

Los azúcares en la alimentación de las vacas lecheras (I)

Irene Trigueros - Licenciada en Veterinaria

Liquid Products - ED&F MAN España

En la alimentación de los rumiantes existen dos tipos de necesidades de nutrientes interdependientes:

- Necesidad biológica de la población bacteriana del rumen y que hace que los rumiantes sean capaces, entre otras cosas, de "digerir" los hidratos de carbono estructurales de los vegetales, conocidos como "fibra".
- Necesidad fisiológica de las funciones vitales y productivas del animal.

¿Qué son los azúcares?

Los azúcares son la forma más simple de los hidratos de carbono. Este último término se emplea, en ocasiones, de forma incorrecta, como sinónimo de azúcares.

En los organismos vivos, los hidratos de carbono tienen numerosas funciones biológicas entre las cuales se encuentran la de reserva energética y transporte de la energía (almidón y glucógeno) y son también componentes estructurales de la celulosa en las plantas.

Los azúcares, son solubles y desempeñan un papel fundamental en el rumen: son la fuente de energía principal y rápida para muchas poblaciones bacterianas y permiten mantener un nivel óptimo de fermentación para transformar una parte de los alimentos, quedando disponibles, en un segundo momento, para las necesidades fisiológicas vitales y productivas de la vaca.

El objeto de este trabajo es identificar cuáles son los azúcares más adecuados y más fáciles de emplear en la alimentación de la vaca lechera durante el periodo de producción y el periodo seco.

Clasificación de los azúcares

Monosacáridos

Son las unidades más simples de los hidratos de carbono. Se clasifican en triosas, tetrasas, pentosas (arabinosa, xilosa, xilulosa, ribosa, ribulosa, etc.) y hexosas (glucosa, fructosa, galactosa, etc.), según su número de átomos de carbono.

Disacáridos

Son parejas de monosacáridos y biológicamente muy parecidos a estos. Entre ellos encontramos la sacarosa (glucosa+fructosa), la lactosa (glucosa+galactosa) y la maltosa (glucosa+glucosa).

Oligosacáridos y polisacáridos

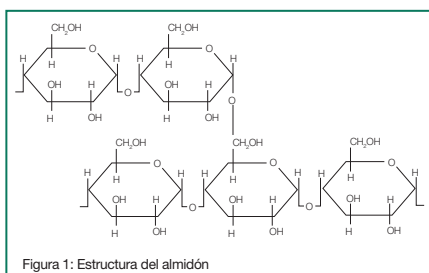
Están formados por largas cadenas de monosacáridos (monómeros) unidos por enlaces glucosídicos.

Finalmente, los hidratos de carbono pueden clasificarse en: simples, que serían los monosacáridos y disacáridos, y complejos, que abarcarían los oligosacáridos y polisacáridos.

Principales polisacáridos

Almidón

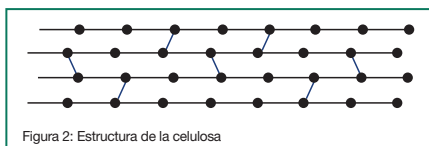
El almidón está formado por un gran número de unidades de glucosa, unidas entre sí mediante enlaces glucosídicos. Es insoluble en agua. Es el hidrato de carbono de reserva de las plantas, almacenado como fuente de energía, sintetizado mediante enzimas a partir de la glucosa, a su vez producto de la fotosíntesis.



Celulosa

La celulosa es uno de los polisacáridos más importantes. Está formada por un gran número de moléculas de glucosa (de 300 a 3.000 unidades) unidas entre sí por un enlace β -1 \rightarrow 4 glucosídico.

Las cadenas se disponen paralelamente y se unen entre sí mediante enlaces de hidrógeno muy fuertes, formando fibrillas, cadenas muy largas y difíciles de disolver. Aproximadamente la mitad de las paredes celulares de las plantas están formadas por celulosa.



Hemicelulosa

La hemicelulosa es un polisacárido de composición irregular, poco soluble y estrechamente ligado a la celulosa. En conjunto, constituye las fibras alimentarias. La hemicelulosa está formada por distintos azúcares (pentosas) y además tiene una estructura ramificada y no fibrosa.

Pectina

La pectina es una cadena de moléculas de ácido galacturónico unidas por enlaces α -1 \rightarrow 4. A lo largo de la cadena de poligalacturonasa se intercalan, en proporción variable, residuos de ramnosa y también de galactosa y arabinosa.



Las pectinas forman coloides gelatinosos, abundantes en la pared celular de la fruta. Cada fruto tiene un porcentaje de pectina variable, según la especie y su grado de maduración. La pectina actúa como cemento intercelular, manteniendo las células unidas y proporcionando una textura crujiente a frutas y verduras. Durante el proceso de maduración este enlace se disuelve y el fruto pierde consistencia.

β -Glucanos

Los β -glucanos son los principales componentes de la parte soluble de la fibra alimentaria. En la alimentación de los rumiantes, forman parte de la misma categoría que la pectina, en función del comportamiento de la fermentación ruminal.

Fructooligosacáridos (FOS) y fructanos

Los fructooligosacáridos (FOS) y los fructanos son hidratos de carbono presentes en distintas especies de vegetales, donde desempeñan un papel de reserva energética. Constituyen gran parte de la fibra alimentaria, que tiene una gran importancia en la alimentación de los rumiantes. También forman parte de la misma categoría que la pectina en función de su comportamiento en la fermentación ruminal.

Lignina

Aunque no es un hidrato de carbono, hemos añadido esta molécula porque la lignina es un componente importante de los forrajes y tiene una influencia significativa en la degradación de la fibra en la alimentación de los rumiantes.

Está formada por una estructura polimérica de unidades de fenilpropano. Por lo tanto, la lignina es también un polímero cuya molécula, muy compleja y de estructura tridimensional, está formada por una sola unidad, el fenilpropano, repetida varias veces.

Desarrolla en todos los vegetales la función de unir y adherir las fibras entre sí, dando compacidad y resistencia a la planta. Es un material incrustante, ya que recubre las fibras.

La lignina, que aumenta de forma considerable en las paredes celulares durante el proceso de maduración de la planta, es resistente a la degradación bacteriana y la degradación de los polisacáridos fibrosos disminuye cuando ésta aumenta en las fibras.

Los únicos organismos capaces de degradar la lignina son algunos hongos.

Clasificación y alimentación zootécnica

Los hidratos de carbono se clasifican en estructurales e hidratos de carbono no estructurales (Mertens, 1992).

■ Los hidratos de carbono complejos como la celulosa, la hemicelulosa y la pectina, representan la fibra alimentaria y, en la alimentación animal, se clasifican como hidratos de carbono estructurales, que constituyen la pared celular y tienen la función de soporte estructural de la planta. Se cree que la celulosa, un polisacárido estructural, es la molécula orgánica más abundante en la tierra.

■ Los hidratos de carbono no estructurales son los azúcares, almidones y ácidos orgánicos. Se encuentran principalmente en las semillas, hojas y tallos: son moléculas de reserva y transporte de energía en el interior de la planta.

Cuando hablamos de azúcares, en el ámbito de la alimentación de las vacas lecheras, nos referimos a los hidratos de carbono simples que están formados por monosacáridos (glucosa y fructosa) y disacáridos (sacarosa, lactosa y maltosa).

Desde el punto de vista nutricional, los monosacáridos más importantes son las pentosas y las hexosas. Los azúcares de 5 átomos de carbono (pentosas) se encuentran principalmente en los forrajes: L-arabinosa, componente de la hemicelulosa; D-xilosa, componente de la hemicelulosa; D-ribosa: componente del ARN, vitaminas y coenzimas.

Varias evidencias científicas indican que los azúcares de 5 átomos son menos eficientes que las hexosas para soportar el desarrollo y la fermentación ruminal. Las *Ruminococcus albus* y *Ruminococcus flavefaciens*, importantes bacterias celulolíticas del rumen, no son capaces de usar las pentosas como fuente de energía.

Los azúcares en la alimentación de las vacas lecheras (II)

Irene Trigueros - Licenciada en Veterinaria

Liquid Products - ED&F MAN España

En este apartado se analiza la importancia de la composición y la función de los hidratos de carbono de la ración alimentaria para alcanzar las necesidades de azúcares de la fisiología del rumen.

Los hidratos de carbono en la planta

En la alimentación de la vaca lechera, los alimentos son prácticamente todos de origen vegetal. Los hidratos de carbono en sus distintas formas –estructurales y no estructurales– representan el 65-75% de la materia seca (MS) de las plantas y, por tanto, también de los alimentos.

Los monosacáridos (hexosas y pentosas) se encuentran en las células, en la linfa y en los frutos. El almidón se acumula en las semillas como reserva. Los cereales de grano pueden contener hasta un 80% de la MS. Sólo en la remolacha y en la caña de azúcar la función de reserva de energía está representada por la sacarosa, hasta en un 50% de la MS.

En los forrajes, alimento básico de los rumiantes, encontramos elevadas concentraciones de azúcares simples; en realidad, son principalmente azúcares pentosas, de cinco átomos de carbono, que tienen una cinética ruminal distinta a la de las hexosas.

En la alimentación actual de la vaca lechera, sobre todo con sistemas dinámicos de racionamiento, se profundiza en la clasificación de los hidratos de carbono en función de su solubilidad y del papel que desempeña en la planta.

En el racionamiento de vacas lecheras es necesario equilibrar la relación entre hidratos de carbono no estructurales (CNE) –azúcares y almidón– en función de la optimización de la fermentación ruminal.

Los hidratos de carbono en la biología del rumen

El rumen, como ecosistema, se puede considerar una simbiosis entre las poblaciones de bacterias que habitan en él (simbiontes) y el bovino (huésped). Los hidratos de carbono aportados por los alimentos vegetales –estructurales y no estructurales– representan la base de la alimentación de los rumiantes ya que las poblaciones de bacterias del rumen pueden degradarlos.

Uno de los productos de la fermentación ruminal son los ácidos grasos volátiles (AGV) –ácidos acético, propiónico y butírico– que se absorben directamente a través de las papilas ruminales y son la fuente principal de energía de los animales.

Desde un punto de vista estrictamente químico, la digestión microbiana de los hidratos de carbono es una fermentación: proceso de oxidación anaeróbico para la producción de la energía necesaria para el ciclo biológico de las propias bacterias.

En el ámbito del rumen, entre los hidratos de carbono no estructurales (CNE), los azúcares desempeñan el papel fundamental de motor de arranque. Dado que son solubles en el líquido ruminal, son una fuente de energía inmediatamente disponible para la microflora bacteriana. Por tanto, los azúcares se fermentan rápidamente en el rumen. En la alimentación actual, con sistemas dinámicos, el parámetro de medida de la velocidad de fermentación o degradación ruminal de cada alimento o parte de los mismos es la tasa de degradación (Kd), expresada en un porcentaje por hora de degradación. Para los azúcares simples, suministrados con alimentos líquidos, el Kd \geq 100%/h.

Por el contrario, el almidón tiene una tasa de degradación entre el 8 y el 30% y las fuentes de fibra, en general, se degradan mucho más despacio con una tasa de aproximadamente 5%/h. Cada nutriente debe medirse y compararse para que haya un equilibrio en el ecosistema ruminal, que se mide mediante el pH, como resultado de las concentraciones de AGV y ácido láctico.

Si se conoce el metabolismo ruminal y el contenido de azúcares de los alimentos es posible ajustar la ración de la vaca lechera equilibrando las fermentaciones ruminales para optimizar la producción de AGV.

Los hidratos de carbono en las raciones de los rumiantes

En los rumiantes las necesidades de energía se satisfacen, en gran parte, por los AGV producidos por la digestión microbiana de los hidratos de carbono que aportan los alimentos vegetales. Los hidratos de carbono en la ración de los rumiantes son el 65-75% de la MS de la dieta. Los hidratos de carbono no estructurales (CNE) pueden constituir del 30 al 45% de la MS de la ración, y pueden variar notablemente en función de las materias primas aportadas.

Como sabemos, la parte de CNE en el grano de maíz está formada principalmente por almidón. La parte de CNE de la pulpa de los cítricos o de la pulpa de la remolacha proporciona también pectina y azúcares, mientras que la parte de CNE de la melaza de caña o de la remolacha está formada casi exclusivamente por azúcares simples (monosacáridos y disacáridos).

En las raciones actuales de las vacas lecheras el componente de azúcares es muy importante como motor de arranque de la fermentación ruminal. Se habla comúnmente de un 4-7% de azúcares en la MS de la ración.

De hecho, entre las demás peculiaridades de los azúcares, se ha demostrado que la fermentación ruminal de la sacarosa, glucosa y fructosa favorece la producción de ácido butírico, el sustrato de energía preferencial de las células de las papilas ruminales. El butírico estimula el crecimiento de las papilas ruminales y, junto con el propiónico, aumenta su capacidad de absorción.

Numerosos estudios indican que complementar la ración de la vaca lechera con azúcares simples aumenta el nivel de ingestión de materia seca y la cantidad y la calidad de la leche producida.

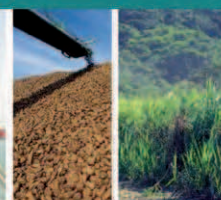
La sustitución del almidón de maíz con las mismas cantidades de sacarosa en forma líquida mejora la digestión de la fibra (FND y FAD), favorece el aumento de la ingestión de materia seca en un 5% (tabla, Broderick y Radloff, 2004) y aumenta la materia grasa en la leche (Firkins et al., 2008).

Varios estudios han demostrado que la sustitución parcial del almidón con azúcares o con alimentos líquidos con un alto contenido en sacarosa no reduce el pH ruminal, que se mantiene estable o tiende a aumentar (Broderick, 2000; Vallimont et al., 2004; Oelker et al., 2009; Penner et al., 2009).

Melaza líquida (% MS en la ración)	0	3	6	9
Azúcares (% MS en la ración)	2,6	4,9	7,4	10
Almidón (% MS en la ración)	31,4	29,1	27,5	26,1
Materia seca ingerida (MSI, kg/d)	25,4	28,0	26,0	26,8
Leche corregida por grasa (FCM, kg/d)	44,7	47,2	44,2	43,8

La función de los azúcares es fundamental para facilitar la fermentación ruminal y aumentar el rendimiento de otros alimentos, en particular de aquellos fibrosos, con un mejor equilibrio del ecosistema ruminal.

ED&F MAN



ED&F Man

made by nature
delivered by man

ED&F

ED & F MAN ESPAÑA Liquid Products

Madrid Tel: + 34 91 448 51 62 - Fax: + 34 91 448 58 62 - comercialmlp@edfman.es - www.edfman.com

Los azúcares en la alimentación de las vacas lecheras (y III)

Irene Trigueros - Licenciada en Veterinaria

Liquid Products - ED&F MAN España

En la naturaleza y en el mercado existen varios alimentos que aportan azúcares, aunque en medidas muy distintas. Los forrajes, ya sean forrajes frescos o heno, pueden contener un porcentaje de azúcares relativamente alto pero muy variable, en función de la especie, época de siega, recogida y modalidad de conservación, etc. El contenido de azúcar soluble es mayor en los forrajes jóvenes y con poca lignina, lo cual beneficia la degradación y la eficiencia ruminal. El heno de gramíneas de buena calidad tiene un gran contenido de azúcares simples, principalmente xilosa y arabinosa. En los ensilados, el contenido de azúcares es muy bajo, es inversamente proporcional a la cantidad que se ha empleado durante el proceso de fermentación y se ha convertido en ácido orgánico. Los demás concentrados empleados normalmente en la alimentación de las vacas lecheras tienen cantidades de azúcares bastante limitadas. Los mayores aportes de azúcares se encuentran en los alimentos líquidos.

Materias primas líquidas: el máximo aporte de azúcares

Entre las materias primas empleadas en las dietas para los bovinos lecheros, las principales fuentes de azúcares simples son todas líquidas: melaza de caña y de remolacha, melaza de cítricos, suero de leche concentrado, siropes de fructosa y glucosa, sirope de maltosa y maltodextrina.

Una materia prima líquida de reciente introducción es la glicerina, probablemente con un efecto en el rumen "similar al azúcar" que, aun siendo químicamente un alcohol y biológicamente una molécula importantísima (ciclo de Krebs), se puede considerar como un azúcar triosa.

Estos productos de la industria agroalimentaria, todos de origen vegetal, son los principales ingredientes de suplementos líquidos de alto contenido en azúcares simples.

Melaza

La melaza es un producto de la industria azucarera y se presenta como un producto líquido, de color marrón y muy viscoso. La sacarosa es el azúcar principal y es lo que representa el valor nutricional de la melaza. Los azúcares totales en la melaza de caña y la remolacha son similares, aproximadamente el 60-70% de la MS.

En la melaza de caña, dependiendo de los procesos industriales, tenemos también un porcentaje de azúcares reductores (glucosa y fructosa) del 25% de los azúcares totales. En la melaza de remolacha el azúcar se compone únicamente de sacarosa con trazas de otros azúcares. El contenido de proteína bruta es más bajo en la melaza de caña, entre el 4-10% de la MS, mientras que en la melaza de remolacha puede ser de hasta el 14% de la MS.

La melaza debe considerarse una buena fuente de minerales: de hecho, contiene aproximadamente el 15% de la MS. Tiene un porcentaje de calcio más alto que los cereales, poco fósforo y un alto contenido de sodio, potasio, magnesio y azufre. Tiene también trazas significativas de minerales como: aluminio, zinc, hierro y manganeso. Las melazas de caña y de remolacha son la base de las fermentaciones industriales para la producción de: levadura de cerveza para la panificación (se produce en todo el mundo a partir de la melaza), alcohol (no sólo de melaza, también de cereales como el bioetanol), aminoácidos (lisina, ácido glutámico, treonina, etc.) y ácido cítrico. El porcentaje de melazas comercializado anualmente por la industria de la fermentación es del 70%. El resto se destina a la alimentación animal, principalmente a la de los rumiantes.

Cítricos y melaza de cítricos

La melaza de cítricos es un subproducto resultante de la extracción del zumo y de las pectinas de los cítricos. Es un líquido viscoso de color marrón claro y de sabor amargo, pero con aroma de cítricos. En las mezclas de melazas, de caña o de remolacha, la melaza de cítricos es el único alimento capaz de realzar su aroma y a la vez el aroma de regaliz típico de la melaza de caña, que los convierte en muy apetitosas para los bovinos. La melaza de cítricos contiene aproximadamente el 50% de los azúcares en la MS y es rica en vitaminas, flavonoides, aceites esenciales y sustancias antioxidantes naturales.

Contenido medio de azúcares en las principales materias primas empleadas en las dietas de los rumiantes y su aporte de azúcares simples en la ración (CDR=cantidad diaria recomendada, azúcares 6% MS).

	% MS	Azúcares (% MS)	Estado físico	Empleo medio por ración (kg)	RDA (%)
Melaza de remolacha	73,0	70	líquido	1 - 1,5	11-22
Melaza de caña	73,0	70	líquido	1 - 1,5	11-22
Melaza de cítricos	50	60	líquido	0,2 - 0,5	4,5-11
Glicerina no refinada (efecto azúcar parecido)	90	80 glicerol	líquido	0,3 - 1,0	17-55
Heno de alfalfa 1º corte	89	2-7	sólido	1,0 - 4,0	3-12
Heno de alfalfa 2º corte	89	2-7	sólido	1,0 - 4,0	3-12
Alfalfa deshidratada	87	3-7	sólido	1,0 - 3,0	7,5-23
Heno de raigrás itálico	88	6-15	sólido	1,0 - 4,0	7-27
Paja de trigo	88	0,1-2	sólido	0,5 - 2,0	0-2,5
Heno de pradera permanente	88	6-12	sólido	1,0 - 6,0	6-34
Silo maíz	33	1-4	sólido	15,0 - 35,0	9,5-21
Silo alfalfa	40	1-8	sólido	3,0 - 8,0	4-10,5
Silo sorgo	30	0-1	sólido	5,0 - 15,0	1-3
Silo raigrás itálico	30	2-10	sólido	3,0 - 8,0	4-11
Bagazo de cerveza	45,6	46	sólido	0,5 - 1,5	8-24
Pulpa de cítrico seca	88,6	27	sólido	0,5 - 1,2	9-21
Soja integral tostada	93,0	14	sólido	0,4 - 1,2	4-12
Soja integral extruida	93,6	14	sólido	0,5 - 1,3	5-13
Pulpa seca de remolacha 40 CNE	91,0	13	sólido	0,7 - 2,0	6-18
Gluten Feed seco	89,7	13	sólido	0,5 - 1,5	4,5-14
Soja integral cruda	90,0	12	sólido	0,3 - 1,0	2-7,5
Soja harina 44% PC	90,0	12	sólido	0,7 - 2,5	5,5-20
Colza, harina de extracción	90,0	11	sólido	0,5 - 1,2	4-9
Pulpa húmeda de remolacha 34 CNE	23,0	10	sólido	3,0 - 6,0	5-10,5
Semillas de algodón integral	92,0	7	sólido	0,8 - 1,5	4-7
Trigo salvado	88,8	5	sólido	0,5 - 1,2	1,5-4
Cebada grano integral	89,9	4	sólido	0,7 - 2,0	2-5
Girasol, harina de extracción	90,0	4	sólido	0,5 - 1,5	1,5-4,5
Maíz, grano	88,0	4	sólido	0,8 - 6,0	2-16

Glicerol o glicerina

Glicerol y glicerina son sinónimos. Químicamente es un alcohol componente estructural de los triglicéridos, fosfolípidos en los que representa el 10%. El glicerol se obtiene de aceites y grasas vegetales mediante procesos de hidrólisis o transesterificación de aceites vegetales durante la producción de biodiesel.

ED&F MAN



ED&F Man

made by nature
delivered by man

ED&F

ED & F MAN ESPAÑA Liquid Products

Madrid Tel: + 34 91 448 51 62 - Fax: + 34 91 448 58 62 - comercialmlp@edfman.es - www.edfman.com