustración 13: Inflorescencia de avena (Hernández, R., Ruiz, G. 2015).

La avena es el cereal de menor valor energético, como consecuencia de su alto contenido en fibra y lignina y su bajo nivel de almidón. Su contenido en  $\beta$ -glucanos es elevado, pero inferior al de la cebada. Tiene una buena proporción de fibra efectiva, ya que es un grano vestido.

Es un cereal blanco pobre en calcio y en vitaminas D, B2 y niacina.

El contenido en proteína se sitúa en un 9%, pero es altamente variable (6-17%) en función de los mismos factores de variación descritos para otros granos.

La avena se distingue de otros cereales (tanto de invierno como de verano) por su menor proporción de prolaminas (10-16%) y glutelinas (5%) y su alta concentración de globulinas (FEDNA, 2016).

Los gránulos de almidón de la avena, contenidos en el endosperma, son digeridos casi en su totalidad (98,5%) en el rumen, ya que son altamente digestibles (95,7%), asemejándose en este aspecto al almidón del grano de trigo y cebada, pero no al de sorgo y maíz cuyos gránulos están protegidos de la acción de las enzimas bacterianas del rumen por una envoltura proteica de baja degradabilidad (Nutrición de Bovinos, 2019).

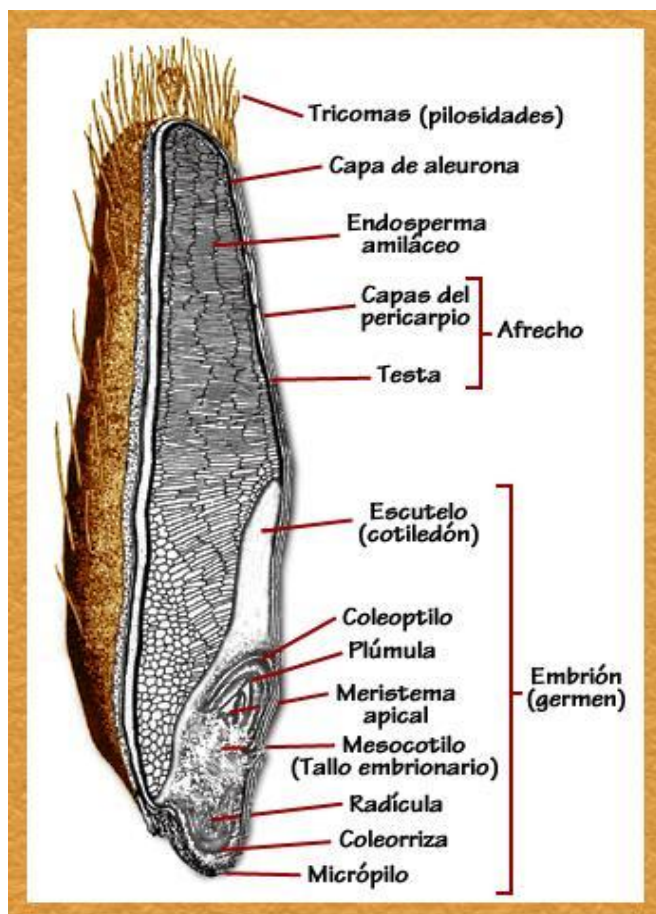


Ilustración 14: Estructura del grano de avena (Universidad Nacional Autónoma de México. 2013).

Tabla 2: . Información nutricional de los diferentes granos (Boetto, Gómez Demmel, 2016).

Grano	MS %	DMS %	EM Mcal/KgMS	FDN %MS	PB %MS	a %PB	b %PB	c %/h	EE %MS
Maíz	87	88	3.17	12	10	16	35	7	4.3
Sorgo	87	80	2.88	15	11	12	39	6	3.1
Trigo	86	90	3.24	15	13	42	54	38	1.9
Avena	89	70	2.52	34	13	39	56	33	5
Cebada	86	84	3.02	21	13	25	70	35	1.6

## Uso de los diferentes granos

Según Galyean et al (1976) y Nocek y Tamminga (1991), los diferentes granos de cereales usados en nutrición de bovinos tienen una influencia directa sobre la tasa y sitio de digestión debido a la diferencia en el tipo de almidón (endosperma) y al procesado que se haga del grano (Pordomingo, A. J. 2013).

Por ello, de acuerdo lo explicado por Cooper et al (2002 a, b) y Brenttheurer (1986), la molienda, el micronizado y el aplastado mejoran la exposición ruminal del almidón en cada tipo de grano. Chandrashekar y Kirleis (1988) y Philippeau et al (1999 a, b) concluyeron que el cambio es más significativo en los granos de endosperma córneo (duros), mientras que, en los harinosos, la exposición alcanza los valores máximos (Pordomingo, 2013).

La forma de molido en polvo tiene rápida exposición del almidón y degradación completa. Pero, por esta rápida exposición, el molido fino es más susceptible a generar acidez ruminal y acidosis, comparado con otras formas. Además, el polvo de los granos es fácilmente inhalado y puede provocar trastornos respiratorios. En el caso de los granos vestidos (avena y cebada) el molido también reduce el tamaño de las fracciones fibrosas externas de protección (glumas) a partículas muy finas que por su textura son muy irritantes para el epitelio del tracto respiratorio. Este es uno de los motivos por el cual no se recomienda el molido de granos vestidos. El grano de sorgo y los maíces tipo flint (duros, con endosperma córneo) son los que mejor se adaptan a esta forma de procesado. En el caso del sorgo, genera mejores resultados en conversión que las formas partido o entero (Pordomingo, 2013).

A partir de lo investigado por Morgan y Camping (1978), Owens et al. (1997), Philippeau et al. (1999<sup>a</sup>) y Wang et al. (2003) se puede afirmar que en cereales de invierno del tipo vestido (avena y cebada), el aplastado (sin quebrar o moler) mejora la homogeneidad del consumo y la fermentación, pero la diferencia en conversión con respecto al uso de sus formas enteras es baja o nula. Mientras que Elizalde et al. (2003b) encontraron diferencias a favor de la cebada entera versus la aplastada en novillitos, alcanzando 1,5 kg versus 1,3 kg de aumento de peso respectivamente, y la conversión fue similar (6:1) (Pordomingo, A. J. 2013).

## ***Maíz: Zea Mays***

En nuestro país, el grano de maíz es el más utilizado como concentrado energético, por lo cual se tomará al mismo como parámetro de referencia.

Entre los distintos tipos de maíces podrían citarse diferencias similares al comparar dentados, semi-dentados y duros. Philippeau et al. (1999a) reportó que la fermentación ruminal del almidón en los maíces vítreos tipo flint es de 40,6%, mientras que en los harinosos tipo dent es de 77,6%.

Si el maíz es de grano grande (dentado o semi-dentado) las diferencias entre procesarlo o no son bajas y no se justificaría económicamente. Si en cambio es del tipo duro y tamaño chico, el procesado sería conveniente.

### **Consideraciones a tener en cuenta en el uso de maíz molido.**

En el rumen, la digestión del grano de maíz comienza en los puntos de ruptura de la matriz proteica entre los gránulos de almidón. Por lo tanto, el objetivo del procesamiento es romper el pericarpio y la matriz que contiene dichos gránulos para favorecer la colonización y el ataque de los microorganismos ruminales.

Los procesamientos físicos, como el quebrado o molido del grano, incrementan la cantidad y la velocidad con la que el almidón es digerido en el aparato digestivo. Además, el procesamiento tiene la ventaja de favorecer el mezclado con el resto de los componentes de la dieta cuando se lo utiliza en la alimentación a corral.

Sin embargo, el procesamiento no siempre es favorable, porque a medida que aumenta la degradabilidad ruminal del grano por la disminución en el tamaño de partícula, también aumenta el riesgo de acidosis. La mayor velocidad de degradación produce una mayor producción de ácidos grasos volátiles en el rumen y disminución del pH ruminal, que en ocasiones puede ocasionar acidosis, que deriva en disminución del consumo y de la ganancia diaria de peso vivo (GDPV). Por otra parte, aumentan las pérdidas por voladura del material durante la molienda y se elevan los costos de alimentación.

Las ventajas de ofrecer grano de maíz procesado también son menores a medida que el nivel de grano en la ración aumenta. Por lo tanto, en los sistemas de alimentación a

corral donde el maíz es el principal componente de la dieta, el uso del grano de maíz entero es una alternativa muy conveniente, sobre todo en animales jóvenes.

En un ensayo de alimentación a corral llevado a cabo por Dillon, A. (2005) se pudo observar que el procesamiento del grano produjo un aumento en la GDPV en los dos genotipos evaluados. Este efecto fue más marcado en el maíz flint, donde el partido del grano produjo un aumento de la GDPV del 18,4% (310 g/animal) con respecto al grano utilizado entero. En el grano dentado, el partido mejoró la GDPV en un 10% (200 g/animal). Igualmente, se obtuvieron elevadas GDPV en novillos en terminación (de más de 350 kg de peso vivo) aún con grano de maíz entero flint o dentado (1,74 y 1,98 kg/animal, respectivamente). En el genotipo flint, el grano partido fue un 10% más eficiente que el grano entero en la conversión de carne. Sin embargo, no se observaron diferencias en la eficiencia de conversión en el grano dentado que puedan ser atribuidas al procesamiento.

Tabla 3: Efecto del nivel de grano en la digestión de almidón y de FDN. Elaborado con datos de Brink y Steel (1985).

	% de maíz en la ración		
	50	70	90
Consumo almidón (Kg)	3.68	4.22	4.51
FDN (Kg)	2.45	1.59	0.87
<b>Digestión del almidón (% del consumo)</b>			
Rumen	45.4	62.1	66.3
Post-rumen	44.4	33.1	30.3
Total	95.4	95.2	96.6
<b>Digestión de FDN (% del consumo)</b>			
Rumen	71.5	69.5	33.1
Post-rumen	5.3	7.7	40.9
Total	76.8	77.1	74.1

### **Consideraciones a tener en cuenta en el caso del maíz entero.**

Con dietas basadas en grano de maíz entero es posible obtener altos niveles de ganancia de peso sin los costos ni los problemas operativos del procesamiento. Además, este tipo de dietas tiene una menor incidencia de problemas digestivos (acidosis), incluso cuando se utiliza un nivel bajo de fibra. El grano de maíz entero tiene el tamaño

suficiente como para estimular la rumia, la masticación y el partido del grano. Aunque este efecto es mayor en bovinos jóvenes de menos de 300 kg PV, también es posible obtener elevadas producciones en novillos de mayor peso (Dillon, 2005).

El aumento en el tiempo de retención en el rumen dado por el grano entero produce usualmente una reducción en el consumo sin reflejarse proporcionalmente en una reducción en la ganancia de peso, lo que entonces lleva a una mejora (o al menos a un mantenimiento, pero con menor consumo) en el índice de conversión (Colombatto, D. 2019).

Debido a esta mayor estabilidad ruminal, los efectos asociativos negativos entre el almidón y la fibra en el rumen podrían ser inferiores en dietas con maíz entero que en dietas con grano aplastado o molido (Zinn y Owens, 1983).

Según Owens et al. (1986) otro factor a tener en cuenta es que, si la digestión del grano no se ve afectada, el uso de grano entero promueve un mayor pasaje de partículas de almidón sin fermentar desde el rumen hacia el tracto posterior, con una consecuente mejora en la eficiencia de utilización del almidón (Pordomingo, 2013).

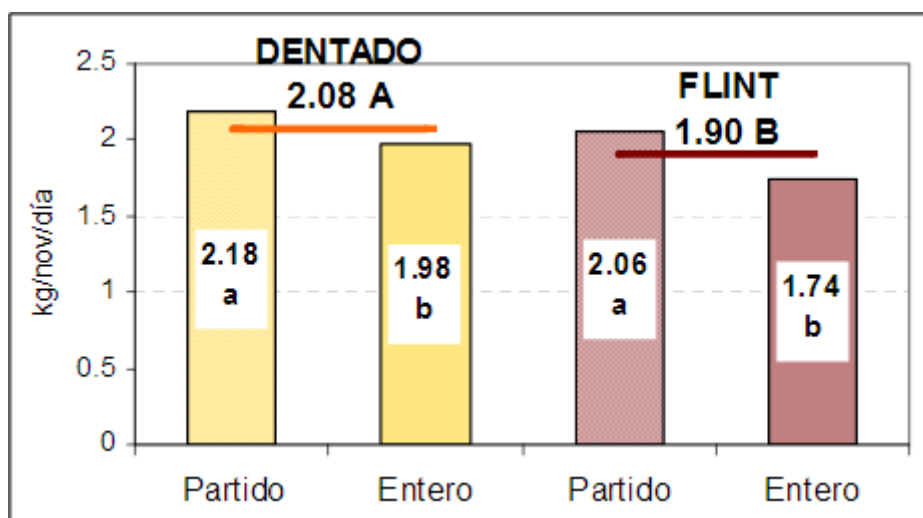


Ilustración 15: Aumento de peso de novillos alimentados a corral (Dillon, 2005).

Los resultados obtenidos por Stock et al. (1987b) y Al-Suwaiegh et al. (2002) han confirmado que mezclas de maíz con alto contenido de humedad (25-30%) y maíz seco rolado, en proporciones de 75:25 o 50:50, incrementaron la digestibilidad ruminal del almidón al pasar de 13 a 15% respectivamente, sobre las medias esperadas.



Tabla 3: Efecto del tamaño de partícula del maíz sobre el comportamiento de novillos. (Turgeon et al, 1983).

	Entero	Troceado	Molido fino	50:50 Entero: Troceado	50:50 Entero: Molido
CMS (Kg)	7.32	7.84	7.76	7.48	7.84
GDP (Kg)	1.24	1.34	1.34	1.38	1.38
Conversión	5.9	5.85	5.42	5.42	5.68

CMS= Consumo de materia seca; GDP= Ganancia diaria de peso.

### ***Sorgo: Sorghum***

El sorgo es el quinto cereal en importancia a nivel mundial luego del maíz, el trigo, el arroz y la cebada. Las características agronómicas del sorgo llevaron a un aumento del área de cultivo ya que puede incluirse en las rotaciones y además ser un reemplazo del maíz en las dietas para bovinos (Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. 2017).

La utilización del sorgo como grano único en la dieta presenta limitaciones nutricionales si se lo da entero, por ello se recomienda molerlo grueso o rolar para romper la cubierta del grano, disminuir el tamaño de partícula y aumentar la superficie de ataque. Si se lo da entero la conversión puede verse deteriorada en un 20% (Sewell, 1993). En cambio, cuando es molido fino, el polvillo que contiene puede introducirse en sus vías respiratorias superiores y generan trastornos. En contraposición con esto, la molienda fina produce mejores resultados cuando se puede disminuir el polvo en la ración mediante ingredientes húmedos, y cuando se pueden mantener niveles adecuados de fibra efectiva.

Este grano se caracteriza por tener un 90% del valor nutritivo del maíz y presentar baja fermentación ruminal. Por esto, es ideal para mezclar con cereales de alta fermentación (maíz húmedo, trigo o cebada), o para usar durante el período de adaptación. Se lo suele limitar al 20% de la ración.

Muchas variedades son altas en el contenido de taninos, que es de utilidad durante el cultivo, ya que repele la ingesta de granos por los pájaros, pero desde el punto de vista nutricional, reduce su digestibilidad (Nahara, 2006).

El efecto adverso de los taninos condensados puede ser minimizados mediante el agregado de cierto tipo de proteína a la dieta, que actúa como agente ligante. Existen distintos tipos de tratamientos para contrarrestar el efecto de los taninos:

- Tratamientos físicos: descascarado o perlado del grano que permite extraer la testa, donde se concentra más del 80% de los taninos. Calor y humedad.
- Tratamientos químicos: uso de soluciones de NaOH, KOH, bicarbonato de sodio, etc.

Procesado del grano:

Lo que en el sorgo constituye una barrera ante factores ambientales, se transforma en una limitante a la hora de utilizarlo en la alimentación animal. Ocurre, que la resistencia de las capas externas del grano, que lo defienden del ataque de pájaros u hongos, constituye una desventaja cuando es atacado por los microorganismos que provocan su degradación en el rumen. Además, debido a su tamaño, el grano de sorgo puede pasar entero por el orificio retículo-omasal, por lo que suele aparecer en las heces tal como ingresó al organismo. Por esta razón, es imprescindible procesarlo antes de utilizarlo en la alimentación de la hacienda (Baudino, 2019).

Otra alternativa para aumentar la digestibilidad del grano de sorgo es la utilización como grano húmedo (25 a 28% de materia seca), siendo éste más digestible que el sorgo seco, y su valor energético se puede acercar bastante al del grano de maíz seco. Se lo debe ofrecer molido grueso o mejor quebrado, ya que molido fino resulta muy pegajoso (Nahara, 2006).

### ***Trigo: Triticum***

El trigo es un grano muy fermentable y la tasa de degradación del almidón se incrementa con el molido. Si bien esto puede ser provechoso a nivel de eficiencia alimenticia, en condiciones de sistemas de alimentación “extensiva” suele derivar en trastornos nutricionales, dado la rápida liberación y fermentación del almidón en el rumen, por lo que requiere una entrega controlada y una distribución ordenada del grano para prevenir acidosis.

En Argentina los granos son procesados fundamentalmente mediante métodos físicos (quebrado, aplastado y molido) y, en menor medida, mediante otros procesos más complejos (temperatura, presión, vapor). En términos generales, la reducción del

tamaño expone el almidón y aumenta la solubilidad, fermentando con mayor velocidad en el rumen. Según Dyer y O'Mary (1999), el procesado de cualquier grano aumenta su eficiencia de utilización por parte de los animales, pero en el caso del trigo, la intensidad del tratamiento, puede resultar un punto controversial.

El tamaño y la cubierta exterior del grano también afectan su utilización. Los granos enteros de tamaño pequeño (sorgo y trigo) permanecen menos tiempo en el rumen que los más grandes (maíz) y se aprovechan menos. De la misma manera, aquellos con un recubrimiento más duro (sorgos alto tanino) oponen mayor resistencia a la acción de la microflora ruminal y su digestibilidad es menor. Se deduce entonces que el procesado de granos pequeños y duros resulta casi inevitable y en este punto el trigo se ubica en una posición intermedia.

En general la GDPV tiende a ser ligeramente menor a la obtenida con maíz, pero superior al sorgo. A partir de lo investigado por Camps y González (2001), en dietas compuestas, el grano de trigo responde a los procedimientos físicos (quebrado, molido y aplastado) y a los hidrotérmicos con una mayor oferta de energía metabolizable, aunque estos procesos incrementan significativamente los riesgos de acidosis (Kloster, 2019).

### ***Cebada: *Hordeum vulgare****

Es un grano con un contenido de energía similar y a veces hasta superior al grano de maíz. Tiene niveles de proteína relativamente altos frente al resto de los granos de cereales.

Beauchemin et al. (2001) trabajando con dietas base de 86% de cebada molida o aplastada, reportaron altas digestibilidades del grano de cebada, con tendencia a mayor grado de digestión ruminal. Por su parte, el molido redujo la digestibilidad de la fibra (FDA) aportada por el grano, con respecto a la forma aplastada. Esto indica que el procesado puede asegurar la buena utilización de estos granos, pero no necesariamente mejorarla (Pordomingo, A. J. 2013).

El hecho de que el grano se digiera casi totalmente en el rumen, representa un alto riesgo de acidosis en condiciones de manejo poco controlado, aunque en menor medida que el grano de trigo. Para evitar este tipo de riesgos se debe fraccionar el suministro a los animales en varias veces al día. Por todo esto, al suministrar el grano, no es conveniente superar el 0,5% del peso vivo del animal por comida (INIA, 2019).

Las características de su cáscara, se manifiestan en el mayor porcentaje de fibra detergente neutra (FDN) del grano, y hacen necesario el procesamiento del mismo para lograr el correcto aprovechamiento del almidón. El porcentaje de proteína bruta es mayor que en el maíz, lo que resulta en un beneficio, pero la energía es menor, lo que reafirma la necesidad de un correcto procesamiento para que el aprovechamiento del almidón sea el mayor posible (García, 2016).

Tabla 5: Performance de dietas de feedlot basadas en cebada entera o aplastada, comparadas con dieta a base de maíz entero sobre el GDPV, el CMS, consumo de EM y de fibra, y la conversión de materia seca de la EM y de la fibra en novillos (Elizalde et. al, 2003)

	Cebada entera	Cebada aplastada	Maíz entero
FDN (%)	21,30	23,00	16,30
ADPV (Kg)	1,5a	1,3b	1,6a
CMS (Mcal)	9,10	7,90	8,30
CEM (Mcal)	26,70	23,30	22,90
CFDN (Kg)	1,93	1,82	1,35
ECMS (CMS/ADPV)	6,0a	6,1a	5,3b
ECEM (Mcal/ADPV)	17,7a	17,8a	14,7b
ECFDN (CFDN/ADPV)	1,3a	1,4a	0,9b
CE: 70% cebada entera, 30% afrechillo de trigo			
CA: 70% cebada aplastada, 30% afrechillo de trigo			
ME: 70% maíz entero, 30% afrechillo de trigo			
a.b Letras diferentes en filas indican diferencias significativas P<0,05			

### ***Avena: Avena sativa***

Debido a su alto contenido en fibra, la avena da lugar a un pienso muy voluminoso y de mala textura, lo que limita su uso. Por la misma razón, presenta problemas de granulación, por lo que debe molerse muy finamente antes de suministrarla (FEDNA, 2016).

Hay numerosos ensayos que coinciden en demostrar que el aplastado o molido aumenta muy ligeramente la digestibilidad, no alcanzando este beneficio para amortizar los costos derivados de su procesamiento. Las pérdidas fecales (% CMS) producidas

cuando se suministra como grano entero a novillos, son alrededor del 6,7% del grano o 6,6% de almidón (Nutrición de bovinos, 2019).

La avena es ideal para usar en los primeros períodos de la adaptación por su alto nivel de fibra, teniendo menores posibilidades de causar problemas digestivos. La avena por su alto contenido en fibra, es menos digestible, por lo que diluye su concentración de energía. Se recomienda moler grueso o rolar, para evitar el exceso de polvo (Nahara, 2006).

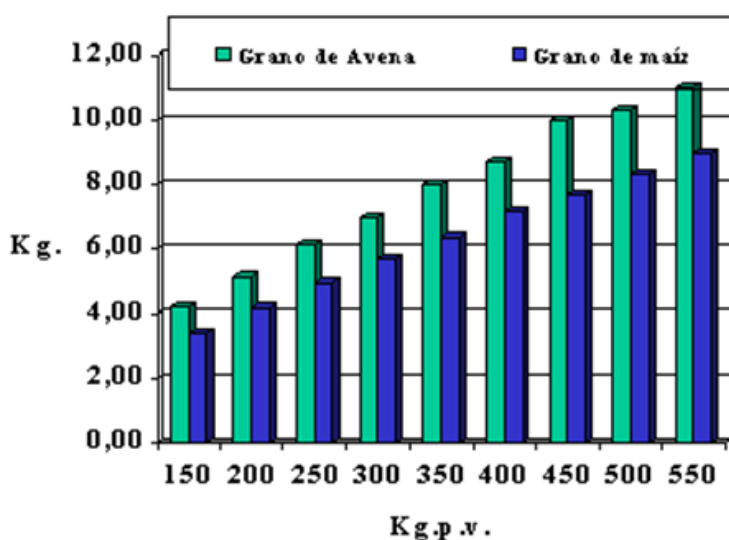


Ilustración 16: Cantidad de grano de avena (Kg) y de grano de maíz necesarios para 1 kg GDPV considerando terneros y novillos de distinto peso (Nahara, F.; 2006).

A modo de resumen, presentamos a continuación una tabla que compara el procesado recomendado de los diferentes granos de cereales, la degradabilidad ruminal y algunas observaciones.

Tabla 4: Características fermentativas y guías de procesamiento de los granos (Ampliado de Latimori y Kloster, 2003).

<b>Grano</b>	Degradabilidad ruminal	Procesamiento recomendado	Equivalente energético (*)	Observaciones
Maíz	Media a Baja	Quebrado, aplastado o molido grueso	0.87	Puede darse entero a animales jóvenes y en dietas de feed lot
Sorgo	Baja	Aplastado o molido grueso	1.00	Acondicionamiento imprescindible
Trigo	Alta	Aplastado o quebrado	0.94	Evitar molido fino
Cebada	Alta	Aplastado	1.00	
Avena	Alta	Aplastado	1.1	Podría darse entera
(*) Cantidad necesaria (Kg) para sustituir en Mcal EM a un Kg de sorgo.				

## **Combinaciones y usos de granos.**

### *Beneficios de la combinación de granos.*

La mezcla de granos permite:

- **Mejorar la palatabilidad:** La mezcla de texturas de granos en la dieta reduce la presencia de polvos, mejora la toma (aprehensión) por el animal y reduce el rechazo de los granos menos palatables especialmente cuando se mezclan granos molidos con enteros (Pordomingo, 2019).
- **Favorece el balance de los tipos de almidón:** ya que se mezclan granos con diferentes tasas de degradabilidad en el rumen y fracciones pasantes hacia el tracto posterior (Pordomingo, 2002).
- **Mayor estabilidad en la tasa de fermentación y digestión del alimento:** La mezcla de almidones de distintas tasas de degradabilidad generan un ambiente ruminal de fermentación más estable, y la fracción de escape permite una absorción de una fuente energética en intestino cuyo rendimiento energético es superior al logrado si fuese totalmente fermentado en rumen (Kenelly et al, 1988; Huck et al, 1998).
- **El aporte de diferentes fuentes nitrogenadas al combinar distintos tipos de granos de cereales,** mejora la disponibilidad de nitrógeno en el rumen y mejora la tasa de crecimiento de las poblaciones microbianas (Kenelly et al, 1988; Huck et al, 1998).
- **Mejora la conversión de alimento a aumento de peso** (Fulton, et al, 1979).

### *Efectos asociativos.*

La digestibilidad de un alimento no sólo está afectada por su composición, sino también por la de los demás alimentos ingeridos con él. Existen efectos asociativos que pueden potenciar o inhibir la degradabilidad que posee cada uno de los alimentos por separado.

Según Teeter et al (1981), Mould et al (1983) y Hart (1987), los efectos asociativos se presentan cuando la digestión de un alimento no es independiente de otro u otros alimentos. Esas interacciones entre alimentos, han sido observadas en combinaciones de

forrajes con grano y con mezcla de granos (Kreikemeier et al., 1987; Stock et al., 1987ab; Bock et al., 1988).

Los efectos asociativos se pueden presentar en la combinación de diferentes granos, como por ejemplo en el caso de una dieta con base trigo en combinación con maíz, donde este último disminuye el riesgo de acidosis por su más lenta degradabilidad ruminal en comparación con la del trigo. A esto podemos llamarlo efecto asociativo. Otro ejemplo es el caso de una ración base sorgo en combinación con maíz en el cual mejora el equilibrio ruminal y mejora la palatabilidad.

## Combinaciones posibles con base maíz (*Zea mays*)

### *Maíz y Sorgo.*

Las mezclas de grano húmedo de maíz (25-30%) con grano de sorgo molido seco, mejora la eficiencia de conversión con respecto al resultado de ambos recursos por separado. Similares respuestas se obtienen con el agregado de silaje de grano húmedo de sorgo en mezcla con maíz aplastado (Pordomingo, 2019).

Tabla 7: Comportamiento de novillos alimentados con maíz con alto contenido de humedad y sorgo rolado (Stock, 1988).

	Maíz con alto contenido de humedad: Sorgo seco rolado			
	100-0	75-25	50-50	0-100
Consumo de MS (Kg/d)	9,13	9,3	9,51	10,05
GDP (Kg)	1,31	1,36	1,36	1,28
Conversión	7,04	6,71	6,99	7,75
Efecto asociativo (%)		7,4	5,5	

MS= Materia seca; GDP= ganancia de peso.

Stock et al. (1987b) estudiaron los efectos de la alimentación ad libitum de raciones de maíz con alto contenido de humedad con sorgo seco rolado en novillos en terminación. Concluyeron que los novillos alimentados con la mezcla de granos, fueron



más eficientes que aquellos alimentados con cada grano solo. Los efectos asociativos o complementarios, en conversión alimenticia, variaron entre 6 y 14%. Esto mostró que los novillos alimentados con las mezclas presentaron menos problemas de acidosis subaguda.

El tipo de grano y la proporción en la mezcla parecen ser los factores más importantes en la presencia de efectos asociados. Teeter et al. (1979) no encontraron diferencia en novillos alimentados con una combinación de 50% de maíz seco rolado y 50% de maíz con alto contenido de humedad, a pesar de que la conversión fue mejorada en 3,5% comparada con los granos solos. Sindt et al. (1987) reportaron efectos complementarios (asociativos) de 2,6% y 4,2% en la conversión usando el mismo tipo de mezclas en combinaciones de 50:50 y 75:25 de maíz con alto contenido de humedad y sorgo seco rolado respectivamente.

Varios experimentos muestran ventajas cuando un grano con almidón de rápida tasa de fermentación se combina con uno de fermentación lenta en una relación 3:1 (rápido:lento). Uno de los factores más importantes en las combinaciones de granos es la tasa de digestión del almidón de los granos. Stock (1988) encontró que los efectos asociativos positivos en GDPV eran de mayor magnitud para combinaciones de sorgo seco rolado con maíz de alto contenido de humedad que las desviaciones de combinaciones con maíz seco, lo cual indica que a mayor diferencia en la tasa de degradación del almidón de los granos combinados, se puede obtener una mayor respuesta. Además, según Britton y Stock (1986), estas mezclas pueden modificar el sitio de digestión en el tracto gastrointestinal y reducir la incidencia de acidosis subaguda comparada con otras combinaciones, esto se debe a un incremento en el almidón digerido en el rumen con fermentación lenta y/o por una reducción en la cantidad digerida del almidón de rápida fermentación (Stock et al., 1988).

Tabla 8: Terminación de novillos alimentados con maíz con alto contenido de humedad, sorgo rolado y maíz rolado (Stock, 1988).

	MAH	MAH:MR		MAH:SR			
	100	75-25	50-50	0-100	75-25	50-50	0-100
Consumo de MS (Kg/d)	10.63	11.19	10.45	10.58	10.59	10.82	11.05
GDP (Kg)	1.63	1.67	1.6	1.65	1.65	1.65	1.57
Conversión	6.45	6.17	6.25	6.37	6.37	6.49	6.94
Efecto asociativo (%)		4.2	2.6		3.1	3	

MAH= Maíz con alto contenido de humedad; SR= Sorgo rolado; MR= Maíz rolado (MR); MS= Materia seca; GDP= Ganancia diaria de peso.

La combinación de granos es una estrategia que permite evitar los efectos negativos de los sorgos con altos niveles de taninos. Larraín et al. (2009) combinaron maíz molido con sorgo alto en taninos (100:0; 50:50 y 0:100) y se observó un efecto asociativo positivo del 8% dado que la GDPV esperada sería de 1,66 kg/día, pero la combinación resultó en 1,8 kg/día. Los efectos complementarios en las combinaciones de granos pueden presentarse al modificar el tamaño de partícula.

Las combinaciones maíz y sorgo, permiten condiciones ruminales que aumentan la población de protozoos. Éstos reducen la cantidad de almidón digerido en el rumen y la producción total de ácidos orgánicos y, subsecuentemente, se disminuye el riesgo de acidosis subaguda. Además, se incrementa la cantidad de almidón que llega al intestino delgado donde se puede digerir en forma más eficiente, lo que explica los efectos benéficos de las combinaciones de granos (Kreikemeyer et al., 1987; Stock et al., 1987 ab; Bock et al., 1988).

### *Maíz y Trigo.*

Las combinaciones de trigo con otros granos producen un mejor comportamiento, ello se puede atribuir a la reducción de acidosis subaguda debido a la dilución del grano de trigo con granos de menor fermentabilidad (Lanzas et al., 2006) y a la presencia de efectos asociativos.

Tabla 9: Respuesta de bovinos con dietas en base trigo comparando CMS Y GDP (Stock y Mader, 1974).

Grano	GDP (%)		CMS (%)	
	Trigo	Combinado	Trigo	Combinado
Maíz	97	102	91	96
Sorgo	90	98	84	91
Cebada	98	98	92	97

GDP=Ganancia diaria de peso; CMC= Consumo de materia seca.

Stock (1988) realizó combinaciones de trigo con maíz y observó que también presentan efectos asociativos especialmente al combinarse en una proporción de 75: 25. Los mayores beneficios al combinar granos con diferentes tasas de degradación se presentan en los primeros 21 a 28 días con dietas altas en grano, lo cual concuerda con lo descrito por Bevans et al. (2005) quienes afirman que es el periodo en el que los animales son más susceptibles a la acidosis subaguda.

Una de las razones de los efectos asociativos es que se obtiene un valor energético de la combinación superior al promedio de cada grano, por eso la estrategia de utilización de granos en corrales de engorde debe ser considerada.

Tabla 10: Comportamiento de novillos alimentados con combinaciones de trigo y maíz rolado (Stock, 1988).

	Trigo : Maíz			
	100-0	75-25	50-50	0-100
CMS (kg/d)	8.48	8.74	9.13	9.63
GDP (kg)	1.2	1.3	1.31	1.31
Conversión	6.99	6.66	6.99	7.29
Efecto asociativo (%)		6	2.8	

CMS= Consumo de materia seca; GDP= Ganancia diaria de peso.

### *Maíz y Avena*

Fulton et al. (1979), Kreikemeier et al. (1987 a,b), Stock et al. (1987 a,b) y Gross et al. (1988) concluyeron que la mezcla de granos genera mejor conversión de alimento a

aumento de peso. Pordomingo et al. (2002b) reportaron mejor aumento y conversión cuando se agregó grano entero de avena a una dieta basada en grano de maíz.

Las tendencias observadas sugieren que la mezcla de granos de maíz y avena en proporción 80:20 permitiría lograr una mayor performance que cuando se usa grano de maíz solamente. Ello podría justificarse por:

- a) Un mejor balance de calidad de almidones.
- b) Mayor estabilidad en la tasa de fermentación y digestión del alimento.
- c) El mayor contenido de proteína en el grano de avena.
- c) Alta fermentabilidad ruminal del grano de avena.

Tabla 5: Composición de dietas (Pordomingo, et al. 2002<sup>a</sup>)

<b>Dieta</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Grano de maíz entero</b>	72	73.75	60
<b>Grano de avena entera</b>	-	-	15
<b>Heno de alfalfa</b>	10.2	-	-
<b>harina de girasol</b>	14	23	22
<b>Urea</b>	0.8	0.25	-
<b>Núcleo vitamínico mineral</b>	2.98	2.98	2.98
<b>Monensina</b>	0.02	0.02	0.02
<b>Nutrientes</b>			
<b>PB,%</b>	14.3	14.2	14
<b>FDN,%</b>	18.2	17.2	20
<b>FDA,%</b>	13.6	11.7	12.8
<b>DIVMS,%</b>	74.9	76.5	76.3
<b>FDN Efectiva, % de requerimien</b>	106	75	85
<b>EM, Mcal Kg MS</b>	2.7	2.76	2.75

Ensayo de 89 días; N(corrales) = 8 (4 novillitos y 4 de novillos); 4 animales/corral

PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra Detergente Neutra; FDA: Fibra Detergente Ácida; DIVMS: Digestibilidad In Vitro de la materia seca; EM: Energía Metabolizable.

FDN efectiva: Fibra efectiva. Proporción (%) calculada en función de la requerida por un novillo británico de 300 Kg PV con un GDPV esperada de 1,3 Kg y un consumo de MS de 2,6% del peso vivo según el modelo CNCPS (NRC, 2000).

### *Maíz y Cebada*

Entre los granos finos, la cebada aplastada es el que mejor se complementa con las formas procesadas de maíz y de sorgo (molidos, quebrados o aplastados).

La combinación de grano de cebada (por la fibra que aportan) con maíz reduce los riesgos de indigestión y el acostumbramiento se podría acelerar a 8 o 10 días (Pordomingo, 2013).

## Discusión y Consideraciones finales

La alimentación de bovinos a corral en Argentina se caracteriza por ser de estructuras básicas y de baja inversión, de escala pequeña y estacional. En este tipo de sistemas, el costo de los alimentos utilizados representa el 65% del gasto total de un engorde.

La intensificación de los sistemas ganaderos contempla al engorde a corral (feedlot) como una de las alternativas más difundidas de producción de carne. En este sistema, el maíz es el ingrediente más utilizado entre los granos disponibles para la alimentación del ganado, debido a su elevada producción a nivel nacional, por su costo y su aporte nutricional.

En cuanto a la utilización del grano de maíz entero o partido, hay que tener en cuenta diferentes aspectos, como la categoría y edad del animal, el tipo de grano (flint o dent), los costos de procesado, el suministro de la dieta y las instalaciones. Si bien, el procesado del maíz permite la rápida degradación del almidón, sobre todo en aquellos granos tipo flint (los cuales tienen menor fermentabilidad ruminal debido a su mayor porcentaje de endosperma córneo), también el riesgo de generar acidosis es mayor por su rápida degradabilidad en rumen. En contraposición, el grano suministrado entero, tiene menor costo, disminuye el riesgo de acidosis, y puede, en animales jóvenes, estimular la rumia al cumplir el papel de fibra, pero en animales de más de 300 kilos, el aprovechamiento es menor.

Las variables antes mencionadas son las que el productor o asesor debe tener en cuenta al momento de tomar la decisión de procesar o no el grano.

Teniendo en cuenta las ventajas de combinar diferentes tipos de granos, desarrolladas en esta revisión, manteniendo el maíz como base, podemos recomendar desde el punto de vista nutricional la combinación del mismo con sorgo o trigo. Según Stock et al., (1988) en el caso de maíz-sorgo, con el grano de sorgo procesado se mejora la eficiencia de conversión, con una diferencia del 6 al 14% respecto de su utilización individual. Reduce el efecto de los taninos, mejorando la utilización en un 8%, por el efecto asociativo (Kreikemeyer et al., 1987).

En el caso de maíz-trigo, se reduce el riesgo de acidosis y se genera un mejor equilibrio en la degradación ruminal.

Hay que tener en cuenta también, que los granos de cereales de invierno presentan una degradabilidad del almidón más rápida en comparación con los cereales de verano, esto sumado a que algunos son granos vestidos (avena y cebada), son parámetros a tener en cuenta a la hora de su utilización dependiendo de la fuente proteica de la que estén acompañados, ya que de esto depende el balance ruminal.

La decisión de usar uno u otro grano de cereal debe tomarse en función de varios factores. Pero se puede llegar al objetivo productivo y económico con cualquiera de los granos de cereales, siempre y cuando se logre el balance de la dieta en función del tipo de animal, el objetivo de ganancia de peso y de la calidad y cantidad de los otros alimentos disponibles.

## **Agradecimientos**

A nuestra familia y amigos por su apoyo incondicional en todos estos años de carrera, a nuestra tutora Alejandra, por su predisposición y su cálido trato. Y a todos aquellos que de forma directa o indirecta fueron parte de este logro.



## Bibliografía

- Starch type structure and ruminal digestion, T. A. McAllister, D. J. Gibb, K. A. Beauchemin and Y. Wang. Agriculture and Agri-Food Canada. Lethbridge, Canadá.
- Méd. Vet. Alicia Dillon (2005). Área de Investigación Agropecuaria. INTA EEA General Villegas.
- “Evaluación de híbridos de maíz Flint y Dent como grano entero en la alimentación de novillos en un engorde a corral”. Med. Vet. M.Sc. Peralta, Mariano, Ing. Agr. Ph.D. Santini, Francisco (2004). INTA-Balcarce. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
- Maíz Nacional: <http://www.fundacionfedna.org/node/370>.
- “Maíz USA” Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (Rev. nov. 2016).
- “Avena” Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (Rev. nov. 2016).
- “Mijo y Sorgo” Universidad Nacional Autónoma de México (2013).
- “Oportunidades del Sorgo para la Argentina” Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (2017).
- “Nutrición animal” McDonald, P., et. al. (2002).
- “Utilización de cereales alternativos en la alimentación de bovinos”. Med. Vet. Esteban Luis García, Especialista en bovinos (2016). [www.engormix.com](http://www.engormix.com).
- “Grano de Trigo en Dietas para Feedlot”. MV Darío N. Camps y MV Guillermo O. González (2001). Área de Nutrición y Alimentación Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, UBA. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
- Martínez Guerra, J. J. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Recuperado de <http://libroelectronico.uaa.mx/capitulo-12-otras-vias/estructura-y-funcion-del.html>.
- “Nutrición Animal” Material didáctico. Bulashevich, M., et. al. (2016).
- “Grano de Cebada” INIA (2019).
- “La calidad del sorgo como alimento animal”. Chessa Fuente, A. (2007).

- “Uso de sorgo granífero en esquemas ganaderos y lecheros intensivos”. Baudino, J. L. (2019).
- “Cereales”. Hernández, R., Ruiz, G. (2015).
- Revisión Bibliográfica: “Factores que afectan la utilización ruminal del grano de sorgo en vacunos”. Montiel, M. D., Elizalde, J. C. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce (2004).
- ” Estructura y morfología de los cereales” Universidad Nacional Autónoma de México (2019).
- “Granos de Cereales: Aspectos generales, composición química e interés tecnológico”. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay (2019).
- [http://www.fagro.edu.uy/~nutrical/ensenanza/AVI%20WEB/cursoema/grano\\_sprocesos.pdf](http://www.fagro.edu.uy/~nutrical/ensenanza/AVI%20WEB/cursoema/grano_sprocesos.pdf).
- “Feedlot. Alimentación, diseño y manejo” Pordomingo, A. J. EEA “Guillermo Covas” INTA Anguil. Facultad de Ciencias Veterinarias. UNLP (2013).
- “Utilización de trigo en alimentación animal”. Kloster, Andrés. INTA Marcos Juárez (2019).
- “Nutrición de bovinos” (2019).
- “Uso de alimentos alternativos en feedlot” Nahara, F. (2006).
- “Suplementación con granos a bovinos en pastoreo” Pordomingo, A. J. EEA INTA Anguil, La Pampa (Febrero, 2019).
- “Mezclas de granos” Kreikemeyer et al., 1987; Stock et al., 1987 ab; Bock et al. (1988).
- “Balance de Nutrientes para Bovinos: Tabla para los 10 pasos”. Boetto, C., Gómez Demmel, A. (2016).
- Taiz, Lincoln y Eduardo Zeiger. "Secondary Metabolites and Plant Defense". En: Plant Physiology, Fourth Edition. Sinauer Associates, Inc. 2006. Capítulo 13.
- “Ambiente ruminal en ganado de carne: Pastoreo y Feedlot”. Colombatto, D. Departamento de Producción Animal FAUBA. CONICET (2019).

- “Tipos y formas de Engorde a corral, Aspectos prácticos” Ing. Agr. Darío Colombatto, Ing. Agr. Rodrigo Iván Albornoz. Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (2019).