

## Inoculantes Microbiales para ensilaje

Francisco Contreras-Gevea, Investigador Asociado, UW-Madison, Agronomy  
Richard Muck, Agricultural Engineer, US Dairy Forage Research Center

### Introducción

Ensilar es una actividad importante para preservar la calidad de los forrajes. Aunque la fermentación del ensilaje ocurre naturalmente bajo condiciones anaeróbicas debido a la población natural de bacterias en la planta, la velocidad y eficiencia en la fermentación (disminución del pH) es variable, dependiendo del número y tipo de bacterias productoras de ácido láctico en el cultivo. La rapidez con que disminuye el pH afecta la cantidad de azúcares utilizados por las bacterias, la preservación de la proteína verdadera, la cantidad de ácidos láctico y acético, y etanol, y finalmente la calidad del ensilado. Recientemente, ha habido cambios significativos en los tipos de inoculantes microbiales disponibles. Esta hoja de información discute los diferentes tipos de inoculantes microbiales y proporciona información acerca de utilizarlos en los cultivos a ensilar.

### ¿Que son los inoculantes microbiales para ensilar?

Los inoculantes microbiales contienen bacterias seleccionadas para dominar la fermentación de los cultivos en el silo. Los inoculantes están divididos en dos categorías dependiendo de como fermentan un azúcar común en la planta, la glucosa. Los homofermentadores producen solo ácido láctico y dentro de ellos se encuentran especies de *Lactobacillus* como *Lactobacillus plantarum*, y especies de *Pediococcus* spp, y *Enterococcus* spp. La otra categoría, los heterofermentadores producen ácido láctico, ácido acético o etanol, y bióxido de carbono. *Lactobacillus buchneri* es el mejor ejemplo de un heterofermentador.

### ¿Cuál es la diferencia en fermentación entre microorganismos homofermentativos y heterofermentativos?

Los homofermentativos son mas eficientes en el uso de la energía que los heterofermentativos. Durante la homofermentación, cada molécula de glucosa produce dos moléculas de ácido láctico, una mayor recuperación de materia seca y poca pérdida de energía en el ensilaje. El ácido láctico es además un

ácido fuerte que reduce mas el pH en el ensilado que otros ácidos.

El pH final es mas alto cuando la fermentación es dominada por heterofermentadores comparado con homofermentadores. Por cada molécula de glucosa usada en heterofermentación, es producida una molécula de ácido láctico, una de ácido acético o etanol, y bióxido de carbono. El bióxido de carbono sale del ensilaje como un gas, resultando en pérdidas de materia seca. El ácido acético no es un ácido fuerte como el láctico, y el etanol no tiene efecto en el pH.

### ¿Cómo un inoculante homofermentativo afecta la calidad del ensilaje?

La población nativa de bacterias es altamente variable a través de los cultivos y campos agrícolas, dependiendo de la planta y de las condiciones ambientales. La adición de inoculantes microbiales homofermentadores ayuda a disminuir más rápido el pH, inhibiendo otras bacterias y conservando la proteína de la planta. Una rápida disminución en el pH y un bajo pH al final puede inhibir las bacterias de *Clostridia* que producen ácido butírico. Normalmente menos ácido acético, butírico, y etanol es producido durante la homofermentación, la cual mejora la recuperación de material seco en un 2 a 3 % comparado con la heterofermentación. Además, los inoculantes homofermentativos pueden mejorar el desempeño animal en un 3 a 5%, esto en base a que en la mitad de los experimentos de investigación revisados así se reporto (Kung and Muck, 1997). Un aspecto en contra de los inoculantes homofermentadores es que el cambio hacia ácido láctico puede hacer al los ensilajes de maíz, cereales de grano pequeño y otros con un pH normalmente bajo, un poco mas susceptibles a calentarse durante el proceso de remoción del silo (la estabilidad aeróbica se reduce).

### ¿Cómo *Lactobacillus buchneri* afecta la calidad del ensilaje?

*Lactobacillus buchneri* es la principal bacteria heterofermentativa usada como inoculante para ensilaje. Estas bacterias pueden convertir ácido láctico a ácido acético y otros productos. El ácido acético es un buen inhibidor de levaduras y hongos que provocan

calentamiento y pudrición del ensilaje. Por tanto, el ácido acético puede mejorar la estabilidad aeróbica del ensilado. Comparado con los inoculantes homofermentativos, las pérdidas de material seco son similares o mayores en 1 a 2%, y la digestibilidad no es afectada significativamente por *L. buchneri*, pero la estabilidad aeróbica es consistentemente mejorada en los ensilados y maíces de alta humedad. Sin embargo, *L. buchneri* no parece mejorar la condición animal más allá de solo mantener el ensilado fresco en el silo por más tiempo (larga vida del silo).

### ¿Hay alguna ventaja al combinar ambos tipos de inoculantes?

Probablemente. La combinación proporciona una buena fermentación y recuperación de materia seca a través de una mayor concentración de ácido acético y una mejor estabilidad aeróbica que un inoculante homofermentativo. Además, el pH disminuye más rápido con la combinación de inoculantes que con uno conteniendo solo *L. buchneri*. No hay investigación publicada en este momento que indique si estos productos mejoran la condición del animal tanto como los inoculantes homofermentadores tradicionales.

### ¿Cuándo hace sentido utilizar un inoculante homofermentativo?

Un inoculante homofermentativo es una buena elección para ensilaje de leguminosas. Leguminosas, como la alfalfa, tienen más baja cantidad de carbohidratos solubles y una mayor resistencia a bajar el pH que los pastos o el maíz. En consecuencia, el ensilado de leguminosas tiende a tener un pH más alto que el ensilado de maíz y zacates, haciéndolos más susceptibles a una fermentación clostridial cuando se ensilan más húmedo (>65% de humedad). Un inoculante homofermentativo hace un uso más eficiente de los azúcares de la planta al bajar el pH, especialmente cuando el contenido de humedad está marginalmente alto.

Los inoculantes homofermentativos son la mejor elección cuando se quiere mejorar la calidad del alimento de cualquier clase de ensilado. Los inoculantes homofermentativos aumentan la recuperación de material seco de un silo bien manejado porque la fermentación es más eficiente. Aunque no está aún completamente entendido, inoculantes homofermentativos, cuando son efectivos, mejoran la condición del animal en un 3 a 5% (Kung y Muck, 1997).

### ¿Cuándo hace sentido utilizar *Lactobacillus buchneri*?

Un inoculante que contiene *L. buchneri* pueden ser una buena elección cuando se ha tenido la experiencia de una pobre estabilidad aeróbica en el pasado. La mayor concentración de ácido acético producido por estos inoculantes decrece el crecimiento de levaduras y hongos que provocan que el ensilado se caliente y pudra. Sin embargo, es importante reconocer que muchos problemas de calentamiento son provocados por otros aspectos de manejo del ensilaje como ensilar cultivos muy secos, una baja densidad de almacenamiento, un pobre sellado, baja tasa de remoción del ensilado y remover más ensilado del silo de lo que se va a alimentar inmediatamente. Estos aspectos deben de ser revisados antes de buscar la ayuda de un aditivo para ensilaje.

Aun cuando el manejo del ensilado es bueno, se pueden tener problemas de calentamiento durante la remoción del ensilado de maíz, de cereales de grano pequeño y de maíz de alta humedad, especialmente en el verano. Puesto que no sabemos que tan caliente va a estar el próximo verano, la aplicación de *L. buchneri* o una combinación de inoculantes en anticipación a problemas de pudrición (por ejemplo en maíz) puede ser útil para evitar calentamiento en ensilados que se calientan al momento de alimentar.

### ¿Bajo que condiciones un inoculante para maíz será más exitoso?

El momento en que un inoculante homofermentativo tiene más probabilidad de tener éxito es cuando el maíz se cosecha inmaduro, muy seco, o después de una helada. La limitada información disponible sugiere que estas pueden ser condiciones donde la población natural de bacterias productoras de ácido láctico puede ser baja y/o menos competitiva que las bacterias del inoculante. El inoculante *L. buchneri* cuando se aplicada a una concentración más alta, parece ser más efectivo a un mayor rango de condiciones que aquellas donde un inoculante homofermentativo debería ser exitoso.

### ¿Los inoculantes funcionan igual de bien durante todos los cortes de una leguminosa?

La figura 1 muestra la probabilidad de que un inoculante homofermentativo sea redituable en la alfalfa cuando es afectada por las condiciones de cosecha (tiempo de secado, temperatura promedio del aire, lluvia) y asumiendo un costo de \$1/ton tratada al momento de alimentar y un retorno de \$3/ton cuando el inoculante es exitoso. En general, la ganancia de un

inoculante es más variable en el primer corte que en los subsecuentes. Esto es porque normalmente toma mas tiempo el acondicionamiento y la probabilidad de lluvias es mayor en este tiempo, lo cual aumenta la población natural de bacterias productoras de ácido láctico y reduce la posibilidad de éxito del inoculante. Sin embargo, no es correcto asumir que un inoculante no será rentable en el primer corte. Un inoculante es más probable que sea exitoso bajo buenas condiciones de cosecha, que cuando el cultivo se deja tirado en el campo por largo tiempo antes de ser picado.

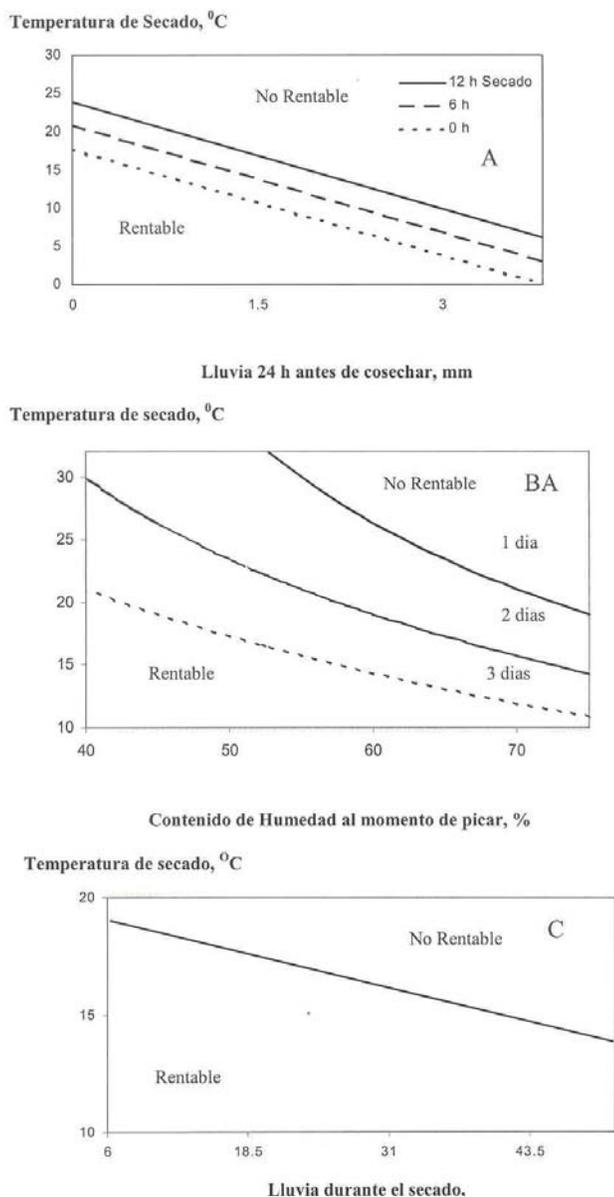


Fig. 1. Criterio de manejo para usar un inoculante para ensilar alfalfa basado en las condiciones de secado. A) Cortado y picado el mismo día, B) 1-3 días de secado, C) Mas de 3 días de secado y con lluvia.

## ¿A que contenido de humedad del forraje un inoculante funciona mejor?

Un inoculante debe trabajar bien a cualquiera de los contenidos de humedad recomendados para los diferentes tipos de silo (entre 45 y 70% de humedad). Sin embargo, pocos tipos de bacterias naturales productoras de ácido láctico crecen bien bajo condiciones mas secas. Esto sugiere que los inoculantes podrían ser exitosos mas frecuentemente en cultivos más secos.

## ¿Cuál es la dosis correcta que se debe aplicar?

Las etiquetas de los inoculantes son muy variables y hace difícil que los productos se puedan comparar. Lo que importa es la cantidad de bacterias productoras de ácido láctico vivas por unidad de cultivo (dosis de inoculación). Se debe comprar un producto que asegure al menos 90 billones (o  $9 \times 10^{10}$ ) de bacterias productoras de ácido láctico vivas por ton de cultivo o bien 100,000 por gramo de cultivo. Algunos productos dicen cuantas bacterias hay en la bolsa o envase, o cuantas bacterias hay por gramo de inoculante. En esos casos, se debe calcular la cantidad a aplicar dividiendo el numero de bacterias que dice en el paquete entre el numero de toneladas que el paquete puede tratar. Dosis de aplicación del inoculante mayores al mínimo puede ser mejor, aunque no siempre, porque hay diferencia en la actividad de las bacterias o bien en la estabilidad de la población bacterial entre algunos productos en particular. Las Compañías deben de tener datos de investigación que soporten la eficiencia de sus inoculantes y deben de tomar medidas que aseguren que el producto que se compra contiene el numero y especies de bacteria que aparece en la etiqueta.

## ¿Que microorganismos deben estar presente en un inoculante para ensilar?

Un inoculante puede contener una o más cepas de bacteria productora de ácido láctico. La especie homofermentativas más común es *Lactobacillus plantarum*. Otras especies comunes homofermentativas incluyen *Lactobacillus* o *Pediococcus* y *Enterococcus faecium*. *Lactobacillus buchneri* es la especie heterofermentativa usada para mejorar la estabilidad aeróbica. Sea escéptico de los productos que contienen otras especies.

## ¿Hay diferencias en funcionamiento entre cepas específicas de un organismo?

Sí. Por ejemplo, no todas las cepas de *Lactobacillus plantarum* crecen a la misma velocidad. Algunas cepas

de *L. plantarum* pueden crecer mejor en alfalfa, otras mejor en maíz. Algunas cepas pueden crecer mejor bajo condiciones más secas o con más alta temperatura que otras, etc. Debido a estas diferencias, es importante usar un producto específico para el cultivo a ensilar. Si el producto está etiquetado solo para maíz, no lo use para alfalfa o viceversa.

### ¿Hay diferencias en funcionamiento entre productos en polvo y líquidos?

Algunos inoculantes son aplicados en polvo, mientras otros son diluidos en agua y rociados en el cultivo. Tanto los productos en polvo como los líquidos pueden ser efectivos. Sin embargo, puesto que estas bacterias no se pueden mover, un producto líquido rociado en el cultivo al momento de picar proporciona una mejor distribución del inoculante en el cultivo. Además, la bacteria en un producto líquido puede comenzar a trabajar más rápido que un producto en polvo, donde la bacteria necesita ser humedecida por el jugo de la planta antes de comenzar a crecer. Finalmente, la mayoría de los inoculantes necesitan ser mantenidos en condiciones frías y secas antes de ser usados para mantener la actividad de las bacterias. Esto es más fácil con los productos aplicados en forma líquida, los cuales normalmente vienen en polvo en pequeños paquetes que se pueden mantener en el refrigerador.

Hay dos aspectos de cuidado al utilizar productos líquidos. Primero, no use agua con cloro para diluir el producto, el cloro puede matar las bacterias productoras de ácido láctico si el nivel de cloro es demasiado alto (arriba de 1 ppm). Si el agua con cloro es lo único que se tiene, un medidor de cloro usado en las albercas determinará si la concentración de cloro es menor a 1 ppm. Si el nivel de cloro está arriba de 1 ppm, puede dejar el agua a la intemperie por una noche (así la cantidad de cloro se reduce) o bien puede buscar un producto para neutralizar el cloro.

Segundo, una vez que el inoculante se ha diluido, se debe de usar dentro de un periodo de 24 horas. Por lo tanto, algo de producto será desperdiciado si el forraje cosechado es menor de lo esperado debido al clima, algún otro motivo, etc.

### ¿Cómo puedo saber si estoy comprando un buen producto?

Es difícil comparar un inoculante con otro, pero hay algunas cosas que se pueden observar al comprar un producto. Primero, busque un producto que garantice al menos 90 billones bacterias vivas productoras de ácido láctico por tonelada de cultivo. Segundo, asegúrese de comprar un producto etiquetado para el cultivo que va a ensilar o para un cultivo parecido. Tercero, que no le de pena preguntar acerca de

resultados de investigación (de preferencia investigación independiente) que soporte lo que se dice del producto, y por información acerca de las medidas que toma la compañía para asegurarse que está recibiendo un producto que contiene el número y especies de bacteria especificadas en la etiqueta.

### ¿Puedo usar el producto que me quedo este año en la siguiente época de cosecha?

**No**, si el paquete está abierto. Paquetes abiertos se deben de utilizar rápido porque los inoculantes absorben humedad del ambiente, lo cual potencialmente provocará que las bacterias se mueran.

**Si**, si tiene paquetes que no están abiertos al final de la temporada.

Los inoculantes pueden que no se vean como productos vivos, pero están vivos. Por lo tanto, es importante tratarlos como productos vivos, especialmente si se desea usar un producto que se compra este año y se quiere usar el siguiente año de cosecha. La mayoría de los productos establecen que deben ser mantenidos en condiciones frías y secas. Esto es crítico para mantener la bacteria viva. Por tanto, no almacene estos productos dentro de cobertizo o cochera con temperaturas mayores a 38°C, o en ambientes húmedos como la sala de ordeña. Cuando se guardan inoculantes entre una temporada de cosecha y otra, se deben almacenar en un refrigerador o congelador hasta que se vayan a utilizar. Los productos que se aplican en forma líquida normalmente vienen en pequeños envases que son más adecuados para mantener hasta el siguiente año. Creemos, pero no tenemos ninguna investigación, que estos productos se conservarán mejor de un año a otro que las bolsas grandes de los productos aplicados en polvo.

### Referencias:

- Kung, L., Jr., and R.E. Muck. 1997. Animal response to silage additives, p. 200-210 *Silage: Field to Feedbunk*, Vol. NRAES-99. Northeast Regional Agric. Engng. Service, Hershey, PA.
- Muck, R.E., and L. Kung, Jr. 1997. Effects of silage additives on ensiling, p. 187-199 *Silage: Field to Feedbunk*, Vol. NRAES-99. Northeast Regional Agric. Engng. Service, Hershey, PA.

© University of Wisconsin Board of Regents, 2006

