

REVISIÓN DE LITERATURA

**SUSTITUTOS DE MAÍZ UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL
EN COSTA RICA**

Carlos M. Campos-Granados¹, Javier Arce-Vega²

RESUMEN

El amplio uso del maíz en la formulación de dietas para animales es razonable, considerando que, proporciona la más alta tasa de conversión a carne, leche y huevos comparado con otros granos que se usan con el mismo propósito. La composición y el aporte de nutrientes del grano de maíz destinado a la alimentación animal lo hace una materia prima de alto valor energético (el mayor entre los cereales), gracias a su alto contenido en almidón y grasa. El maíz representa una buena fuente de ácido linoleico (1,8% del total de extracto etéreo), ácido graso esencial en el metabolismo animal, especialmente en el aviar. Posee bajos niveles de fibra, la cual se encuentra concentrada en el salvado e incluye principalmente celulosa y pentosanas; su grado de lignificación es bajo y como consecuencia la digestibilidad de la fibra es superior a la de otros cereales, especialmente en monogástricos. Debido a su alto valor nutritivo, su utilización en la formulación de dietas para animales es muy extendida y popular alrededor del mundo. Sin embargo, el aumento en el precio de los granos y la menor disponibilidad para consumo animal (competencia para consumo humano o para producción de biocombustibles) en los últimos 10-15 años, ha producido que se intensifique la búsqueda de alternativas alimenticias para la disminución en el uso del maíz, entre ellas: subproductos del trigo, pulpa de cítricos, semolina de arroz, harina de coquito de palma africana, cascarilla de soya, melaza de caña de azúcar, subproductos agroindustriales y hasta la caña de azúcar como tal. Los aportes nutricionales del posible sustituto del maíz utilizado en la alimentación de animales en producción, dependerá principalmente de la especie, fisiología y etapa productiva de cada animal. El uso de estos sustitutos debe ser acorde a la región geográfica y poder adquisitivo del productor, pues si no se hace la escogencia adecuada puede encarecer la producción y disminuir la rentabilidad de la explotación.

Palabras clave: maíz, sustitutos, alimentación animal, subproductos

¹ Universidad de Costa Rica. Centro de Investigaciones en Nutrición Animal Autor para correspondencia: carlosmario.campos@ucr.ac.cr

² Agroindustrial Zeledón Maffio. Autor para correspondencia: jarce@zeledonmaffio.com

Recibido: 1 noviembre 2016

Aceptado: 1 diciembre 2016

ABSTRACT

Corn substitutes for animal feeding in Costa Rica. The widespread use of corn in animal feed formulation is reasonable, considering that it provides the highest conversion rate to meat, milk and eggs compared to other grains used for the same purpose. The composition and nutrient supply of corn grain for animal feed makes it a high-energy raw material (the largest among cereals) thanks to its high content of starch and fat. Corn represents a good source of linoleic acid (1.8% of the total ethereal extract), essential fatty acid in animal metabolism, especially in the avian. It has low levels of fiber, which is concentrated in the bran and includes mainly cellulose and pentosan; its concentration of lignin is low and as a consequence, the digestibility of the fiber is superior to other cereals, especially in monogastrics. Due to its high nutritional value, its use in feed formulation is extensive and popular around the world. However, the increase in the price of grains and the lower availability for animal consumption (competition with human consumption or production of biofuels) in the last 10-15 years, has resulted in an intensification of the search for alternatives to decline the use of corn, among them: wheat by-products, citrus pulp, rice semolina, palm kernel meal, soybean hulls, sugar cane molasses, agro industrial by-products and even sugar cane as such. The nutritional contributions of the possible substitutes of corn used in the livestock feeding will depend mainly on the species, physiology and productive stage of each animal. The use of these substitutes must be according to the geographical region and purchasing power of the producer, because if the proper choice is not made it can increase production costs and reduce the profitability of the exploitation.

Key words: corn, substitutes, animal feeding, by-products

INTRODUCCIÓN

La crisis de reservas alimentarias que enfrenta el mundo actualmente no es coincidencia, por el contrario, es el resultado lógico de una serie de decisiones político-económicas, que desde los años ochenta se han venido aplicando. En ese contexto, se impulsó a los gobiernos de países en desarrollo a dejar de lado la producción de granos básicos, con el argumento de que los productores de países desarrollados eran más eficientes, al obtener mejores rendimientos, ya que, la producción de éstos países sobrepasaba sus necesidades locales y los productos eran más baratos en el mercado internacional (Almaguel et al., 2009).

Con estos argumentos, los gobiernos fueron convencidos por los economistas para hacer la seguridad alimentaria nacional dependiente de ese mercado de excedentes de los países desarrollados, aunado a un cambio en las preferencias de los consumidores de esos países en desarrollo, pues a medida que la población y los ingresos se incrementan, el consumo de las personas cambia de cultivos básicos a productos de mayor valor, como los cárnicos y los lácteos.

Como resultado, la demanda de alimento para animales a base de granos y oleaginosas está subiendo desmesuradamente y compitiendo con la demanda de alimentos para consumo humano. Estos cambios han llevado a la intensificación de la presión ejercida sobre los mercados mundiales de productos agrícolas y al alza en el precio de los alimentos (Almaguel et al., 2009).

Debido a este aumento en la demanda de alimentos balanceados, al alto costo y a la poca disponibilidad de materias primas requeridas para la elaboración de los mismos, así como, a la creciente demanda de algunas de estas materias primas para consumo humano, se ha generado una variación en los patrones de alimentación animal tradicionalmente basados en dietas tipo maíz y soya.

Arroyo y Murillo (2000), mencionan que el uso de alimentos balanceados para animales ha venido en aumento en Costa Rica en los últimos años, debido principalmente, a que las explotaciones pecuarias requieren ser más productivas para poder satisfacer la demanda de alimentos de alta calidad, así como el cambio de explotaciones extensivas a intensivas, las cuales requieren de una mejor alimentación para obtener el mayor potencial productivo de los animales.

Debido al aumento en los precios de los granos a nivel mundial y al posible desabastecimiento de éstos, producto de las condiciones climáticas cambiantes, se propone el siguiente documento, el cual resume algunas de las principales alternativas que se pueden utilizar para la sustitución parcial del maíz en la alimentación de animales en Costa Rica.

EL MAÍZ

El maíz (*Zea mays*), es una planta de la familia de las Poáceas (gramíneas); es una planta C4 con una alta tasa de actividad fotosintética y considerada uno de los granos más importantes del mundo, pues es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea (9-12 toneladas/hectárea) y el segundo después del trigo en producción total a nivel mundial (Castro, 2006). El maíz es una de las especies cultivadas más productivas y tiene el más alto potencial para la producción de carbohidratos por unidad de superficie por día.

Se estima que cerca del 40% del maíz producido en los países tropicales, es usado para la alimentación animal y en un mayor grado en la producción avícola (Amador y Boschini, 2000); sin embargo, Costa Rica dejó de producir este grano hace más de 20 años.

El amplio uso del maíz en la formulación de dietas para animales es razonable, considerando que, proporciona la más alta tasa de conversión a carne, leche y huevos comparado con otros granos que se usan con el mismo propósito. Su aprovechamiento varía dependiendo de la especie que está siendo alimentada, así como, de los componentes estructurales y diferentes procesos a los que es sometido el grano. Existen actualmente diferentes tipos de grano de maíz, debido al cruzamiento híbrido en respuesta a factores ambientales, como, precipitación pluvial y composición de la tierra. Se pueden mencionar los siguientes: el dentado, el flint (duro), el harinoso, el dulce, el pop, el ceroso, el tunicado y el ornamental (pod); de éstos el más utilizado para la alimentación animal es el dentado (Amador y Boschini, 2000).

La composición y el aporte de nutrientes del grano de maíz destinado a la alimentación animal lo hace una materia prima de alto valor energético (el mayor entre los cereales), gracias a su alto contenido en almidón y grasa (Cuadro 1). El maíz representa una buena fuente de ácido linoleico (1,8% del total de extracto etéreo), ácido graso esencial en el

metabolismo animal, especialmente en el aviar (Amador y Boschini, 2000). Posee bajos niveles de fibra, la cual se encuentra concentrada en el salvado e incluye principalmente celulosa y pentosanas; su grado de lignificación es muy bajo y como consecuencia la digestibilidad de la fibra es superior a la de otros cereales, especialmente en monogástricos. El porcentaje de proteína varía entre un 7 y 10%, y es deficiente en calcio, sodio, microminerales y vitaminas hidrosolubles. El contenido de fósforo es intermedio, sin embargo, el grano no contiene fitasas activas (enzimas encargadas de convertir el ácido fítico en fósforo disponible). Por otra parte resulta una buena fuente de vitamina A y de xantofilas, estas últimas son de gran importancia, ya que contienen pigmentos que dan color a la carne de pollo y a la yema de los huevos (Castro 2006).

Cuadro 1. Composición nutricional del grano de maíz amarillo utilizado en alimentación animal en Costa Rica.

Nutriente	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio
Materia seca, %	85,10	92,10	87,30
Proteína cruda, %	6,60	12,20	8,70
Extracto etéreo, %	1,10	9,40	4,10
Fibra cruda, %	0,13	5,40	1,90
FDN, %	3,40	38,00	15,40
FDA, %	1,70	12,70	5,20
Cenizas, %	0,47	3,90	1,80
Calcio, %	0,01	0,38	0,07
Fósforo, %	0,20	0,78	0,38
EM Bovinos, Kcal/kg	3025,00	3576,00	3185,00
EM Aves, Kcal/kg	3593,00	4013,00	3764,00
EM Cerdos, Kcal/kg	3341,00	3640,00	3531,00

FDN: fibra detergente neutro. FDA: fibra detergente ácido. EM: energía metabolizable.
Adaptado de Mata (2011).

Debido a su alto valor nutritivo, su utilización en la formulación de dietas para animales es muy extendida y popular alrededor del mundo. Sin embargo, como se mencionó antes, el aumento en el precio de los granos y la menor disponibilidad para consumo animal

(competencia para consumo humano o para producción de biocombustibles) en los últimos 10-15 años, ha producido que se intensifique la búsqueda de alternativas alimenticias para la disminución en el uso del maíz, las cuales se detallan a continuación.

SUSTITUTOS DEL MAÍZ

El principal aporte del maíz en la formulación de dietas para animales, se centra en el componente energético (Amador y Boschini, 2000); a continuación se mencionan algunos de los subproductos de las industrias alimentarias de nuestro país que han sido utilizados y que se siguen utilizando como sustitutos del maíz, tanto en la formulación de alimentos balanceados, como para su utilización en raciones totales para animales.

Subproductos de trigo

En el proceso típico de molienda del trigo para producir harina para consumo humano, se obtiene un rendimiento de 72% de harina y 28% de subproductos (Araya, 2002). Estos subproductos contienen la mayor cantidad de nutrimentos presentes en el grano de trigo y son más nutritivos que la harina para consumo humano.

En la industria de alimentos balanceados existe un problema para la identificación correcta de los subproductos de trigo, debido a que la industria de la molienda del grano de trigo, mezcla los diferentes subproductos (acemite, salvado, salvadillo) del proceso según se requiera (demanda de estos por parte de las plantas de alimentos), lo que se traduce en cambios en la composición química, biológica y física de los subproductos. Los factores que más afectan la composición de los subproductos de trigo son el tipo y la densidad del trigo, el grado de garantía y extracción de la harina y la manera como se manejan las tuberías con los diferentes subproductos del proceso (Araya, 2002).

Dentro de estos subproductos, el acemite corresponde al 24% del total del volumen de grano procesado y está compuesto por las partículas más pequeñas del cribado del trigo (Araya, 2002). El acemite puede ser utilizado como sustituto del maíz en la alimentación animal, pues es un subproducto que posee un importante contenido energético, de extracto etéreo y de fibra soluble (Cuadro 2). Se ha documentado su uso en dietas de cerdas gestantes, pues estas dietas deben ser voluminosas y con una concentración

energética más baja. El nivel máximo de inclusión de éste material en las dietas de animales es del 25-30% en el alimento balanceado y su utilización ha sido más extendida en los bovinos (Araya, 2002).

Cuadro 2. Composición nutricional del acemite de trigo utilizado en alimentación animal en Costa Rica.

Nutriente	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio
Materia seca, %	84,40	91,40	88,00
Proteína cruda, %	15,00	21,30	18,80
Extracto etéreo, %	2,70	10,00	4,50
Fibra cruda, %	2,20	21,30	9,70
FDN, %	28,70	46,20	38,10
FDA, %	7,80	21,50	12,10
Cenizas, %	2,20	7,00	4,90
Calcio, %	0,06	0,13	0,09
Fósforo, %	0,51	1,30	0,97
EM Bovinos, Kcal/kg	2830,00	3072,00	2756,00
EM Aves, Kcal/kg	840,00	3549,00	2507,00
EM Cerdos, Kcal/kg	1143,00	3638,00	2636,00

FDN: fibra detergente neutro. FDA: fibra detergente ácido. EM: energía metabolizable.
Adaptado de Mata (2011).

Otro de los subproductos que se obtienen del trigo es el salvadillo (Figura 1), el cual, está compuesto por las partículas más grandes que se obtienen de la molienda del trigo para la elaboración de la harina. El salvadillo es palatable, ligeramente laxante y voluminoso, por lo que, es bastante común encontrárselo en el alimento de vacas secas (Araya 2002).



Figura 1. Acemite (izquierda) y salvadillo (derecha) de trigo utilizados en la alimentación animal.

El salvadillo es una buena opción para la sustitución del maíz debido a sus altos contenidos de extracto etéreo y fibra digestible (Cuadro 3), los cuales se reflejan en una buena concentración energética de este material, cuyo uso es más común en rumiantes y no tanto en monogástricos.

Cuadro 3. Composición nutricional del salvadillo de trigo utilizado en alimentación animal.

Nutriente	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio
Materia seca, %	85,30	93,40	87,90
Proteína cruda, %	14,00	24,00	19,00
Extracto etéreo, %	1,70	5,60	4,00
Fibra cruda, %	55,00	68,00	62,00
FDN, %	43,00	54,00	47,00
FDA, %	13,00	16,00	14,00
Cenizas, %	4,30	7,70	5,90
Calcio, %	0,07	1,00	0,16
Fósforo, %	0,85	1,70	1,20
EM Bovinos, Kcal/kg	2723,00	3096,00	2861,00
EM Aves, Kcal/kg	1058,00	2939,00	2163,00
EM Cerdos, Kcal/kg.	2761,00	3462,00	3104,00

FDN: fibra detergente neutro. FDA: fibra detergente ácido. EM: energía metabolizable.
Adaptado de Mata (2011).

La recomendación de uso del salvadillo define un nivel máximo de inclusión en la formulación de alimentos balanceados de 20-25%, pues niveles superiores podrían generar disminuciones en producción de leche, huevos y carne (Araya, 2000).

Pulpa de cítricos

Lo que se conoce como pulpa de cítricos corresponde a los residuos derivados del procesamiento de la fruta para jugo o zumo (Figura 2) y está constituido por una mezcla de la pulpa, la cáscara y semillas que luego son sometidos a un proceso de deshidratación térmica. Se puede utilizar tanto fresca como peletizada (Rojas-Bourrillon et al., 2001).



Figura 2. Pulpa de cítricos (fresca y peletizada) utilizada en la alimentación animal en Costa Rica.

La pulpa de cítricos es un material altamente degradable en el rumen, es una fuente importante de fibra fermentable, y aporta cantidades significativas de sustratos energéticos para la actividad de los microorganismos ruminales (Cuadro 4). Este material (ingrediente) puede utilizarse para sustituir el aporte de granos en raciones para vacas lecheras y ganado de engorde principalmente (Rojas-Bourrillon et al., 2001).

Cuadro 4. Composición nutricional de la pulpa de cítricos utilizada en alimentación animal en Costa Rica.

Nutriente	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio
Materia seca, %	82,40	97,00	86,70
Proteína cruda, %	4,90	14,00	7,00
Extracto etéreo, %	1,70	6,00	3,60
Fibra cruda, %	10,00	15,80	13,20
Cenizas, %	4,10	12,50	7,20
Calcio, %	0,30	4,20	2,20
Fósforo, %	0,01	0,75	0,15
ED Bovinos, Kcal/kg	2861,00	3358,00	3217,00
EM Aves, Kcal/kg	1114,00	2576,00	2192,00
EM Cerdos, Kcal/kg	2068,00	3147,00	2943,00

ED: energía digestible. EM: energía metabolizable.
Adaptado de Mata (2011).

Al ser una fuente significativa de fibra fermentable en el rumen, permite al animal mantener un pH óptimo para la actividad microbiana de degradación de la fibra en el rumen, situación que lo convierte en un buen sustituto del maíz (Rojas-Bourrillon et al., 2001).

Su inclusión en las dietas de ganado lechero mejora el contenido de sólidos totales, proteína y sólidos no grasos, además de una mejora en los niveles de grasa en la leche, esto porque favorece la proporción de ácido acético en el rumen, lo cual favorece la síntesis de la grasa en la glándula mamaria (Rojas-Bourrillon et al., 2001).

El nivel máximo de inclusión en la dieta de animales en producción es del 30%, pues valores superiores afectan la respuesta óptima del animal a la ingestión de sustratos energéticos, ya que carece de sustratos para la producción de glucosa, como el ácido propiónico en el rumen y el almidón sobrepasante en el intestino, ambos provenientes del almidón de maíz. Constituye un elemento importante a tomar en cuenta para la disminución de los precios de los concentrados animales (Rojas-Bourrillon et al., 2001).

Semolina de arroz

La semolina de arroz es el producto resultante del proceso de pulido y friccionado para obtener arroz blanco para consumo humano (Figura 3). Representa todos los residuos que se desprenden del grano de arroz después de eliminar la cáscara externa (granza), hasta que quede el grano listo para mercado (Araya, 2002).



Figura 3. Semolina de arroz utilizada en la alimentación animal.

Es un material alto en extracto etéreo (Cuadro 5), lo que lo confirma como una excelente fuente energética; sin embargo esto supone un problema, pues es sensible a la oxidación de las grasas y descomposición del material cuando se encuentra incorrectamente almacenado. El contenido de esta grasa representa el 45% del aporte total de energía, y al ser las grasas fuentes concentradas de energía y producir un incremento calórico bajo en el organismo, hace que la incorporación de esta en los alimentos balanceados pueda favorecer la nutrición de las vacas en el inicio de la lactancia y también aquellas que se encuentran bajo estrés calórico (Araya, 2002).

Cuadro 5. Composición nutricional de la semolina de arroz utilizada en alimentación animal en Costa Rica.

Nutriente	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio
Materia seca, %	86,20	94,70	90,50
Proteína cruda, %	8,70	17,80	13,70
Extracto etéreo, %	8,50	25,40	17,40
Fibra cruda, %	5,10	14,60	8,50
Cenizas, %	5,60	14,60	8,70
Calcio, %	0,01	0,43	0,09
Fósforo, %	0,12	2,50	1,60
EM Bovinos, Kcal/kg	2899,00	3490,00	3302,00
EM Aves, Kcal/kg	2593,00	3716,00	3387,00
EM Cerdos, Kcal/kg	2938,00	4292,00	3721,00

FDN: fibra detergente neutro. FDA: fibra detergente ácido. EM: energía metabolizable.
Adaptado de Mata (2011).

Desde el punto de vista de la formulación de alimentos para animales, es uno de los productos de mayor importancia, pues contiene un alto valor nutritivo. No obstante, es propenso a sufrir adulteración con carbonato de calcio y cascarilla de arroz, situación que produce una disminución en su digestibilidad y su calidad nutricional (Araya, 2002).

El nivel máximo de inclusión de la semolina de arroz en la formulación de alimentos balanceados es de 20%, siendo que valores superiores limitan la vida útil del alimento, al hacerlo más propenso a la degradación u oxidación de las grasas, lo que repercute sobre la palatabilidad del alimento debido a posible sensación de rancidez (Araya, 2002).

Harina de coquito de palma africana

Un grupo de productos importantes para la industria de alimentos balanceados son los subproductos derivados de la extracción del aceite de la fruta de la palma africana, entre los que destacan el coquito integral sin endocarpo, la harina de coquito extraída por solvente (hexano) o por prensa (mecánica), así como los aceites crudos del endospermo (coquito) y del mesocarpo (parte externa del fruto). La harina de coquito (Figura 4) corresponde a la parte compuesta por el coquito integral de palma africana, al cual se le

extrae el aceite mediante acción mecánica (prensa) o mediante solventes (hexano). Es un material que posee alta concentración de fibra cruda (Cuadro 6), por lo que su utilización está más orientada a la alimentación de rumiantes, principalmente vacas secas y animales en engorde (Vargas y Zumbado, 2003).



Figura 4. Harina de coquito de palma africana extraída por solvente (izquierda) y por extracción mecánica (derecha) utilizadas en alimentación animal.

Cuadro 6. Contenido nutricional de la harina de coquito de palma africana (extracción mecánica y extracción con solvente) utilizada en alimentación animal en Costa Rica.

Nutriente	Extracción mecánica	Extracción con solvente
Materia seca, %	93,80	90,10
Proteína cruda, %	15,00	18,00
Extracto etéreo, %	14,00	3,90
Fibra cruda, %	22,00	19,00
Cenizas, %	3,90	4,20
Calcio, %	0,36	0,36
Fósforo, %	0,64	0,90
EM Bovinos, Kcal/kg	3066,00	2603,00
EM Aves, Kcal/kg	1403,00	1279,00

EM: energía metabolizable.
Adaptado de Mata (2011).

El nivel máximo de inclusión de la harina de coquito de palma para sustituir al maíz en la formulación de alimentos balanceados es del 20%, pues valores superiores están relacionados con problemas de descomposición y disminución de la vida útil del alimento balanceado por sus contenidos altos de grasa y energía, así como problemas de palatabilidad y consumo por parte de los animales (Vargas y Zumbado, 2003).

Cascarilla de soya

La cascarilla de soya es un subproducto del procesamiento industrial del grano de soya para la producción de aceite (Figura 5). Está compuesta principalmente de la cáscara del grano de soya, pequeños trozos de grano y puede haber algún grano de menor tamaño (Mata, 2011).



Figura 5. Cascarilla de soya utilizada en alimentación animal.

Es un alimento con un alto contenido de fibra (Cuadro 7), pero esta resulta ser en su mayor parte digestible (>80%). Posee muy escaso nivel de almidón o componentes transformables en almidón a nivel de rumen, lo que determina que no se produzcan problemas de acidosis en su uso. Su bajo contenido de grasa hace que pueda ser conservado durante períodos razonables sin sufrir alteraciones de sabor, olor o características nutritivas.

Cuadro 7. Contenido nutricional de la cascarilla de soya utilizada en alimentación animal en Costa Rica.

Nutriente	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio
Materia seca, %	87,40	91,00	89,20
Proteína cruda, %	10,00	20,00	14,00
Extracto etéreo, %	0,67	6,20	2,40
Fibra cruda, %	28,00	42,00	35,00
FDN, %	59,60	70,30	66,70
FDA, %	49,20	53,10	51,50
Cenizas, %	4,40	9,50	5,40
Calcio, %	0,04	0,74	0,48
Fósforo, %	0,11	1,70	0,52
EM Bovinos, Kcal/kg	2072,00	2587,00	2264,00

EM: energía metabolizable.
Adaptado de Mata (2011).

Su utilización está principalmente destinada a la alimentación de rumiantes por su alto contenido de FDN, por lo que puede ser empleada como fuente de fibra fermentable y para reducir el impacto de los carbohidratos no estructurales (CNE). (Olguin et al., 2009).

Aún en niveles elevados de suplementación (1,2% del peso vivo) no produce cambios importantes en la acidez ruminal, ni en los patrones de fermentación, ya que la misma población microbiana que degrada la fibra de los forrajes es la que degrada la fibra de la cascarilla de soya (Castro, 2006). Esto también la hace muy conveniente para la producción lechera, pues su inclusión en alimentos balanceados de vacas en lactancia temprana, permitiría formular dietas con alta densidad energética, al mismo tiempo que con buena oferta de fibra (FDN) y moderada oferta de CNE (Olguin et al., 2009).

La recomendación de uso más aceptada es 20-30% del contenido del alimento balanceado, lo que se podría traducir a valores máximos de inclusión en las dietas de 6 kg/animal/día (Olguin et al., 2009).

Melaza de caña

La melaza es el subproducto de la industria azucarera al cual se le ha sustraído el máximo de azúcar (Mata, 2011). Al ser un material altamente degradable en rumen (90-95%), supone un aporte importante de carbohidratos, lo que se refleja en su aporte energético a las dietas (Cuadro 8), principalmente para las bacterias fermentadoras del rumen. Esto es muy importante, pues se mejora la producción de ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico), así como de proteína microbiana (Ossa et al., 2010).

Cuadro 8. Composición nutricional de la melaza de caña utilizada en alimentación animal en Costa Rica.

Nutriente	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio
Materia seca, %	68,80	87,00	76,70
Proteína cruda, %	1,70	6,50	5,20
Cenizas, %	2,60	9,70	9,10
Calcio, %	0,45	1,10	0,78
Fósforo, %	0,04	0,47	0,20
Energía bruta, Kcal/kg	3459,00	3784,00	3623,00

Adaptado de Mata (2011).

Los niveles de melaza en la dieta principalmente de rumiantes, han sido del orden de 10-15% y su uso principal ha sido para el aumento de la palatabilidad de la ración. Se ha reportado que niveles por arriba del 20% de la ración, disminuyen la retención de nitrógeno, así como el contenido de energía digestible de la dieta; aunado a esto, sus propiedades laxantes hacen recomendar un uso controlado de la melaza en los sistemas de producción animal. En el caso de su uso en la formulación de alimentos balanceados, se debe tomar en cuenta que valores muy altos de inclusión (arriba del 6-8%) podrían influir negativamente sobre el mezclado de los mismos (Ossa et al., 2010).

Subproductos agroindustriales (yuca, banano, pejibaye)

Los subproductos agroindustriales son residuos sólidos o semisólidos que se producen en la actividad agrícola. Estos son derivados de la recolección de un producto o procedentes de alguna parte del proceso de manufactura. El manejo de estos subproductos generalmente es complicado, pues se caracterizan por ser de producciones estacionales, localizadas y perecederas. Por su difícil manejo y variedad en la composición nutricional, son una dificultad a la hora de comercializarlos (López y Ralda, 1999). También son materiales con menor contenido energético en comparación a los granos, mayor contenido de fibra–pared celular (soluble), puede presentar contaminantes (micotoxinas), la proteína es limitada en ciertos aminoácidos (lisina, metionina) y tienen un menor costo, debido a su procesamiento, lo que los hace atractivos para el productor (López y Ralda, 1999).

En Costa Rica, la actividad agrícola nos provee de subproductos de muy buena calidad nutricional para su utilización, principalmente, en dietas de rumiantes, como lo son la yuca, el banano verde y el pejibaye. Estos subproductos, sin embargo son estacionales, por lo que la disponibilidad y variabilidad en la composición de éstos es irregular durante el año. Son materiales altamente palatables y por esta razón debe limitarse su consumo, pues altos niveles de inclusión podrían generar desórdenes metabólicos en los animales (Arroyo et al., 2003).

La yuca es particularmente un subproducto de muy buena calidad para utilizar en alimentación animal, ya sea como harina, planta entera, cáscara o yuca entera de rechazo. Sus aportes de almidón y fibra soluble la hacen una excelente opción para sustituir al maíz en las dietas de rumiantes principalmente, aunque se han tenido experiencias positivas con cerdos y pollos de engorde (Arce-Cordero et al., 2015).

El banano verde aporta almidones y fibra fermentable en rumen, lo que se traduce en energía disponible para las bacterias ruminales, con lo que mejora la síntesis de proteína microbiana. Esta mejora se asocia con aumentos en la producción láctea y en ganancias de peso (Dormod et al., 1998).

Finalmente el pejibaye tiene aportes significativos de energía vía grasa del coquito, así como pequeños aportes de almidón y azúcares solubles, que como se mencionó

anteriormente tienen impacto a nivel ruminal y mejoran la síntesis de proteína microbiana (Arroyo et al., 2003).

Al analizar la composición nutricional de estos materiales (Cuadro 9), es claro que el aporte principal de éstos es energético. En el caso de la yuca y el banano a través de sus almidones y en el caso del pejibaye, a través de la grasa que se encuentra en el coquito (López y Ralda, 1999).

Cuadro 9. Composición nutricional de la yuca, el banano verde y el pejibaye, utilizados en alimentación animal en Costa Rica.

Nutriente	Yuca	Banano verde	Pejibaye
Materia seca, %	35,90	28,10	44,40
Proteína cruda, %	3,50	4,60	6,40
Extracto etéreo, %	4,00	1,90	10,20
Fibra cruda, %	2,70	3,50	4,40
Cenizas, %	3,20	5,90	2,50
Calcio, %	0,02	2,30	0,10
Fósforo, %	0,09	0,14	0,14
EM bovinos, Kcal/kg	3564,00	3010,00	3389,00

Adaptado de Arroyo et al. (2003) y Mata (2011).

La recomendación de uso más utilizada es de 2 kg del material fresco por cada 100 kg de peso vivo (2% del peso vivo), esto porque valores más altos producen un efecto sustitutivo sobre el forraje, lo que desencadenaría en problemas de acidosis ruminal, disminución de la digestión de la fibra, laminitis y principalmente disminución de la grasa láctea (Dormond et al., 1998).

Caña de azúcar

La caña de azúcar, al igual que la mayoría de los forrajes que consumen los animales rumiantes, pertenece a la familia de las gramíneas. Es un cultivo perenne que se prolonga durante cinco años o más (Mesén y Durán, 2011).

El principal uso de esta gramínea es la fabricación de azúcar o dulce para consumo humano, sin embargo también ha demostrado ser un cultivo de extraordinaria importancia en la alimentación animal (Figura 6), donde se aprovecha toda la planta (tallos, cogollos y hojas). Tradicionalmente se ha utilizado en épocas de escasez de forrajes, cosechándola una vez al año, sin embargo aunque esa ha sido la costumbre, la caña de azúcar se puede sembrar en forma escalonada y utilizarla durante todo el año (Mesén y Durán, 2011).



Figura 6. Caña de azúcar utilizada en alimentación animal.

Su composición nutricional (Cuadro 8), la convierte en una alternativa atractiva para su uso en sistemas de alimentación, principalmente de rumiantes, debido a su alto contenido energético y a su aporte de fibra efectiva.

En Costa Rica es una de las opciones más viables para contribuir a resolver el problema de escasez de alimentos. Además debido a la alta producción de forraje y a la facilidad de manejo del cultivo, ya que puede ser sembrada y cosechada con prácticas de manejo poco sofisticadas, es una alternativa muy viable en los sistemas de producción de nuestro país.

Su uso es muy variado, ya que se puede ofrecer como forraje fresco, entero o picado, como suplemento en dietas altas en proteína o ensilada, ya sea como el material principal o como complemento de otro, generalmente de leguminosas (Mesén y Durán, 2011).

Cuadro 10. Composición nutricional de la caña de azúcar utilizada en alimentación animal en Costa Rica.

Nutriente	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio
Materia seca, %	23,00	37,80	28,00
Proteína cruda, %	3,00	6,60	4,50
DIVMS, %	48,90	65,54	60,00
Calcio, %	0,18	0,48	0,21
Fósforo, %	0,09	0,18	0,10
ED Bovinos, Kcal/kg	2350,00	3000,00	2640,00

DIVMS: digestibilidad in vitro de la materia seca. ED: energía digestible.

Adaptado de Mesén y Durán (2011).

En el caso de suplir alimento en época seca o de exceso de lluvia, el objetivo es disponer de alimento suplementario en la época en que disminuye sustancialmente la producción de pasto, evitar la caída de la producción y aún obtener aumentos, con lo cual se logra una producción más sostenida y rentable. La caña de azúcar puede cosecharse durante el período de sequía pero los pastos de corta, así como las leguminosas y otras plantas altas en proteína reducen su producción durante esos períodos si no se cuenta con riego, razón por lo cual se recomienda ensilar su cosecha durante el período de lluvias para ser utilizada junto con la caña de azúcar en la época seca (Mesén y Durán, 2011).

CONSIDERACIONES FINALES

La situación mundial en cuanto a la producción de biocombustibles ha llevado a un aumento en la demanda del maíz, por lo que su aporte en las raciones de animales productivos se ha visto disminuido. Además su alto precio amerita la búsqueda de sustitutos viables, tanto nutricional como económicamente.

El maíz constituye un elemento imprescindible en la formulación de las dietas para animales, debido a su gran valor energético.

La búsqueda de sustitutos del maíz resulta una tarea difícil, ya que el alto valor nutricional de esta materia prima, la hace prácticamente indispensable en la formulación.

Los aportes nutricionales del posible sustituto del maíz utilizado en la alimentación de animales en producción, dependerá principalmente de la especie, fisiología y etapa productiva de cada animal.

El uso de estos sustitutos debe ser acorde a la región geográfica y poder adquisitivo del productor, pues si no se hace la escogencia adecuada puede encarecer la producción y disminuir la rentabilidad de la explotación.

Para nuestras condiciones de manejo y alimentación, algunos de estos (subproductos agrícolas, caña de azúcar, pulpa de cítricos) son más utilizados en suplementación a nivel de finca en fresco o ensilados y otros (subproductos de trigo, arroz, coquito de palma africana) son más utilizados en formulación de alimentos balanceados.

La mejor forma de evaluar a un sustituto es determinar el posible consumo que este tiene por parte de los animales y más importante aún a través del desempeño animal, reflejado en producción de leche, huevos y carne.

El fin primordial de buscar alternativas de sustitución, en este caso del maíz, es disminuir los costos de producción y la dependencia de insumos externos, no solo al sistema productivo (finca), sino al país (importación de granos).

LITERATURA CITADA

- ALMAGUEL, R., CRUZ, E., PILOTO, J., MEDEROS, C. 2009. Utilización de los granos secos de destilerías con solubles obtenidos a partir del maíz en la alimentación de cerdos. REDVET. 10(2): 1-9.
- AMADOR, A., BOSCHINI, C. 2000. Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. Agronomía Mesoamericana. 11(1): 171-177.
- ARAYA, M. 2002. Valor nutritivo de los subproductos de la industrialización del trigo, arroz y pan de devolución utilizados en la alimentación del ganado lechero en Costa Rica. Tesis presentada para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 125 p.
- ARCE-CORDERO, J., ROJAS-BOURRILLON, A., POORE, M. 2015. Efecto de la adición de pollinaza sobre las características nutricionales y fermentativas del ensilado de subproductos agroindustriales de yuca (*Manihot esculenta*). Agronomía Costarricense. 39(1): 131-140.
- ARROYO, C., MURILLO, M. 2000. Utilización del pejibaye (*Bactris gasipaes*) en la alimentación animal. Nutrición Animal Tropical. 6(1): 145-166.
- ARROYO, C., ROJAS-BOURRILLON, A., ROSALES, R. 2003. Urea o pollinaza como suplemento proteico para toretes consumiendo ensilaje de pulpa de pejibaye. Agronomía Costarricense. 27(2): 69-73.
- CASTRO, M. 2006. Composición nutricional de materias primas utilizadas en la alimentación animal en Costa Rica: Un estudio preliminar para la elaboración de la tabla de composición de alimentos para animales de Costa Rica. Tesis para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 161 p.
- DORMOND, H., BOSCHINI, C., ROJAS-BOURRILLON, A. 1998. Efecto de dos niveles de cáscara de banano maduro sobre la producción láctea en ganado lechero. Agronomía Costarricense. 22(1): 43-49.

- LÓPEZ, C., RALDA, G. 1999. El uso de la cáscara de banano maduro como insumo para la alimentación de ganado bovino. Trabajo de graduación para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Agronómica, Universidad EARTH. Guácimo, Costa Rica. 71 p.
- MATA, L. 2011. Tabla de composición de materias primas usadas en alimentos para animales. Centro de Investigación en Nutrición Animal. Primera Edición. SIEDIN, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 127 p.
- OSSA, J., VANEGAS, M., BADILLO, A. 2010. Evaluación de la melaza de caña como sustrato para el crecimiento de *Lactobacillus plantarum*. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 13 (1): 97-104.
- MESÉN, M., DURÁN, J. 2011. La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y su uso en la ganadería. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). San José, Costa Rica. 25 p.
- OLGUIN, M., POSADAS, M., REVELANT, G., LABOURDETTE, V., MARINOZZI, D., ELÍAS, H., GAYOL, M., ZINGALE, M. 2009. La cascarilla de la soya: Potencial componente de alimentos funcionales. Rev. Chil. Nutr. 36(3): 239-245.
- ROJAS-BOURRILLON, A., GAMBOA, L., VILLAREAL, M., VÍQUEZ, E., CASTRO, R., POORE, M. 2001. La sustitución de maíz por pulpa de cítricos deshidratada sobre la producción y composición láctea de vacas encastadas Holstein en el trópico húmedo de Costa Rica. Agronomía Costarricense. 25(1): 45-52.
- VARGAS, E., ZUMBADO, M. 2003. Composición de los subproductos de la industrialización de la palma africana utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. Agronomía Costarricense. 27(1): 7-18.