

CAPÍTULO 1

En el camino de dar certezas: el papel de los ensilajes como fuente de fibra de alta calidad

Cecilia Cajarville, José Luis Repetto

Los sistemas lecheros de nuestra región, aún los más intensivos, han pasado en términos generales por un proceso de intensificación. Aun así, continúan empleando mayoritariamente dietas forrajeras, cualquiera sea el criterio que utilicemos para catalogarlas como tales. A pesar de que muchos establecimientos apuestan a elevadas producciones individuales, los forrajes representan más del 60% del total de la materia seca (MS), la fibra neutro detergente (FND) forrajera representa no menos del 0.9% del peso vivo (PV) del animal o constituye no menos del 25 % de la dieta, todas posibles definiciones de dietas forrajeras internacionalmente aceptadas (CHASE; GRANT, 2013). Es previsible, por otra parte, que este tipo de dieta siga siendo la predominante en los sistemas lecheros del cono sur, tanto por el impacto positivo sobre el costo final de la alimentación como sobre la salud digestiva del rodeo y de los componentes de la leche que se produce.

Hoy contamos con precios internacionales beneficiosos para la leche, y en Uruguay, a pesar de los efectos negativos de la pandemia en la mayoría de las actividades, la lechería volvió a producir a los más altos niveles. El grupo de explotaciones lecheras exitosas en nuestro país es heterogéneo en varios aspectos. Así, son variables en tamaño, cantidad de concentrado en la dieta o en el nivel de infraestructura con que cuentan. En lo que todos los tambos que mantienen un crecimiento sostenido se parecen, es en el alto nivel de productividad y en la elevada utilización de alimentos producidos en el propio establecimiento (FARIÑA; CHILIBROSTE, 2019). Según estos mismos autores, los tambos que más han crecido en producción en el último período (2013-2017) cosecharon 3200 kg de MS/ha /año más respecto a los que les ha ido peor. A su vez, los de mayor crecimiento han consumido un 50% más de pastura, un 60%

más de concentrado y un 80% más de reservas, respecto a los de crecimiento negativo acentuado. Se observa entonces, el papel preponderante que han tenido las reservas en el crecimiento de los tambos.

Todo lo anterior implica que los animales dispongan permanentemente de alimentos acordes a las necesidades y en este contexto, es central el rol de las reservas de forraje. Las reservas aportan certezas en el sistema productivo. Permiten que las vacas tengan asegurada la fibra durante todo el año y son una herramienta fundamental para hacer consumir adecuadamente la pastura, ya que permiten organizar los pastoreos. Un desafío extra para lograr altos niveles de producción es que además de cantidad, las reservas aporten calidad. Un alto nivel de producción es impensable sin altos niveles de ingestión, para lo que la fibra de alta calidad es indispensable. Debemos tener en cuenta que, cuando de sistemas forrajeros de alta producción se trata, el aporte de energía no vendrá sólo de los suplementos, o de los granos que contienen los ensilajes de cereales. Cada vez más es necesaria la fibra de buena calidad para sostener las producciones.

Este material tiene por objeto revisar algunos aspectos que consideramos clave en el proceso de obtener forrajes ensilados de alta calidad. En primer lugar, debemos recordar que la calidad de cualquier ensilado depende básicamente de dos factores: 1) el valor nutritivo del forraje original, que está determinado por las especies predominantes en el cultivo, y sobre todo por el estado de maduración y 2) de la conservación, lo cual implica la existencia de un proceso de fermentación controlado y las condiciones de almacenamiento posteriores adecuadas.

1. El proceso de ensilaje

El ensilaje consiste en la conservación del forraje en forma húmeda por fermentación. Esta se produce gracias a determinados microorganismos (lactobacilos) que se encuentran latentes en el forraje y producen ácidos orgánicos (principalmente láctico) a partir de sus azúcares. Estos ácidos son responsables de la disminución de pH, mecanismo por el cual se conserva el material (Figura 1).

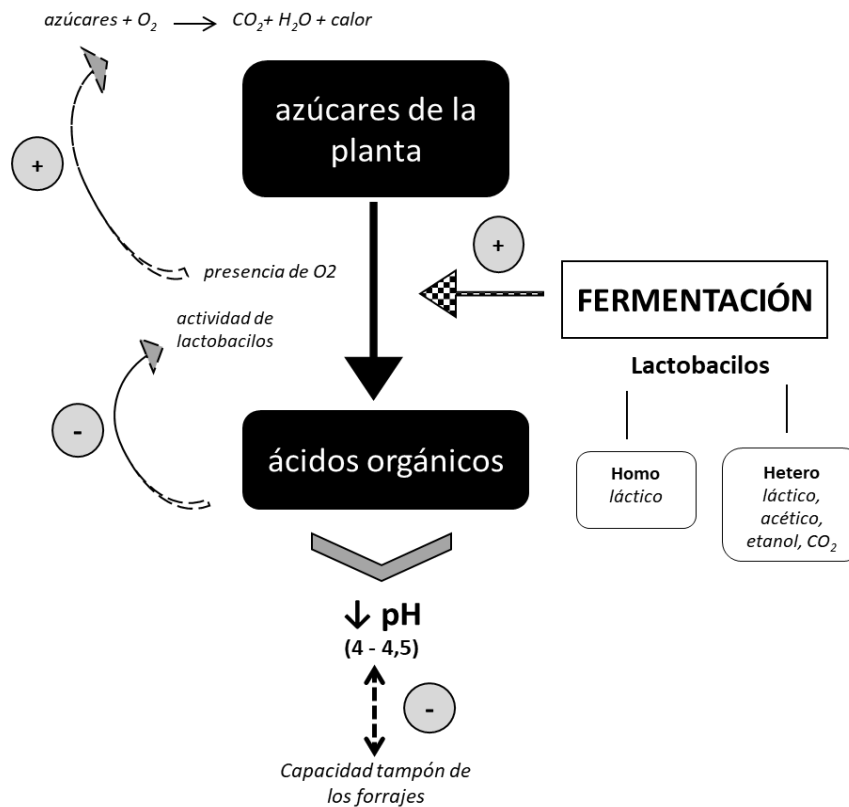


Figura 1. Representación esquemática del proceso de fermentación durante el ensilado de forrajes.

A continuación, describiremos el proceso con más detalle. Este es el mismo independientemente de que se trate de ensilajes propiamente dichos o henolajes (ensilajes con menor humedad, los más comunes son los “silopacks”), y que la estructura del silo sea tipo torre, trinchera, bunker, torta o silos embolsados en forma de “silobag”. Dentro del proceso de ensilaje se diferencian las siguientes etapas una vez que el forraje fue cortado e introducido en el silo (WILKINSON; DAVIS, 2012):

La fase inicial aeróbica: Durante esta primera fase, que comienza con el corte del forraje, actúan las enzimas de la planta (proteasas, carbohidrasas) que todavía están activas. La planta sigue respirando, lo que implica el uso de los carbohidratos solubles para producir CO₂ y H₂O, en un mecanismo que necesita de la presencia de oxígeno y que genera calor. El aumento de temperatura puede llevar a que se produzcan reacciones de Maillard o amarronamientos

enzimáticos en los ensilajes (GARCÍA *et al.*, 1989) que se acompañan desde el punto de vista analítico, con un aumento en el contenido de N insoluble en fibra ácido detergente (NIDA) (VAN SOEST; MASON, 1991). Una vez que se introdujo el forraje en el silo, la presencia de oxígeno residual permite la acción de microorganismos aerobios facultativos, levaduras y enterobacterias. Otro evento importante durante esta fase es que la actividad de las proteasas vegetales que destruyen las estructuras proteicas de la planta, con la consecuencia negativa de la solubilización de las proteínas y la producción de amoníaco (AUFRÉRE *et al.*, 1994; BOLSEN *et al.*, 1996; REPETTO *et al.*, 2005; CAJARVILLE *et al.*, 2012). Esta fase, que dura horas, puede ser responsable de una parte importante del deterioro del ensilaje, por lo que es deseable que transcurra en forma rápida. Su finalización depende de que se produzca la ausencia de oxígeno y la bajada del pH en el silo, ya que las enzimas necesitan para actuar que el pH del medio no sea menor a 6 (ELFERNIK *et al.*, 2000).

La fase de fermentación: Luego de la fase inicial, la fase de fermentación propiamente dicha se desarrolla en un medio anaerobio (en ausencia de oxígeno). En esta etapa se dan reacciones catabólicas de oxidación incompleta, en las que participan bacterias lácticas, que oxidan parcialmente los carbohidratos solubles del vegetal, obteniendo de ellos energía, dando como producto final ácido láctico (MCDONALD *et al.*, 2006). Es importante recordar, que los sustratos que utilizan estas bacterias son los carbohidratos solubles (del tipo de los azúcares), y no carbohidratos complejos como los almidones. Debido a la producción de ácidos durante la fermentación el pH baja, lo que impide el desarrollo de los microorganismos, permitiendo así la conservación del material. Este proceso tiene una duración variable (entre 7 a 21 días). La humedad lo favorece, y se enlentece cuando ésta disminuye por debajo del 50% (BOLSEN *et al.*, 1996). A su vez, cuando la temperatura ambiente es baja, la fermentación es más lenta, ya que la mayoría de las bacterias ácido lácticas que actúan en el proceso de ensilaje tienen un rango óptimo de crecimiento entre los 25 y los 40 °C (ELFERNIK *et al.*, 2002). La fase de fermentación finaliza cuando la producción de ácido láctico y de otros ácidos orgánicos es suficiente para disminuir el pH hasta 3.8 - 4, o cuando se acaban los carbohidratos solubles que son sustrato para los microorganismos fermentativos. Lógicamente, en este

proceso la microbiota del silo tiene un rol fundamental. Se distinguen dentro del silo diversos grupos de poblaciones microbianas, siendo las poblaciones de ***Lactobacilos*** (LAB), las responsables de desarrollar la fermentación láctica. Pertenecen a diversos géneros: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*. Son aerobios facultativos, aunque tienen un crecimiento mayor en condiciones de anaerobiosis (BOLSEN *et al.*, 1996) y son muy eficientes en bajar el pH. Como veremos, parece ser que las poblaciones naturales son muy variables y dependientes de distintos factores, como la especie vegetal o su estado fenológico, condiciones que obviamente condicionarán los productos finales de la fermentación, afectando el resultado final (YANG *et al.*, 2010; PANG *et al.*, 2011). Dentro de las bacterias LAB se distinguen las homofermentativas, como el *P. damnosus* y el *L. ruminisque* que producen ácido láctico a partir de hexosas como la glucosa (MUCK, 2011) pero no degradan pentosas como la xilosa (ELFERNIK *et al.*, 2002) y las heterofermentativas, como el *L. buchneri* que degradan tanto hexosas como pentosas, y además del ácido láctico producen ácido acético, etanol y CO₂. A su vez, estas últimas, pueden fermentar el láctico, produciendo acético y CO₂ a partir de él (ELFERNIK *et al.*, 2002; MUCK, 2011). Como veremos, a las heterofermentativas en los últimos años se les está dando importancia, debido a que pueden contribuir con la estabilidad aeróbica de los ensilajes, o sea con la conservación de las cualidades del material una vez extraído del silo

Además de la biota responsable de la fermentación, existen en los materiales vegetales cantidad de microorganismos indeseables, que bajo determinadas condiciones pueden proliferar en esta fase o en las siguientes. Según Muck (2010), las ***levaduras***, que producen etanol, son los microorganismos más importantes que controlar, y las condiciones de bajo pH favorecen su crecimiento. Las levaduras crecen a expensas de los azúcares y del ácido láctico, y son controladas por el ácido acético (ELFERNIK *et al.*, 2000). Las ***Enterobacterias*** son anaerobias facultativas y aunque en su gran mayoría no son patógenas, compiten con las LAB por los sustratos. Además, las Enterobacterias degradan proteínas, produciendo aminas biogénicas y ácidos grasos ramificados que reducen la palatabilidad de los silos y aumentan las pérdidas por óxido nitroso (MUCK, 2011; ELFERNIK *et al.*, 2002). El descenso rápido de pH ayuda a combatir estas bacterias, dado que no proliferan en

ambientes ácidos (MCDONALD *et al.*, 1991). Otros microorganismos que inhiben son los ***Clostridios***. Además de los potenciales problemas para la salud que podrían causar algunos tipos de Clostridios, su importancia en los ensilajes es la fermentación butírica que producen a partir de ácido láctico, que reduce la calidad. Adicionalmente, estos microorganismos pueden interferir con el proceso de producción de derivados lácteos, principalmente de quesos (ELFERNIK *et al.*, 2000). Al igual que las Enterobacterias, los Clostridios se inhiben con niveles bajos de pH, y es muy importante que estos niveles se den rápidamente. En este sentido, Leibensperger y Pitt (1987) demostraron las posibles interacciones que pueden darse entre los contenidos en humedad de los materiales a ensilar, la bajada del pH y el crecimiento de Clostridios. Estos autores evaluaron la evolución del pH según los contenidos en materia seca (MS) del material original en ensilajes de gramíneas y de alfalfa. A medida que los contenidos de MS se incrementaron por encima de 25-30%, el pH fue más difícil de bajar, favoreciendo el crecimiento de los Clostridios, y esto fue especialmente dramático cuando el cultivo era alfalfa. En general, dentro de ciertos márgenes, cuanto menor humedad tiene el material, más demora el pH del silo en bajar a valores de 4. Otro microorganismo potencialmente patógeno que puede proliferar cuando las condiciones de anaerobiosis y la bajada de pH no son suficientes, es la ***Listeria monocytogenes*** (BOLSEN *et al.*, 1996). En general es reconocido que un bajo pH es suficiente para controlar este microorganismo. Sin embargo, Donald *et al.* (1995) observaron Listeria en ensilajes con pH correctos (4.2), pero con una fermentación restringida, sugiriendo que los productos de la fermentación en sí mismos (ácido láctico) y no sólo el pH, son determinantes para controlar estas poblaciones microbianas patógenas.

La fase estable del silo: Una vez que la fermentación se detuvo, esta fase se caracteriza por una muy baja actividad, siempre y cuando el silo haya sido bien cerrado y la bajada de pH suficiente. A pesar de la estabilidad, en esta fase se producen cambios en la degradación de las fibras. Especialmente las hemicelulosas pueden ser degradadas y transformadas en carbohidratos solubles (MORRISON, 1979; BOLSEN *et al.*, 1996; PEYRAT *et al.*, 2014). En esta fase es muy importante la permeabilidad del material con que el silo fue tapado. Materiales permeables pueden llevar al ingreso de oxígeno, con la

consiguiente proliferación de microorganismos aerobios facultativos como levaduras y hongos, e incluso patógenos como la *Listeria*.

Fase de extracción del material del silo: Esta fase comienza cuando el silo se abre para ser suministrado, ya que a partir de su apertura se da un ingreso irrestricto de oxígeno. En los últimos años, esta etapa ha focalizado la atención. Las pérdidas en esta etapa pueden ser muy importantes y de magnitud similar a las que ocurren en las 2 fases anteriores (WILKINSON; DAVIES, 2012). Al abrir el silo los microorganismos aerobios consumen los nutrientes solubles remanentes en el material, así como los propios productos de la fermentación (ácido láctico, ácido acético), que son transformados masivamente en CO₂, agua y calor.

Por lo tanto, el arte del ensilaje consiste en controlar la actividad microbiana a través de 3 factores principales: el medio anaerobio, el bajo pH y el perfil de ácidos derivados de la fermentación. Las tres condiciones son imprescindibles y deben darse en simultáneo para que el silo se convierta en un alimento de alto valor (Muck, 2010 y 2011).

¿En qué consiste el control de la fermentación del silo?

Una particularidad del ensilaje es que se desarrolla en un medio húmedo. A diferencia de lo que ocurre con otros métodos de conservación, en el silo pueden desarrollarse muchas poblaciones de microorganismos, en su mayoría potenciales consumidores del alimento que queremos conservar. A modo de ejemplo, en un trabajo de nuestro equipo en el que se evaluaba la fermentación ruminal de una serie de praderas con sus respectivos ensilajes, Britos *et al.* (2007) observaron que los silos eran menos fermentables, y que su fermentación era más lenta que el correspondiente forraje fresco. Esto puede explicarse por la pérdida de los azúcares que fueron utilizados por los lactobacilos durante el proceso de ensilaje. Sin embargo, hay suficiente información como para sostener que, además de los azúcares, la fibra de alta calidad es otro de los componentes que se perderían en los materiales ensilados, como veremos a continuación.

Uno de los efectos reportados consistentemente es el aumento de concentración de fibra en los forrajes ensilados. Esto se vincula a la pérdida de los nutrientes más fermentables (como los azúcares que se utilizan en el proceso

de fermentación) y solubles (como proteínas y otros componentes solubles que se pierden por efluentes).

Deberíamos considerar, además, que la fibra remanente en el silo es la de peor calidad. Repetto *et al.* (2011) observó una disminución de la degradabilidad de la fibra neutro detergente (FND) de ensilajes de alfalfa confeccionados con materiales de alta calidad y que podrían catalogarse como de buena fermentación. En otro trabajo del mismo grupo, Cajarville *et al.* (2012), evaluando ensilajes de pasturas, observaron que aún en ensilajes con buena calidad de conservación, la degradabilidad ruminal de la FDN disminuye, impactando esto en forma negativa en la digestibilidad de la materia seca. Stirling *et al.* (2021) evaluando forraje de avena recién cortada y ensilada en diferentes estados de maduración, observaron que la degradabilidad ruminal de la fibra se redujo en promedio un 17%, llevando a disminuciones de la degradabilidad de la materia seca, aún en estados en que la avena contenía almidón que aportaba el grano. Combs (2013) reporta en un trabajo realizado en base a 142 observaciones, que los valores medios de digestibilidad de la FND para gramíneas y leguminosas son mayores que para ensilajes de maíz y sorgo (47 vs 40%), aunque los primeros presentaron una variación muy alta (30 a 66 %). La situación a nivel local no parece diferir de los resultados de este trabajo, al menos en lo que refiere a la variabilidad que se observa expuesto. Guidi (2020), evaluando silos de cultivos de invierno y de praderas (gramíneas y leguminosas) realizados por productores de Uruguay reporta que tanto la digestibilidad de la materia seca como de la fibra fueron en promedio más altos para ensilajes de pradera. Sin embargo, estos últimos fueron mucho más variables en digestibilidad y presentaron también mayor cantidad de silos con calidades microbiológicas malas de acuerdo con el recuento de esporas butirógenas del género *Clostridium*. Lo anterior hace pensar que hay un margen de mejora muy interesante en la confección de silos de pradera.

Las principales herramientas para controlar la fermentación son las del cuidado de cada paso en la elaboración. Tener en cuenta que será imposible lograr un forraje de calidad sin el control de la higiene, la rapidez en el proceso de compactación, el tapado del material y el cuidado de su integridad a lo largo del tiempo. Los aditivos pueden colaborar en este proceso, aunque es importante señalar que en ningún caso sustituyen los cuidados anteriores.

2. Posibles aditivos para ensilar

Los aditivos para ensilar son sustancias que se agregan en pequeñas cantidades al forraje en el momento de la elaboración del silo con el objetivo de mejorar el proceso fermentativo o facilitar la conservación (GORDON, 1989; HENDERSON, 1993) y constituyen una herramienta muy útil cuando se trata de mejorar las condiciones de fermentación de ensilajes como los que se describieron en el ítem anterior. De todas formas, es importante tener en cuenta que, dependiendo de la situación, el aditivo seleccionado puede tener mayor o menor efectividad. Veamos entonces las características principales de los distintos aditivos. Clásicamente los clasificamos en estimulantes de la fermentación (inoculantes microbianos, enzimas y sustratos) y en inhibidores de la fermentación (ácidos orgánicos y otros).

Estimulantes de la fermentación: estimulan la proliferación de bacterias lácticas. Pueden ser inoculantes microbianos, enzimas o sustratos. Dentro los inoculantes microbianos los más comúnmente utilizados son los ***lactobacilos homofermentativos*** como *Lactobacillus plantarum*, *L. acidophilus*, *Pediococcus acidilactici*, *P. pentacaceus*, o *Enterococcus faecium* (WEINBERG; MUCK, 1996). En general, la adición de este tipo de inoculantes parece ser más efectiva en silos de leguminosas y gramíneas que en silos de maíz, ya que los cultivos de los primeros son malas fuentes de bacterias ácido-lácticas, y/o las cepas presentes en ellos no son las más adecuadas para actuar durante la fermentación (MC DONALD *et al.*, 2006; PANG *et al.*, 2011). Su adición lleva a ensilajes con menor pH, y menores niveles de ácido acético, butírico y amonio, incrementándose el contenido en ácido láctico, la conservación de la MS, e incluso los rendimientos productivos en animales (consumo, ganancia de peso y producción de leche), aunque ello no siempre está acompañado por cambios detectables en la composición química (KUNG, 2001). Muck *et al.* (2007), estudiando el efecto del uso de inoculantes en ensilajes de alfalfa, concluyen que los silos inoculados tuvieron mejor desempeño en cuanto a fermentación ruminal, incluso cuando no se observaron efectos importantes en indicadores de fermentación. Contreras-Govea *et al.* (2011), trabajando con 4 inoculantes comerciales en cultivos de alfalfa y maíz, comunican que, si bien no se encontraron efectos en cuanto a la fermentación de los materiales, los silos con

inoculante utilizados como sustrato mostraron mayor crecimiento de masa microbiana ruminal cuando se evaluaron en pruebas *in vitro*. Los autores atribuyen estos resultados a una mejor conservación de la proteína original y a un efecto directo sobre los microorganismos ruminales. Asimismo, en un estudio realizado a partir de 14 experimentos europeos y estadounidenses, Moran y Owen (1994), reportaron diferencias significativas en grupos alimentados con ensilajes de maíz, gramíneas y alfalfa tratados en producción de leche (más del 4%), que se explicarían por un aumento del consumo de alimentos cercano al 5%. Últimamente se ha extendido el uso de **microorganismos heterofermentativos**, como el *Lactobacillus buchneri* y la *Propionibacteria* que además de ácido láctico producen ácido acético, que inhibe los hongos, lo que hace a este tipo de inoculantes eficientes en prolongar la estabilidad aeróbica de los materiales ensilados una vez extraídos del silo (WEINBERG *et al.*, 2002; FILYA, 2003).

Mientras tanto, la adición de enzimas tendría una doble función: la de aumentar los sustratos disponibles para las bacterias ácido-lácticas y la de mejorar el valor nutritivo de los materiales originales. Las más utilizadas son celulasas, hemicelulasas y amilasas. Los resultados son variables y al igual que en el caso de los inoculantes se comunican mejores resultados en leguminosas que en ensilajes de maíz (KUNG, 2001), y especialmente parecen ser más efectivas cuando se agregan a pasturas de alta calidad (MCDONALD *et al.*, 2006). Las enzimas pueden utilizarse asociadas con los microorganismos, y de hecho muchos aditivos comerciales, asocian inoculantes con enzimas. Sin embargo, algunos trabajos indican que los resultados más promisorios en el uso de enzimas no estarían dados por la mejora durante el proceso fermentativo, sino en el momento del suministro. En este sentido, el agregado de enzimas en aspersión sobre el material al momento del suministro tendría efectos positivos detectables en producción de leche (SANCHEZ *et al.*, 1996) y en ganancia de peso en ganado de carne (BEAUCHEMIN *et al.*, 1995).

Los aditivos denominados sustratos se adicionan durante la elaboración del silo a los efectos de proporcionar nutrientes a los lactobacilos. Dentro de esta categoría, la melaza de caña es el más tradicionalmente usado (HENDERSON, 1993) y puede considerarse como un aditivo de referencia. Desde hace mucho tiempo se considera, a partir de estudios realizados por Salisbury *et al.* (1949)

con cultivos mixtos de bacterias presentes en el ensilaje, que la sucrosa (principal azúcar de la melaza) es el más efectivo en cuanto a producción de ácidos. En un trabajo reciente, Hashemzadeh-Cigari *et al.* (2014), adicionando melaza a alfalfa premarchitada, comunican que, si bien no se observó ninguna mejora en los parámetros de la fermentación de los ensilajes, los tratados mostraron una mayor estabilidad aeróbica en el tiempo. El suero de queso, subproducto de la industria láctea, puede ser un buen aditivo dado su elevado contenido de lactosa (63–70 % base MS), carbohidrato que es un excelente sustrato para la proliferación de bacterias ácido-lácticas (ARCHIBALD, 1953; DASH *et al.*, 1974). Nuestro grupo ha investigado el uso de este aditivo. El suero de queso que se genera en queserías pequeñas o en establecimientos que elaboran queso artesanal muchas veces se desecha, siendo un contaminante potencial importante, con alta demanda bioquímica de oxígeno, pero que a la vez es un producto que pero que bien empleado es de muy alta calidad. Britos *et al.* (2007), trabajando con ensilajes de pradera de buena calidad, observaron que la adición de suero de quesería mejoró la capacidad fermentativa en el rumen de los ensilajes de pasturas. Cajarville *et al.* (2012), comunicaron mejoras en la degradabilidad ruminal de silos de pradera tratados con suero en comparación a los sin tratar. En ambos trabajos se señala que las cantidades a utilizar estarían limitadas por el alto contenido en agua del suero si se utiliza fresco, siendo adecuados niveles de inclusión del 2% al 5% si se trabaja con forrajes sin premarchitar. En otro trabajo, estudiando cultivos de alfalfa pura, Repetto *et al.* (2011), concluyen que la adición de suero provocó un efecto positivo sobre el ensilaje en lo que respecta tanto a la conservación como a su valor nutritivo. Los silos con suero tuvieron menor pH, a lo que se agregó la protección de las fracciones de la proteína y de la fibra de buena calidad que contenía el material original. Esto último, la protección de las fracciones degradables de la fibra, es un aspecto central en la calidad nutritiva del producto final. En general, en esta serie de trabajos se comprobaron efectos positivos del agregado de suero de quesería fresco como aditivo.

Inhibidores de la fermentación: lo que se busca con el agregado de inhibidores de la fermentación es impedir el crecimiento de los microorganismos no deseados (KUNG, 2001). Los más comúnmente utilizados son los ácidos

propiónico, cítrico, benzoico y en el pasado el ácido fórmico y el formaldeído (MCDONALD *et al.*, 2006; KUNG, 2001). Manejando adecuadamente las dosis se puede lograr un control sobre las levaduras sin interferir con el proceso fermentativo del silo. Al igual que en el caso de las enzimas, en ocasiones se utiliza en el momento de suministrar el alimento en el comedero, pero en este caso, según Kung (2001), el resultado no sería tan efectivo en el control de levaduras.

3. En definitiva, si queremos certezas...

En definitiva, como fue comentado con anterioridad se puede pronosticar un crecimiento importante en el uso de reservas de forraje en general y de los ensilajes en particular, en los sistemas lecheros de nuestra región, con niveles crecientes de productividad. Se debe considerar que el proceso de intensificación se asocia a costos crecientes del material original (cultivos, implantación de pasturas, etc.) y del proceso de elaboración de las reservas y silos. Podremos superar la carga de estos incrementos con una mejora paralela en la calidad de dichos ensilajes. El desafío de manejar la conservación de un material vegetal de alto valor nutritivo, en condiciones de alta humedad a través de un proceso de fermentación controlada no es menor. Existen, sin embargo, herramientas biotecnológicas, que, utilizadas en conjunto, con un adecuado manejo, garantizan la obtención de un producto final de calidad. Los técnicos que trabajan en producción animal hoy tienen el desafío de utilizar estas herramientas con solvencia. Esperamos que esta entrega pueda aportar en ese sentido.

4. Referências

ARCHIBALD, J.G. Sugars and acids in grass silages. **Journal of Dairy Science**, v. 36, p. 385–390, 1953.

AUFRÈRE, J. *et al.* Characterisation of in situ degradation of lucerne proteins according to forage type (green forage, hay and silage) using gel electrophoresis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 50, p. 75–85, 1994.

BEAUCHEMIN, K. A.; RODE, L.M.; V. J. H. Fibrolytic enzymes increase fiber digestibility and growth rate of steers fed dry forages. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 75, p. 641-644, 1995.

BOLSEN, K. K.; ASHBELL, G.; WEINBERG, Z. G. Silage fermentation and silage additives. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 9, p. 483-493, 1996.

BRITOS, A. *et al.* Efecto del suero de queso como aditivo de ensilajes de pastura sobre la conservación, los azúcares solubles y la producción de gas *in vitro*. **Agrociencia**, v. 11, p. 72-77, 2007.

CAJARVILLE, C. *et al.* Temperate forages ensiled with molasses or fresh cheese whey: Effects on conservation quality, effluent losses and ruminal degradation. **Animal Feed Science and Technology**, v. 171, p. 14-19, 2012.

CHASE, L.E.; GRANT R. J. High Forage Rations – What Do We Know? Proceedings of the Cornell Conference, **Proceedings...** <https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/36474>. 2013.

COMBS, D. K. TTNDFD: A new approach to evaluate forages Proceedings of the Cornell Nutrition Conference, **Proceedings...** <https://hdl.handle.net/1813/36476>. 2013.

CONTRERAS-GOVEA, F. E. *et al.* Microbial inoculants effects on silage and *in vitro* ruminal fermentation, and microbial biomass estimation for alfalfa, BMR corn, and corn silages. **Animal Feed Science and Technology**, v. 163, p. 2–10, 2011.

DASH, S. K. *et al.* Comparison between whey and lactose as alfalfa haylage additives. **Journal of Animal Science**, v. 39, p. 115–123, 1974.

DONALD A. S.; FENLON, D. R.; SEDDON, B. The relationships between ecophysiology, indigenous microflora and growth of *Listeria monocytogenes* in grass silage. **Journal of Applied Microbiology**, v. 79, p. 141-148, 1995.

ELFERINK, S. *et al.* Los procesos de fermentación en el ensilaje y su manipulación. Memorias de la conferencia electrónica de FAO sobre ensilaje en los trópicos. ED. L. t' Mannetje. **Estudio FAO producción y protección vegetal**, v. 161, p. 17-30, 2000.

ELFERINK, S. O. *et al.* Manipulating silage fermentation. **Feed Mix**, v. 10, n. 3, p. 20-23, 2002.

FARIÑA, S. R; CHILIBROSTE, P. Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: The case of farm systems in Uruguay. **Agricultural Systems**, v. 176, p.102631, 2019.

FILYA, I. The effect of *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of wheat, sorghum and maize silages. **Journal of Applied Microbiology**, v. 95, p. 1080-1086, 2003.

GARCIA, A. D. *et al.* Effects of temperature, moisture, and aeration on fermentation of Alfalfa silage. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 93-103, 1989.

GORDON, F. J. Effect of silage additives and wilting on animal performance. In: **Recent advances of animal nutrition**. Ed. W. Haresign, D.J.A. Cole. Butterworths, London. 1989.

GUIDI, B. **Evaluación de la conservación y calidad nutricional de ensilajes de pasturas y cereales de invierno elaborados en predios comerciales**. Tesis de Maestría en Nutrición de Rumiantes, Facultad de Veterinaria, UdelaR. Uruguay, 2020.

HASHEMZADEH-CIGARI, F. *et al.* Interactive effects of molasses by homofermentative and heterofermentative inoculants on fermentation quality, nitrogen fractionation, nutritive value and aerobic stability of wilted alfalfa (*Medicago sativa L*) silage. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 98, p. 290-299, 2014.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v. 45, p. 35-56, 1993.

KUNG, L. **Silage fermentation and additives**. Direct fed microbial, enzyme and forage additive compendium. Miller Publishing Co. Minnetonka, MN, USA, 2001.

LEIBENSPERGER, R.; PITT, R. A model of Clostridial dominance in ensilage. **Grass and Forage Science**, v. 42, p. 297-317, 1987.

MCDONALD, P. *et al.* **Nutrición Animal**. 6º ed. Ed. Acribia, Zaragoza, España, 2006.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The Biochemistry of Silage**. 2nd ed. Marlow, UK. Chalcombe Publications, 1991.

MORAN, J. P.; OWEN, T. R. The effects of Ecosyl treated silage on milk production by lactating cows. **Proceedings from the National Conference on Forage Quality, Evaluation and Utilization**. Univ. Nebraska, Lincoln, 1994.

MORRISON, I. M. Changes in the cell wall components of laboratory silages and the effect of various additives on these changes. **Journal of Agricultural Science**, v. 93, p. 581–586, 1979.

MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39 (SE), 2010.

MUCK, R. E. The art and science of making silage. **Proceedings Western Alfalfa and Forage Conference**. Las Vegas, NV, US. (<http://alfalfa.ucdavis.edu>) 2011.

MUCK, R. E.; FILYA, I.; CONTRERAS-GOVEA, F. E. Inoculant Effects on Alfalfa Silage: in vitro gas and volatile fatty acid production. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 5115–5125, 2007.

PANG, H. *et al.* Natural populations of lactic acid bacteria associated with silage fermentation as determined by phenotype, 16S ribosomal RNA and recA gene analysis. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 34, p. 235–241, 2011.

PEYRAT, J. *et al.* Effects of ensiling maize and sample conditioning on in situ rumen degradation of dry matter, starch and fibre. **Animal Feed Science and Technology**, v. 196, p. 12–21, 2014.

REPETTO, J. L. *et al.* Effect of wilting and ensiling on ruminal degradability of temperate grass and legume mixtures. **Animal Research**, v. 54, p. 73-80, 2005.

REPETTO, J. L. *et al.* Use of fresh cheese whey as an additive for Lucerne silages: Effects on chemical composition, conservation quality and ruminal degradation of cell walls. **Animal Feed Science and Technology**, v. 170, p. 160-164, 2011.

SALSBURY, R. L.; MATHER, R. E.; BENDER, C. B. Various carbohydrates as energy sources for some mixed cultures of silage organisms. **Journal of Dairy Science**, v. 32: p. 901–906, 1949.

SANCHEZ, W. K. *et al.* Effect of fibrolytic enzymes on lactational performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 79 (S1), p. 183. 1996.

STIRLING, S. *et al.* Stage of growth and ensiling: impact on chemical composition, conservation quality, and in situ ruminal degradability of whole-crop oat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, apenas submetido.

VAN SOEST, P. J.; MASON, V. C. The influence of the Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 32, p. 45–53, 1991.

WEINBERG, Z. G. *et al.* Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 28, p. 7–11, 2002.

WEINBERG, Z. G.; MUCK, R. E. New trends in development and use of inoculants for silage. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 19, p. 53–68, 1996.

WILKINSON, J. M.; DAVIES, D. R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. **Grass and Forage Science**, v. 68, p. 1–19, 2012.

YANG, J. *et al.* Natural populations of lactic acid bacteria isolated from vegetable residues and silage fermentation. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 3136–3145, 2010.

Autores

Cecilia Cajarville¹, José Luis Repetto²

1. Unidad Académica de Nutrición. Departamento de Producción Animal y Salud de Sistemas Productivos, Facultad de Veterinaria, UdelaR, Uruguay.
2. Unidad Académica de Bovinos. Departamento de Producción Animal y Salud de Sistemas Productivos, Facultad de Veterinaria, UdelaR, Uruguay