



LOS SILAJES DE MAÍZ Y SORGO COMO FUENTE DE ENERGIA EN LA PRODUCCION DE CARNE: COMPRENDIENDO SU CINETICA DE DIGESTION

Leandro O. Abdelhdi, M.V., M.Sc.

Introducción

La producción carne en el mundo ha evolucionado hacia sistemas en los cuales la búsqueda de eficiencia es el objetivo común. La tierra ha dejado de ser productora de pasto para pasar a ser productora de forrajes y granos que terminan transformados en carne en un comedero.

En los últimos años la suba en el costo de producción en los sistemas intensivos del mundo y la baja en el precio de la carne, de la mano una crisis masiva, hizo que muchos sistemas replanteen su forma de producir en busca de una eficiencia económica (\$ invertidos x \$ de carne logrados), mas que física (kg de alimento consumido x kg de carne). No necesitamos ir muy lejos, basta con mirar los engordes a corral de Argentina en donde un subsidio fue la llave para que el sistema funcione, y si el mismo no hubiese existido muchos planteos hoy no eficientes terminarían como la lechería de California con la crisis mundial.

En la realidad actual, hay diferentes formas de lograr que la ecuación económica para producir carne cierre: 1) producir lo mismo a menor costo y 2) producir más con el mismo costo. Digo actual, porque sobre la base de un crecimiento sostenido de la población mundial no acompañado por la producción de alimentos, llegara el momento en que los alimentos falten y no habrá crisis de turno que evite una suba de precios, que es en definitiva el único plan ganadero que un país necesita para producir enserio y abastecer no solo el mercado local sino también una buena porción del mercado mundial.

En el segundo punto es donde nos concentraremos, o sea en como producir más con el mismo costo, y es aquí en donde la clave pasa por producir **alimentos de la mayor calidad posible** que puedan entregarnos muchos kg de carne por cada kg consumido. Hoy le toca el turno a los silajes, los cuales si bien solo representan una parte de la dieta de los sistemas de producción de carne (tanto aquellos basados en pasto como en los engordes a corral), se han ido transformando en un recurso cada vez más importante por varios motivos:

- Nos dan independencia climática (el silaje esta y solo debemos transformarlo en carne, ya no necesitamos lluvias que hagan crecer pasto). En muchos planteos ya se asume como un seguro, y complementando al pasto estabiliza productivamente al sistema aumentando o disminuyendo su participación en las dietas dependiendo de la oferta forrajera para pastoreo directo.

- Producen volumen de alimento por ha (si analizamos las rotaciones de muchas zonas, la producción que entregan algunas pasturas es inviable frente a la posibilidad de generar tres veces mas alimento/ha a partir de cultivos para silaje). Esto depende mucho del costo de oportunidad de la tierra, y no estoy diciendo que hay que dejar de producir pasto, simplemente digo que para que el pasto sea barato las pasturas deben producir mucho mas de lo que la realidad nos muestra.

- Tienen menor costo comparado con los granos (cuando

cosechamos sólo el grano en caso de maíz o sorgo, nos llevamos entre el 30 y el 50% de la producción de MS/ha del cultivo, lo cual en general duplica el costo de la tonelada de MS en comparación con cosechar la planta entera y ensilarla).

- Permiten no interferir con la agricultura (muchas veces el generar silajes en suelos agrícolas y transformarlos en carne en un rincón del campo, permite seguir en agricultura en los mejores suelos y potenciar los sectores ganaderos en donde el pasto en pastoreo directo es el único recurso posible).

Dado que en Latinoamérica el pasto sigue siendo la base de la producción, debemos aprender a usarlo eficientemente y ello implica repensar los sistemas, ajustando cargas a los meses de mayor oferta forrajera a fin de comernos y transformar en carne el mayor crecimiento que entregan nuestras pasturas, y para sobrellevar exitosamente aquellas estaciones de menor oferta forrajera, el uso de silajes que aporten volumen y calidad a las dietas constituye una alternativa muy interesante.

En la ultima campaña en el mercado Argentino se ensilaron 880000 has totales según fuentes locales (INTA-PRECOP II 2008), de las cuales el 90% (792000 has) fue ensilado por picadoras automotrices y sigue siendo el maíz quien domina la escena de cultivos ensilados (tabla 1).

Tabla 1. Hectáreas por cultivo ensiladas en Argentina.

Cultivo	Hectáreas anuales	Proporción
Maíz	546.000	69 %
Sorgo Granífero	87.000	11 %
Sorgo Forrajero	80.000	10 %
Pasturas, Soja y Cereales inv.	79.000	10 %
TOTAL	792.000	100 %

Según estimaciones realizadas por la Cámara Argentina de Contratistas Forrajeros (CACF), el destino de los cultivos ensilados en la ultima campaña fue: 46% para producción de leche y 54% para producción de carne, lo que muestra claramente el nivel de adopción que la ganadería de carne viene haciendo de esta tecnología, ya que hace menos de 10 años era la lechería quien destinaba la mayor superficie a la producción de silajes. Esto muestra que la agricultura desplaza y concentra la ganadería en menos superficie, y es aquí en donde los silajes cumplen un rol clave en potenciar la producción en cualquier país del mundo en el que nos toque trabajar.

Desarrollo

A continuación desarrollaremos el proceso de ensilaje como un todo, poniendo énfasis en aquellos puntos que deben ser considerados para lograr el mejor resultado. Lo primero es tener claro el rol del silaje en mi sistema productivo, o sea si el mismo será suplemento del pasto, si constituirá la base de la alimentación a corral, si tendrá como destino



una categoría de altos o bajos requerimientos, etc. Bajo estos criterios los pasos a seguir cambian, aunque la realidad es que si logramos volumen y calidad, el recurso puede ser utilizado en un amplio rango de situaciones, mientras que si la calidad es limitante también se limitan las alternativas de uso.

Comprender como usa el silaje un rumiante.

Para ello lo primero que debemos comprender es que el rumen es un ambiente dinámico, en donde los alimentos son degradados por microorganismos en función de su tiempo de permanencia, y en definitiva es la competencia entre tasas de pasaje (kp) y tasas de digestión (kd) lo que determina la magnitud de la degradabilidad o digestibilidad ruminal, y por ende el aporte de nutrientes digestibles que un silaje puede hacer a un animal.

Si partimos de la base que los silajes picados finos (<15mm) en general tienen tasas de pasaje que están en el rango de 4 a 5%/h (Vogel et. al, 1989), podemos decir que la clave pasa por buscar una composición nutricional de silajes que nos permita usar la mayor cantidad de nutrientes en un tiempo de permanencia en rumen de 20 a 25 hs.

En este sentido todo lo que sea soluble (carbohidratos solubles, almidón, proteínas solubles, etc) podrá ser más utilizado que lo fibroso en las primeras horas de permanencia en rumen, por lo cual todos aquellos aspectos que mejoren la concentración y disponibilidad de nutrientes solubles son de especial importancia a la hora de producir el silaje que mayor aporte energético pueda hacer a un rumiante. Para ejemplificar este concepto, se presenta la figura 1, en donde se muestra la degradabilidad ruminal de dos silajes que varían en su relación grano: planta.

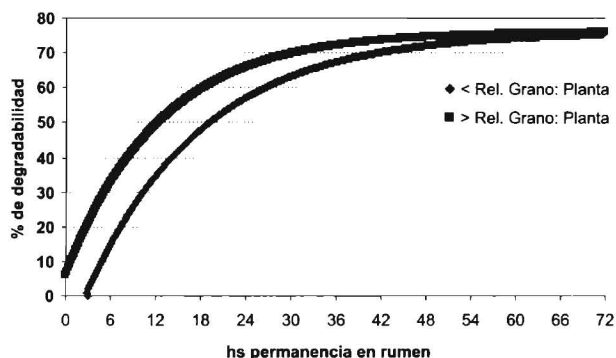


Figura 1. Degradabilidad ruminal de dos tipos de silaje en función de su relación grano: planta (tomado de Abdelhadi 2009, NP).

Algo muy importante para terminar de comprender este concepto, se desprende de analizar la figura 1. Si nos paramos en 72 hs de permanencia en rumen (que es la información que los laboratorios utilizan como norma para el cálculo de digestibilidad y concentración energética de un silaje), lo que podemos ver es que la degradabilidad ruminal de ambos materiales es similar (75,2 vs 75,9%, para la menor o mayor relación grano: planta, respectivamente). Si aplicamos el factor de uso de energías por un rumiante para llegar al aporte en Mcal/kgMS que pueden realizar ambos silajes (energía bruta del alimento menos 18% de pérdidas por gases y orina), la conclusión

es que ambos aportarían 2,7 Mcal/kgMS.

Ahora si nos paramos en la realidad, sabemos que dicho silaje picado fino, debido al pasaje de alimentos desde el rumen estará en promedio expuesto a la digestión entre 20 y 25 hs, por lo cual si miramos la figura 1, entre las horas 20 y 25 vemos que las curvas se separan y extrapolando dicha separación al eje Y, vemos que la diferencia en degradabilidad entre ambos materiales es de 11 puntos a la hora 20 (50,9 vs 61,9%) y de 8,8 puntos a la hora 25 (57,8 vs 66,6%). Esto significa que el aporte energético que puede hacer un material con mayor relación grano: planta en 20 o 25 hs de permanencia en rumen supera en 0,39 o 0,32 Mcal/kgMS, al aporte que puede hacer un material con menos grano y más fibra.

De aquí se desprende que si utilizamos información generada a 72 hs de incubación ruminal para considerar el aporte energético de un silaje, estaremos sobre-estimando el aporte real de energía en la medida que dicho material tenga menos nutrientes solubles y más nutrientes fibrosos, ya que esas degradabilidades o digestibilidades potenciales nunca se alcanzarán porque existe algo que se conoce como tasa de pasaje.

Aspectos a considerar para maximizar la degradabilidad de silajes de maíz y sorgo.

Tipo de híbridos

Maíz. A pesar de los grandes avances en tecnología de híbridos que se han sucedido en los últimos 12 años, desde que ingresamos en 1996 en lo que llamamos la era Biotecnológica, en general seguimos viendo que los genotipos con mejor relación grano: planta son aquellos que mejores respuestas en producción generan. Esto se debe a que la fracción tallo: hojas (conocida mundialmente como stover) en general no tiene suficiente tiempo de permanencia en rumen para ser digerida y termina paseándose y apareciendo en materia fecal. Si bien en el mundo algunas empresas están trabajando en mejorar el stover (ej. incorporando características como BMR, Leafy, o incluso incorporando a materiales templados genética tropical para aumentar su Stay Green), la información publicada mundialmente muestra que habría alguna ventaja a favor de las fibras más digestibles (Owens 2005), aunque la mayor producción por hectárea de los híbridos tradicionales (alto nivel de almidón), sumado al limitado tiempo de exposición a la digestión ruminal que tienen los silajes, limitan esas diferencias. No obstante, de la mano de la investigación todo lo que hagamos por mejorar el aprovechamiento del stover, partiendo de la base de materiales de alta relación grano: planta, nos permitirá mejorar en aporte de nutrientes y por ende en producción de carne.

Sorgo. Si bien 700 años AC ya se encontraron las primeras referencias al cultivo en Ruinas Asirias, se piensa que el origen del cultivo es África, aunque como cultivo doméstico ingreso a Europa en el año 60 DC. No obstante la antigüedad del mismo, en comparación con el maíz su avance tecnológico quedó relegado en el tiempo.

En cuanto a la calidad del silaje, se considera que en similares condiciones de crecimiento, el sorgo granífero tiene un 80 al 85% de la DIVMS, un contenido de azúcares totales superior y una concentración de almidón y proteína

bruta menor, respecto del maíz (McDonald y col., 1991). La realidad es que en condiciones de campo, y dada su rusticidad, la relación grano: planta que se logra es mejor a la del maíz y ello conlleva a mejorar sustancialmente el valor nutritivo del silaje, ya que la digestibilidad mejora linealmente con el incremento en el contenido de grano (Young y col., 1996). Según otros autores, la calidad que alcance un silaje de sorgo granífero dependerá básicamente de la digestibilidad aparente del grano, el cual al quedar entero puede escapar a la digestión hasta en un 22% (Kaiser y Piltz, no publicado; citado en Havilah y Kaiser, 1992).

Madurez del cultivo y % de materia seca (MS)

Maíz. Aquí es donde se genera un gran conflicto y estrés, tanto para el contratista como para el productor. Creo que a este momento hay que dedicarle tiempo y para ello hay que conocer 2 cuestiones básicas:

1) ½ a 2/3 de línea de leche es el rango en el cual debemos ensilar la mayor parte de los materiales de alta relación grano: planta que tenemos disponibles; ya que hasta ese punto la pérdida de calidad de planta por avance en la madurez es compensada por el almidón que se acumula en el grano (y es lo que debemos priorizar por sobre la fibra si queremos nutrientes realmente digestibles) (Figura 2).

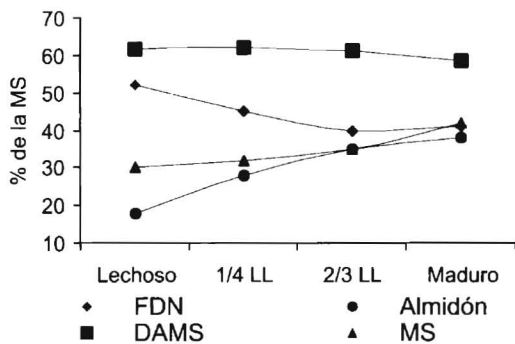


Figura 2. Variación en la calidad nutritiva de silajes de maíz en función del estado de madurez (adaptado de Bal y col., 1997). Referencias: FDN= fibra detergente neutro, MS= materia seca, DAMS= digestibilidad aparente de la MS.

2) cuando no hay limitantes para que el llenado de granos se produzca, el rendimiento en MS/ha en maíz aumenta aprox. un 30% por pasar de grano lechoso a ½ línea de leche y un 9% más por pasar de ½ línea de leche a grano maduro. Esto nos dice que anticipar el momento de ensilado picando por ejemplo en grano lechoso, solo sirve para resignar rendimiento en MS/ha (y subir el costo de cada kg de silaje producido), ya que como se comentó anteriormente hasta 2/3 de línea de leche la calidad de la planta entera permanece sin cambios si la comparamos con la calidad en grano lechoso (Figura 3).

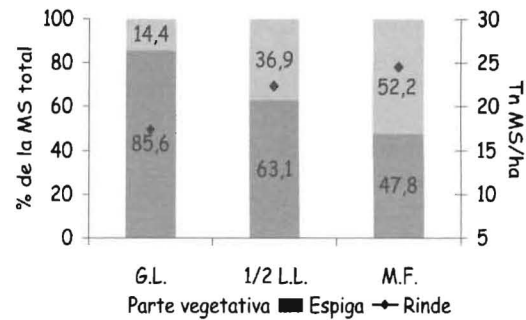


Figura 3. Producción y composición de maíz para silaje en 3 estados de madurez, en condiciones no limitantes (Ferrero, 2000).

Sorgo. En general, con el avance de la madurez la calidad de toda especie forrajera empeora, debido al incremento en el contenido de pared celular y a la caída en la DIVMS. A igual estado fenológico, la calidad de la planta de sorgo granífero (sin considerar el grano) es inferior a la del maíz, ya que presenta una fibra de menor digestibilidad. Por ello, el rol del almidón (grano) en mejorar la calidad del material a ensilar juega un papel fundamental. A continuación se presenta gráficamente como varía dicha calidad en función del estadio fenológico del cultivo, para sorgo granífero (Figura 4).

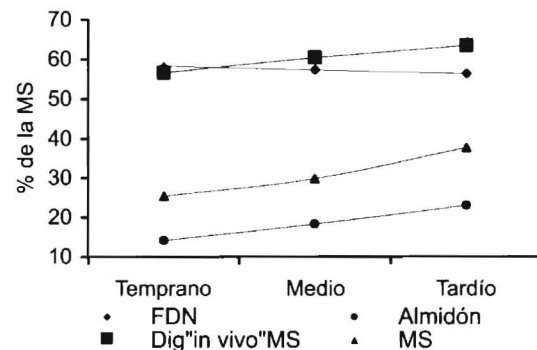


Figura 4. Evolución de la calidad nutritiva del sorgo granífero con el avance en el estadio de madurez (adaptado de Bragachini y col., 1997). Referencias: FDN= fibra detergente neutro, MS= materia seca, Dig. "in vivo" MS= digestibilidad in vivo de la MS.

Como se observa en la figura 4, con el avance de la madurez del cultivo, el contenido de fibra disminuye incrementándose el contenido de almidón, de MS y la digestibilidad in vivo de la MS (también es aplicable a la DIVMS, debido a la alta correlación existente entre ambas variables; De Boever, 1994). A igual digestibilidad, podríamos tener silajes de maíz (SM) con escaso contenido de almidón pero fibra altamente digestible o SM con alto contenido de almidón pero fibra de baja calidad. En el caso particular del sorgo granífero esto no ocurre, ya que la fibra es de muy baja calidad, por lo cual el contenido de grano es un factor muy importante a tener en cuenta. Este es el motivo por el cual hay que trabajar en el ensilado a partir de grano pastoso. Dentro de lo que es sorgo y estado de madurez, hay un tema conflictivo en cuanto a la digestibilidad o aporte de nutrientes que puede hacer un silaje que es el contenido



de taninos. Es bien sabido que con el avance de la madurez, el contenido de taninos en el grano disminuye, mientras se incrementa en la planta completa (tabla 2).

Tabla 2. Concentración media de taninos (% de la MS) en los diferentes estados de madurez de sorgos graníferos (tomado de Montgomery y col., 1986).

Tipo de híbrido	Grano			Planta completa	
	Lechoso	Pastoso	Maduro	Floración	Madurez
Alto tanino	12,5	8,29	5,75	0,92	3,06
Bajo tanino	0,56	0,32	0,31	0,79	1,11

Si bien los efectos negativos de taninos en rumiantes son bien conocidos (Van Soest, 1994), la realidad es que cuando el nivel de humedad de un material a ensilar supera el 26% (Owens, F. 2009, comunicación personal), los taninos condensados de sorgo en materiales de alto tanino se reducen en su concentración a niveles comparables con aquellos naturalmente encontrados en materiales en los cuales el nivel de taninos es bajo (tabla 3).

Tabla 3. Efecto del ensilado sobre la concentración de tanino y la DIVMS de los diferentes componentes de la planta de sorgo granífero, para híbridos con alto y bajo % de tanino.*

Híbrido	Tratamiento	Grano		Hojas		Tallo	
		% tanino	DIVMS	% tanino	DIVMS	% tanino	DIVMS
Alto	No-ensilado	10,5	50	6,6	54	6,8	38
	Ensilado	4,0	66	6,5	43	5,1	37
Bajo	No-ensilado	4,2	65	6,4	55	7,6	37
	Ensilado	4,0	70	6,1	45	4,8	43

Referencias: DIVMS= digestibilidad in vitro de la materia seca. *Tomado de Cummins (1971).

Esto explica el porque cuando se ha evaluado el efecto de los taninos sobre la digestibilidad y consumo de silajes de sorgo, no se ha encontrado ningún efecto negativo (Carneiro y col., 2004). Más aun, si nos centramos en el concepto de cinética de digestión, un trabajo reciente nos muestra que los taninos no influyen sobre los parámetros relacionados a la cinética de digestión de la MS de silajes de planta entera de sorgos graníferos (Figura 5).

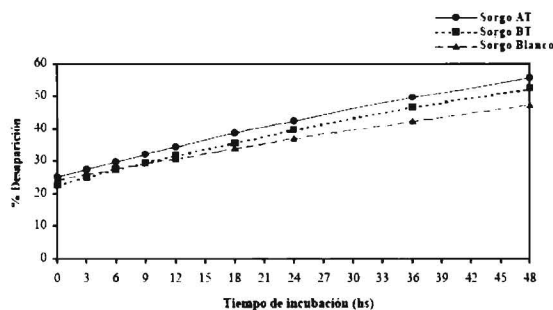


Figura 5. Desaparición ruminal de la MS de silajes de sorgo graníferos (AT= alto tanino, BT = bajo tanino y blanco). Salado y col. (2007).

Conclusión, si de granos húmedos o silajes de sorgo se trata, los taninos no interfieren en absoluto con el aporte energético que puede hacer el sorgo, ya que debido al proceso de fermentación se reducen (siempre que el nivel

de humedad al ensilar sea >26%). No utilizar materiales de alto tanino en zonas de riesgo solo serviría para perder rendimiento en grano por parte de aves, y ello es un lujo que no nos podemos dar, en especial sabiendo que la relación grano: planta es un factor clave a la hora de producir un silaje que aporte la máxima cantidad de nutrientes en el tiempo en que estará expuesto a la digestión ruminal.

Altura de corte

Esta tecnología esta pensada para maíces y sorgos graníferos básicamente, en donde el objetivo de alejarnos del suelo seria aumentar la relación grano: planta y el % digestibilidad y MS del silaje. La información mundial coincide en que quien debe definir la altura de corte es el tipo de dieta, o mas bien el rol que el silaje cumplirá en una dieta en particular. En nuestras condiciones sabemos que la altura de corte tradicional para no afectar la eficiencia de trabajo de la maquinaria en los típicos suelos ganaderos desparejos, ronda los 20 cm desde el suelo. La información Argentina para maíces (Romero y col, 1997; Abdelhadi, 2005) muestra que pasando de 20 a 40 cm desde el suelo, se afectaría el rendimiento en MS/ha (-8%) pero debido a que en el campo queda la fracción menos digestible del cultivo (parte inferior del tallo), la digestibilidad de lo que nos llevamos es mayor (+3,3%) y con ello la capacidad de producir carne con el material que ensilamos no se afectaría demasiado (-6% de MS digestible).

No obstante, dependiendo del rol que el silaje tendrá en la dieta o de la categoría a alimentar, puede no tener sentido sacrificar ese rendimiento potencial de MS digestible (y transformarlo en carne), o quizás si convenga hacerlo y de paso realizar un aporte de nutrientes al suelo (MO, K) que genere un ahorro de fertilizante en el cultivo sucesor.

En el caso del sorgo vale el mismo concepto, con la diferencia que la calidad de la parte inferior de la planta es aun menor que en maíz, con lo cual aumentar la relación grano: planta aumentando la altura de corte seria recomendable, si necesitamos alimentar animales de alta producción.

Por ultimo, si bien para el productor es mas importante llevarse MS digestible que materia verde con agua al silo, al contratista levantar la altura de corte le implica dejar kg en el campo que podría picarlos y cobrar por ello. Lo importante es saber que levantar la altura de corte tiene 2 beneficios para el contratista (aumenta la eficiencia del trabajo y reduce el desgaste del sistema de corte de la maquina; ya que esa parte inferior de la planta es la que mas tierra tiene adherida); y uno para el productor que lo necesite hacer (maximizar las producción individual por kgMS de silaje consumido).

Recordemos además que ante una crisis climática (sequía), la planta de maíz no logra buen contenido de granos y encima concentra nitratos en la parte inferior, por lo cual la altura de corte es una herramienta a tener en cuenta.

Procesamiento de granos

El procesamiento de granos esta aceptado como una técnica para mejorar la calidad del silaje, a partir de una mayor exposición del almidón a la digestión ruminal (o sea reducimos el tiempo necesario para que los

microorganismos empiecen a degradarlo). Si bien mundialmente hay publicaciones que hablan acerca de la posibilidad de procesar en el momento de llenar el silo o previo a su utilización, en la mayoría de los casos el procesamiento se realiza durante la cosecha con un dispositivo llamado "grain cracker", el cual es específico para maíz o para sorgo.

La regla para un adecuado procesamiento en maíz sería que el 90% del grano este dañado y el trozo más grande de marlo debería ser $\frac{1}{4}$ de la rodaja. Si esto no sucede el resultado es doble: 1) presencia de rodajas de marlo en el comedero y 2) presencia de grano sin digerir en materia fecal.

Al comenzar este resumen hable de la importancia de trabajar con materiales de alta relación grano: planta, por lo cual si ese grano extra que buscamos no se hace disponible a partir del procesamiento, el animal será incapaz de extraer esa energía diferencial y la conclusión errónea será que un material con más grano da la misma carne que el otro (con menor relación grano: planta).

Recordemos algunos puntos de importancia:

- Este dispositivo cuenta con 2 rodillos dentados que trabajan a una velocidad diferencial y uno lo que hace es reducir la luz, por lo cual el uso desgasta y genera más luz entre rodillos que la adecuada (se vencen los resortes). O sea no porque este puesto, significa que este haciendo el trabajo que necesitamos.

- En caso de granos pequeños, en especial en sorgo, el uso de rodillos con mayor número de dientes (125) que se pueden acercar a una distancia de 1 mm y trabajen a una mayor velocidad diferencial respecto de la empleada para maíz por ejemplo, sería la única forma de lograr un procesamiento adecuado.

En experiencias en Argentina se demostró que procesando el 85% del grano en un silaje de sorgo, podemos lograr la misma respuesta en producción a la obtenida con silaje de maíz (Abdelhadi y Santini, 2006).

- Usar estos dispositivos implica pasar toda la masa del material por esa luz entre rodillos, por lo cual no hay forma de evitar la baja en la eficiencia de trabajo y el mayor consumo de combustible; pero si queremos asegurar un adecuado resultado es preferible contemplar ese 15% extra en el precio que cobra el contratista y no dejar de procesar el material porque el resultado no será el adecuado.

- En la medida que un material este más seco, mayor será la necesidad de procesarlo, ya que un grano procesado se humecta en menos tiempo que un grano entero y con ello se acelera el inicio de la digestión ruminal. Además cuanto más grande es el animal, mayor es el pasaje de alimentos desde el rumen y por ende menos tiempo de exposición tendremos para lograr una adecuada digestión, con lo cual más importante es el procesamiento cuando mayor es el peso del animal.

Fermentación y su control

Es bien sabido que hay dos características intrínsecas en los forrajes que determinan su aptitud para ser ensilados, ellas son: la capacidad buffer (CB = resistencia que ofrece una especie a la acidificación), y el contenido de hidratos de carbono solubles (CHS). En función de la relación entre

estas dos variables surge cual debe ser el nivel de materia seca mínimo que una especie forrajera necesita para lograr un silaje anaeróbicamente estable (Figura 6).

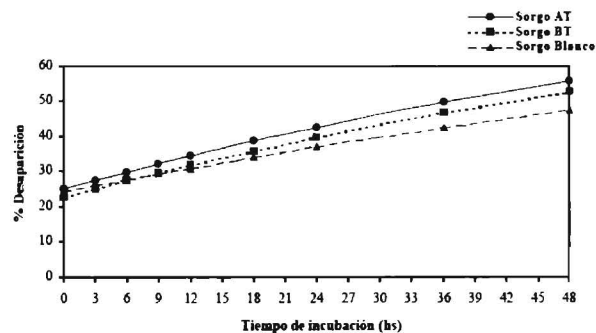


Figura 6. Relación entre el porcentaje de materia seca mínimo y la relación CHS/CB, para lograr un silaje anaeróbicamente estable en diferentes especies (adaptado de Weissbach, 1996).

Especies como el maíz y el sorgo se caracterizan por tener una alta relación CHS/CB, lo cual las transforma en fácilmente ensilables por más bajo que sea el nivel de MS al momento del picado.

Esto ha hecho que durante años productores y técnicos no hayan evaluado la necesidad de controlar el proceso de la mano del uso de aditivos en especies como estas, que naturalmente se terminan estabilizando, mientras que en otras especies con características opuestas (baja relación CHS/CB), como las leguminosas, se ha asociado el uso de aditivos con el logro de un silaje estable y la información publicada ha avalado este concepto.

En contraste con esto, los trabajos publicados en relación al uso de inoculantes en maíces y sorgos, han arrojado resultados inconsistentes en especial cuando la metodología experimental utilizada se ha basado en el uso de microsilos (ambiente sumamente controlado). A partir de año 2004, en conjunto con diferentes empresas del sector y la cámara Argentina de contratistas forrajeros (CACF) iniciamos una nueva etapa de investigación local en el uso de inoculantes bacterianos, pero utilizando la metodología del silo bolsa como dispositivo experimental, en un intento por lograr una mejor representación de la realidad del productor. A partir de allí hemos generado y publicado resultados consistentes que justifican el control de la fermentación mediante inoculantes, dados sus efectos positivos en lograr silajes de mayor calidad, tanto en cultivos fácilmente ensilables como maíces y sorgos, como en aquellos más complicados como leguminosas o en combinaciones de ambos (Tablas 4, 5 y 6).

En definitiva lo que hacemos al controlar la fermentación de un silaje, es consumir menos nutrientes hasta bajar el pH y estabilizar el silo, y ello se traduce en silos que en menos tiempo de permanencia en rumen tendrán más chances de ser digeridos, o sea en silos más digestibles o degradables.



Tabla 4. Efecto del híbrido, la altura de corte y la inoculación sobre la calidad nutritiva, fermentativa y la cinética de digestión de silajes de maíz (Abdelhadi y Tricarico, 2007 a).

Item	Híbrido ¹		Altura ²		Inoculación ³		CV (%)	EEDM
	Granífero	Forrajero	20 cm	40 cm	Control	Sil-All		
MS, %	33,56 a	29,05 b	30,65	31,96	31,35	31,25	6,88	0,88
<i>Calidad nutritiva (en % de la MS)</i>								
MO	94,59	94,25	94,05	94,79	94,21	94,63	1,50	0,58
FDN	40,70 b	43,63 a	42,95	41,37	42,95	41,38	6,90	1,19
PB	7,86	8,29	8,00	8,15	7,43 b	8,73 a	11,03	0,36
PV, %PB	57,83 a	50,78 b	54,13	54,49	52,71 b	55,91 a	3,35	0,75
CHS	11,50 a	7,86 b	10,18	9,18	9,54	9,82	25,17	0,99
Almidón	27,44 a	19,28 b	23,84	22,88	22,38	24,34	23,65	2,26
EE	2,63	2,42	2,52	2,53	2,58	2,48	32,05	0,33
<i>Calidad fermentativa</i>								
pH	3,83 a	3,80 b	3,81	3,82	3,81	3,82	0,35	0,05
N-NH ₃ , %NT	3,84 b	4,48 a	4,20	4,13	4,23	4,10	14,24	0,24
<i>Cinética de digestión</i>								
FD, %	68,72	67,18	67,41	68,48	66,11 b	69,78 a	4,94	1,37
kd, 100/h ⁻¹	4,94 a	4,69 b	4,81	4,82	4,86	4,79	3,91	0,76

1 Granífero = DK682RR vs. Forrajero = DK790S (Dekalb); 2 20 vs. 40 cm desde el suelo, 3 Control vs. inoculado con 5 g/tonMV Sil-All (Alltech Inc., Nicholasville, KY). a b Dentro de filas medias seguidas de letras distintas difieren (P<0,05). n = 12.

Referencias: MS= materia seca, MO= materia orgánica, FDN= fibra detergente neutro, PB= proteína bruta, PV= proteína verdadera, CHS= carbohidratos solubles, EE= extracto etéreo, N-NH₃= nitrógeno amoniacal, FD= fracción digestible de MO, kd= tasa de digestión de MO, CV= coef. de variación, EEDM = error estándar de la diferencia entre medias.

Tabla 5. Efecto del cultivo puro o combinado y la inoculación sobre la calidad nutritiva, fermentativa y la cinética de digestión de silajes de maíz y soja (Abdelhadi y Tricarico, 2007 b).

Item	Cultivo ¹			EEDM	Inoculación ²		EEDM
	Maíz	Maíz/Soja	Soja		Control	Sil-All	
MS	44,52 a	42,65 b	34,98 c	2,26	41,36	40,08	1,85
<i>Calidad nutritiva (en % de la MS)</i>							
MO	93,78 b	94,10 a	94,43 c	0,55	93,10	93,78	0,45
FDN	38,18	36,67	38,30	2,32	39,39 t	36,04 t	1,90
PB	7,82 c	12,47 b	18,98 a	2,32	11,81	14,37	1,89
PV, %PB	59,13 b	61,72 a	51,52 c	2,75	54,42 b	60,49 a	2,25
CHS	9,48 a	8,13 b	4,2 c	1,13	6,08 b	8,47 a	0,92
Almidón	27,9 b	21,17 a	6,22 c	4,53	14,80 t	22,06 t	3,70
EE	3,82 c	4,03 b	6,50 a	0,96	5,12	4,44	0,78
<i>Calidad fermentativa</i>							
pH	3,9 a	4,17 b	4,84 a	0,18	4,39	4,22	0,15
N-NH ₃ , %NT	4,23	5,98	8,15	2,17	7,16	5,09	1,77
<i>Cinética de digestión</i>							
FD, %	72,50 a	65,68 a	53,68 b	2,97	61,24 b	66,67 a	2,43
kd, 100/h ⁻¹	5,13 a	5,37 ab	5,93 c	2,5x10 ³	5,56	5,54	0,21

1 Sólo maíz DK682RR (Dekalb), 50% maíz y 50% soja ensiladas en conjunto, Sólo soja DM 4800 (Don Mario), 2 Control vs. inoculado con 7,5 g/tonMV Sil-All (Alltech Inc., Nicholasville, KY). a b Dentro de filas medias seguidas de letras distintas, difieren; o t= tienden a diferir (P<0,05). n = 6 (cultivo) y 9 (inoculación).

Referencias: MS= materia seca, MO= materia orgánica, FDN= fibra detergente neutro, PB= proteína bruta, PV= proteína verdadera, CHS= carbohidratos solubles, EE= extracto etéreo, N-NH₃= nitrógeno amoniacal, FD= fracción digestible de MO, kd= tasa de digestión de MO, EEDM = error estándar de la diferencia entre medias.

Resumiendo los resultados presentados en las tablas 4, 5 y 6; el uso de inoculantes bacterianos permitió mejorar la fracción degradable de la materia orgánica (lo que es lo mismo que decir la digestibilidad) en 4,5 puntos en promedio, lo cual se explica por los efectos positivos de la inoculación en mejorar la disponibilidad final de nutrientes solubles como proteína, carbohidratos solubles y almidón.

Extracción y suministro

Aquí es donde finaliza este largo proceso y lamentablemente es uno de los puntos más descuidados, independientemente de cuán bien hallamos hecho todo hasta este momento. Uno de los principales problemas es que el productor piensa que sus operarios conocen del tema y por otro lado el contratista termina su trabajo, cobro y ya está planeando la próxima campaña.

Tabla 6. Efecto del sitio agroecológico (UEDAP) y la inoculación sobre la calidad nutritiva, fermentativa y la cinética de digestión de combinaciones 1 de maíz y soja para silaje (Abdelhadi y Tricarico, 2007 c).

Item	UEDAP					Inoculación		CME	CV (%)
	Castelli	Jesús María	Pehuajó	Río Cuarto	Tucumán	Control	Sil-All ²		
n	8	4	8	6	4	16	14		
MS	41,04 b	32,83 bc	53,86 a	35,75 b	26,9 c	37,87	38,29	30,89	14,60
<i>Calidad nutritiva (en % de la MS)</i>									
MO	93,51	93,90	93,60	93,80	9,75	93,67	93,76	1,02	1,08
FDN	42,01 b	47,35 a	40,16 cd	37,75 d	44,93 ab	42,64	42,27	3,38	4,33
FDA	29,60 b	34,48 a	28,05 b	25,15 c	34,48 a	30,35	30,35	2,48	5,19
PB	9,00 b	10,35 a	9,79 ab	9,25 ab	8,8 b	9,06 b	9,82 a	0,37	6,43
PV, %PB	55,56 a	49,35 b	46,04 bc	47,56 bc	43,20 c	46,96 b	49,73 a	6,71	5,36
Almidón	22,13 ab	10,38 c	20,46 b	18,11 b	9,75 c	15,11 b	17,23 a	2,40	9,58
<i>Calidad fermentativa</i>									
pH	4,58 a	3,99 b	3,94 b	3,85 c	3,69 d	4,02	4,00	0,00	1,41
<i>Cinética de digestión</i>									
FD, %	70,29 ab	64,68 c	68,80 bc	73,21 a	68,25 bc	66,74 b	71,35 a	6,32	3,64
kd, 100/h ⁻¹	4,5 c	5,25 abc	6,04 a	5,54 ab	5,20 bc	5,21	5,41	0,02	8,24

1 Maíz DK684RR2 (Dekalb) combinado con sojas grupo 5,5 en adelante, ensilado durante 60 días en cada sitio agroecológico. 2 7,5 g/tonMV (Alltech Inc., Nicholasville, KY). abcd Dentro de filas medias seguidas de letras distintas, difieren (P<0,05).

Referencias: MS= materia seca, MO= materia orgánica, FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente ácido, PB= proteína bruta, PV= proteína verdadera, FD= fracción digestible de MO, kd= tasa de digestión de MO, CME = cuadrado medio del error, n = número de observaciones por tratamiento.

Cuando abrimos un silo el principal enemigo vuelve a tomar contacto con el material, el oxígeno (O₂). Debido a ello el consumo de nutrientes por parte de microorganismos aeróbicos (primero levaduras y luego hongos) comienza nuevamente y todo aquello que tanto nos costo conservar se comienza a perder. En definitiva, si perdemos nutrientes en general serán los solubles, con lo cual lo que llegara al animal será un silo que necesite mas tiempo de permanencia en rumen para ser aprovechado, o sea un silo menos degradable o digestible. Para ilustrar este concepto se presenta la tabla 7, con el resultado de un monitoreo de extracción de silajes realizado en 10 partidas de la provincia de Buenos Aires.

Si tomamos a la digestibilidad como el parámetro que engloba al resto de las variables utilizadas para describir la calidad del silaje, los hallazgos muestran claramente como en la medida que nos vamos de la profundidad del silo hacia el comedero (mayor exposición al aire), la digestibilidad disminuye (P=0,07), independientemente del tipo de silo (búnker o bolsa) confeccionado.

Si bien en el resto de las variables que explicarían los

hallazgos en digestibilidad se ven comportamientos lógicos (menos almidón y CHS en la medida que avanzamos hacia el comedero, y más FDN), el análisis realizado no nos permite detectar estas diferencias estadísticamente. Para el caso de FDN se detecta un efecto del tipo de silaje (P=0,02) sobre el contenido de fibra, lo cual tendría mas que ver con el tipo de híbridos ensilados, y no tiene relevancia alguna para el presente trabajo. Finalmente se encontró una interacción entre sitio de muestreo y tipo de silo para pH (P<0,01), mostrando que en la medida que avanzamos de la profundidad hacia el comedero, el pH aumenta en general (P=0,08), y la magnitud de ese incremento tiende a ser mayor en búnkeres que en bolsas. El pH es un indicador de la conservación alcanzada y de la estabilidad anaeróbica del material. Cuando exponemos el silaje al aire se modifica (aumenta), debido al consumo de ácido láctico por parte de levaduras que son las primeras en generar cambios en presencia de O₂, y uno debería pensar que los menores pH encontrados en bolsas en comparación con búnkeres se deben a que las remociones diarias fueron mayores en la medida que la cara expuesta fue menor, y por ende fue menor la oxigenación del material.

Tabla 7. Efecto del sitio de muestreo y el tipo de silo sobre la calidad nutritiva de silajes de maíz (Abdelhadi y col., 2010).

Variable	Sitio de muestreo (n=12)				Tipo de silo (n=18)		
	Profundidad	Superficie	Comedero	SE	Búnker	Bolsa	SE
MS, %	31.9	30.7	32.3	2.32	33.1	30.1	1.89
% base materia seca							
MO	93.5	93.1	92.5	0.66	92.7	93.4	0.54
FDN	44.2	46.6	48.2	2.21	48.4a	44.3b	1.81
CHS	6.7	5.6	5.6	0.86	5.8	6.1	0.70
PB	5.9	5.9	6.2	0.41	5.9	6.2	0.34
Almidón	16.9	13.2	13.5	3.51	15.0	14.0	2.87
DIVMS	70.9a	68.4b	67.5c	1.49	69.5	68.5	1.21
pH	3.88b	3.87b	4.03a	0.08	3.98	3.88	0.06

abc Medias dentro de fila difieren (P<0,09). Referencias: MS = materia seca, MO = materia orgánica, CHS = carbohidratos solubles, FDN = fibra detergente neutro, PB = proteína bruta, DIVMS = digestibilidad *in vitro* de la MS, SE = Error estándar (dif. de 2 medias).



La solución es simplemente un manejo que nos asegure que el silo que llega al comedero es el mismo que se estabilizo anaeróbicamente, y no un material expuesto al deterioro aeróbico, para lo cual simplemente lo que debemos hacer es ajustar el tamaño de la cara expuesta con la tasa de extracción, independientemente del sistema de suministro utilizado.

Conclusión

Sin dudas los silajes han llegado a los planteos ganaderos para quedarse, tanto en los más tecnificados como en aquellos tan simples pero productivos como los que utilizan al autoconsumo como herramienta de extracción.

Si de silajes que aporten nutrientes se trata, no hay dudas que lo que nos interesa es el nivel de nutrientes solubles que llega en al comedero, y para ello los factores clave a considerar tanto en sorgo como en maíz pasan por una alta relación grano: planta, un procesamiento adecuado de dicho grano, una fermentación controlada que evite la pérdida de nutrientes de calidad y una extracción planificada que permita llegar con todo ello al comedero.

En definitiva si partimos de la base que el aporte energético que un silaje será el resultado de la puja entre pasaje y digestión, con tiempos de permanencia en rumen menores a los necesarios para pensar en digestibilidades potenciales, solo aquellos materiales que reúnan las características anteriormente enunciadas serán los que realmente aporten nutrientes al animal y nos permitan obtener los índices productivos buscados.

Referencias

Abdelhadi L.O. 2005. El silaje de maíz como soporte de la ganadería Argentina. Revista técnica de AAPRESID (Maíz en siembra directa). Vol. Agosto, p119-126.

Abdelhadi L. O. y F. J. Santini. 2006. Corn silage vs. grain sorghum silage as a supplement to growing steers grazing high quality pastures: Effects on performance and ruminal fermentation. *Animal Feed Science & Technology*, 127 (1-2): 33-43.

Abdelhadi L. O. y J. M. Tricarico. 2007 c. Effects of a bacterial inoculant on fermentation, nutritive quality and degradability of combined corn-soybean silages in different geographical regions across Argentina. *J. Anim. Sci.* Vol.85 (Suppl.1): 344.

Abdelhadi L. O. y J. M. Tricarico. 2007 a. Effects of cutting height and bacterial inoculation on fermentation, nutritive quality and degradability of two corn hybrids. *J. Anim. Sci.* Vol.85 (Suppl.1): 346.

Abdelhadi L. O. y J. M. Tricarico. 2007 b. Effects of a bacterial inoculant on fermentation, nutritive quality and degradability of corn, soybean and combined corn-soybean silages. *J. Anim. Sci.* Vol.85 (Suppl.1): 344.

Abdelhadi L.O., C.A. Malaspina, W.R. Barneix, P.A. Saravia and C. de Elia. 2010. The effect of management on corn silage quality. *J. Anim. Sci.* Suppl.1: In press.

Bal M.A., J.G. Coors y R.D. Shaver. 1997. Impact of maturity of corn for use as silage in diets of dairy cows on intake, digestión and milk production. *J. Dairy Sci.* 80: 2497-2503.

Bragachini M., P. Cattani, E. Ramirez y S. Ruiz. 1997.

Silaje de maíz y sorgo granífero. Cuad. Act. Tec. N°2. INTA EEA Rafaela. pp. 122.

Carneiro P., B. Arcuri, J.A. Rodrigues, F.S. Sobrinho, S.S. Brum and M. Villaquiran. 2004. Evaluation of ensiled sorghums with and without condensed tannins as feeds for ruminants. *J Anim. Sci.* Vol. 82, Suppl. 1. p.39.

Cummins, D.G. 1971. Relationships between tannin content and forage digestibility in sorghum. *Agronomy Journal*, 63: 500-502.

De Boever J.L., B.G. Cottyn, D.L. De Brabander, J.M. Vanacker y Ch.V. Boucqué. 1997. Prediction of feeding value of maize silages by chemical parameters, "in vitro" digestibility and NIRS. *Animal Feed Science and Technology*, 66: 211.

Ferrero J. 2000. Calidad de la planta y del silaje de maíz cosechados a diferentes estados de madurez. Tesis M.Sc., Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. Balcarce. 113 p.

Havilah E.J. y A.G. Kaiser. 1992. Sorghums for silage: a review. AIAS-Occasional publication. Paper presented at the second Australian sorghum conference, Gatton, Queensland, Australia, 4-6 February. N°68, vol.2, 338-354; 38 ref.

INTA-PRECOP II. 2008. Forrajes Conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. INTA PRECOP II, Septiembre de 2008.

MacDonald P., A.R. Henderson y S.J.E. Heron. 1991. The Biochemistry of Silage. Chapter 2: Crops for Silage. Chalcome publications, Great Britain 19-80 pp.

Montgomery, C.R., B.D. Nelson, R. Joost y L.F. Manson, 1986. Tannin concentration and quality changes in sorghum as affected by maturity and sorghum type. *Crop Science*, 26: 372-375.

Owens F. 2005. Corn genetics and animal feeding value. Pioneer Hi-Bred International, Inc., Johnston, IA. 24pp.

Romero L.A., O.A. Bruno, M.C. Díaz y M.C. Gaggiotti. 1997. Efecto de la altura de corte del maíz y del sorgo granífero sobre la producción y la calidad de los silajes. INTA EEA Rafaela. Información técnica para productores 1995-96. p. 16-17.

Salado, E., L. Romero, E. Comeron, M. Gaggiotti y J. Mattera. 2007. Silajes de planta entera de sorgo granífero con distintos contenidos de tanino: Cinética de degradabilidad ruminal de la materia seca. Sitio Argentino de Producción Animal. APPA - ALPA, Cusco, Perú. P1-4.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, Ithaca, NY.

Vogel G.J., W.A. Phillips., G.W. Horn., M.J. Ford y R.W. McNew, 1989. Effects of supplemental silage on forage intake and utilization by steers grazing wheat pasture or bermudagrass. *J Anim. Sci.* 67:232-240.

Weissbach F. 1996. New developments in crop conservation. Proceedings of the XIth International Silage Conference, University of Wales, Aberystwyth, 8th-11th September. p. 11.

Young M.A., B.S. Dalke, R.N. Sonon Jr., D.L. Holthaus y K.K. Bolsen, 1996. Effect of grain content on the nutritive value of whole-plant grain sorghum silage. Proceedings of the XIth International Silage Conference, University of Wales, Aberystwyth, 8th - 11th September. p. 58.