

## El ensilaje

El ensilaje es la fermentación de los carbohidratos solubles del grano o del forraje por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas.

El producto final es la conservación del alimento porque la acidificación del medio inhibe el desarrollo de microorganismos.

Este proceso sirve para almacenar alimento en tiempos de cosecha y suministrarlo en tiempo de escasez, conservando calidad y palatabilidad a bajo costo, permitiendo aumentar el número de animales por hectárea o la sustitución o complementación de los concentrados.

Este tipo de alimento se emplea para manejar ganado en forma intensiva, semi intensiva o estabulada.

El ensilaje es una excelente opción para la alimentación en las ganaderías del país por la gran variedad de granos y forrajes, la intensidad solar y el nivel de lluvias que existen en el trópico.

Por las condiciones anteriores se pueden producir varias cosechas en el año, mientras en los países con estaciones solo se cosecha una vez al año.

También hay que destacar que en nuestro país más de la mitad del maíz y otros cereales que se utilizan para la elaboración de concentrados animales, sobretodo para ganado bovino, son importados; por lo que es un sistema de alimentación costoso para el ganadero, convirtiéndose así el ensilaje en un modo de alimentación más económica que puede cumplir con los requerimientos nutricionales del animal.

Casos como el de ensilaje de maíz en Colombia, se han convertido en una alternativa muy económica para los criaderos de ganado, dándoles a los animales más volumen corporal sin acumulación de grasa y con mayor aumento de peso mensual.

El ensilaje es un proceso principalmente empleado en países desarrollados; se estima que 200 millones de toneladas de materia seca son ensilados en el mundo anualmente, a un costo de la producción entre US \$100-150 por tonelada.

Este costo comprende: la tierra y el cultivo (aproximadamente 50%), segado y polietileno (30%), silo (13%) y aditivos (7%).

En Europa, los agricultores de países como Holanda, Alemania y Dinamarca almacenan más del 90 por ciento de sus forrajes como ensilaje. (Lea: 3 métodos para alimentar adecuadamente el ganado bovino)

Aún en países con buenas condiciones climáticas para la henoificación, como Francia e Italia, cerca de la mitad del forraje es ensilado. Las cosechas más importantes para el ensilaje a nivel mundial son las de maíz, alfalfa y pastos, aunque también se ensilan trigo, sorgo y algunas legumbres.

Fases del Proceso de Ensilaje:

El ensilaje se logra por medio de una fermentación láctica espontánea en condiciones anaerobias. Las bacterias epifíticas de ácido láctico (BAC) fermentan los carbohidratos hidrosolubles (CHS) del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético.

Al generarse estos ácidos el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. El proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas:

Fase 1 - Fase Aeróbica.

Esta fase dura pocas horas. El oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los microorganismos aerobios y aerobios facultativos como las levaduras y enterobacterias.

Además, hay actividad de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6,5-6,0).

Las levaduras son microorganismos anaerobios facultativos y heterótrofos; cuya presencia en el ensilaje es indeseable porque bajo condiciones anaerobias fermentan los azúcares produciendo etanol y CO<sub>2</sub>

La producción de etanol disminuye el azúcar disponible para producir ácido láctico y produce un mal gusto en la leche<sup>10</sup> cuando se emplea para alimentar vacas lecheras.

Además, en condiciones aerobias muchas especies de levaduras degradan el ácido láctico en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, lo que eleva el valor del pH del ensilaje, permitiendo el desarrollo de otros organismos indeseables.

Las enterobacterias son organismos anaerobios facultativos y la mayoría de las que se encuentran en el ensilaje no son patógenas.

Su desarrollo en el ensilaje es perjudicial porque compiten con las BAC por los azúcares disponibles y porque degradan las proteínas.

La degradación proteica causa una reducción del valor nutritivo del ensilaje y genera compuestos tóxicos como aminos biogénicas y ácidos grasos de cadena múltiple.

Fase 2. Fase de Fermentación

Se inicia al producirse un ambiente anaerobio. Puede durar de días a semanas dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones ambientales en el momento del ensilaje.

Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en la población predominante.

Debido a la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 a 5,0. Las bacterias que producen ácido láctico (BAC) pertenecen a la microflora epifítica de los vegetales.

Los componentes BAC que se asocian con el proceso de ensilaje pertenecen a los géneros: Lactobacillus, Pediococcus, Leuconostoc, Enterococcus, Lactococcus y Streptococcus.

La mayoría de ellos son mesófilos, o sea que pueden crecer en un rango de temperaturas que oscila entre 5° y 50 ° C, con un óptimo entre 25° y 40 ° C. Son capaces de bajar el pH del ensilaje a valores entre 4 y 5, dependiendo de las especies y del tipo de forraje.

Todos los miembros del BAC son aeróbicos facultativos, pero muestran cierta preferencia por la condición anaerobia.12,13,14,15,16.

Las características del cultivo como contenido de azúcares, contenido de materia seca y composición de los azúcares, combinados con las propiedades del grupo BAC, así como su tolerancia a condiciones ácidas o de presión osmótica y el uso del substrato influirán sobre la capacidad de competencia de la flora BAC con las enterobacterias durante la fermentación del ensilaje.17,18

Fase 3. Fase Estable

La mayoría de los microorganismos de la fase 2 lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. (Lea: Empaque de silo, ¿mejor en bolsa o montón?)

Sólo algunas proteasas y carbohidrasas, y microorganismos especializados, como Lactobacillus buchneri que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo. Si el ambiente se mantiene sin aire ocurren pocos cambios.

Algunas bacterias indeseables en la fase 3 son las bacterias acidófilas, ácido tolerantes y aerobias. Por ejemplo Acetobacter spp, es perniciosa en el ensilaje porque puede iniciar una deterioración aeróbica, ya que puede oxidar el lactato y el acetato produciendo CO<sub>2</sub> y agua.

El género Clostridium es anaerobio, forma endosporas y puede fermentar carbohidratos y proteínas, por lo cual disminuyen el valor nutritivo del ensilaje, crea problemas al producir aminas biogénicas.

La presencia de Clostridium en el ensilaje altera la calidad de la leche ya que sus esporas sobreviven después de transitar por el tracto digestivo y se encuentran en las heces; además puede contaminar la leche.

Los Bacillus spp son bacterias aerobias facultativas que forman esporas. Fermentan un amplio rango de carbohidratos produciendo ácidos orgánicos (p. Ej.: acetatos, lactatos y butiratos) o etanol, butanodiol o glicerol.

Algunas especies de Bacillus producen sustancias fungicidas y se los ha utilizado para inhibir el proceso de deterioro aeróbico en ensilajes, pero con excepción de

estas especies, el desarrollo de los bacilos en el ensilaje es considerado como indeseable.

Lo anterior, porque son menos eficaces como productores de ácido láctico y acético comparado con el grupo BAC7 y que en la etapa final incrementan el deterioro aerobio.

#### Fase 4. Fase de Deterioro Aerobio

Ocurre en todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire para su empleo, pero puede ocurrir antes por daño de la cobertura del silo (p. Ej. roedores o pájaros). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas.

La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético.

Esto aumenta el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, los bacilos.

La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aerobios, también facultativos, como mohos y enterobacterias.

Los mohos son organismos aerobios cuya presencia en el ensilaje se detecta por la aparición de filamentos de diversos colores, de acuerdo a las especies presentes. Se desarrollan en cualquier sitio del ensilaje donde encuentren oxígeno, inclusive trazas.

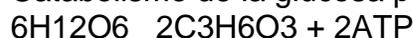
En un buen ensilaje eso ocurre sólo al inicio del almacenamiento y se restringe a la capa exterior de la masa ensilada, pero durante la fase del deterioro aerobio todo el ensilaje puede ser invadido por mohos.

Las especies que se presentan frecuentemente pertenecen a los géneros *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Byssochlamys*, *Absidia*, *Arthrinium*, *Geotrichum*, *Monascus*, *Scopulariopsis* y *Trichoderma*. Los mohos disminuyen el valor nutritivo, la palatabilidad del ensilaje y son un riesgo para la salud de los animales y las personas.

#### Fermentación

La fermentación ácida es una reacción de oxidación-reducción balanceada internamente, en la cual algunos átomos de la fuente de energía quedan reducidos y otros quedan oxidados. Solamente una pequeña cantidad de energía se libera durante la fermentación de la glucosa, la mayor parte de la energía permanece en el producto de fermentación reducido.

Catabolismo de la glucosa por una bacteria del ácido láctico: C



Glucosa  $\rightarrow$  2 ácido láctico

La energía liberada en la fermentación de la glucosa a ácido láctico se conserva por fosforilaciones a nivel de sustrato en forma de enlaces fosfato de alta energía en el ATP, con una producción neta de dos de esos enlaces en cada caso.

Clases de almacenamiento:

El ensilaje es guardado en una estructura llamada silo. La capacidad del silo se determina de acuerdo a las necesidades. Varios tipos de silo se pueden usar para almacenar el ensilaje como:

- Silo en montón: Es una pila cubierta y sellada con plástico y luego con tierra u otros materiales. (Lea: El ensilaje es la nueva tecnología a implementar en la ganadería)
- Silo en trinchera o zanja: Es una zanja cubierta con plástico y luego con una capa de tierra, debe tener canaleta para el escurrimiento de agua lluvia. Sus dimensiones se calculan para establecer una profundidad que garantice una exposición mínima del forraje ensilado al aire.
- Silo en torres: Torres de almacenamiento con zonas independientes de llenado y descarga.
- Silo canadiense: Es una combinación del silo de montón y de trinchera. Se hace la pila y se cubre con plástico y tierra, y se sella lateralmente con barro.

Aditivos

Se pueden emplear diferentes aditivos para acelerar el proceso como melaza, pulpa de cítricos y maíz triturado.

Estos proveen una fuente de azúcares solubles que la bacteria utiliza para producir ácido láctico. Si el forraje ensilado posee niveles de humedad superiores al 70%, los aditivos aseguran que el nivel de azúcares solubles sea suficiente para realizar el proceso.

Ensilajes de maíz y de sorgo contienen suficiente cantidad de azúcares solubles y normalmente no requieren aditivos.

Los forrajes que contienen pocos azúcares solubles para fermentar o un bajo contenido de materia seca no producen un ensilaje de buena calidad; por lo tanto, para inducir una buena fermentación es preciso aumentar el contenido de azúcares, ya sea agregándolos directamente (p. Ej. usando melaza) o introduciendo enzimas que puedan liberar otro tipo de azúcares presentes en el forraje.

Otro tipo de aditivos son los inóculos que son bacterias vivas disponibles comercialmente y que agregando ciertos BAC pueden acelerar y mejorar el proceso del ensilaje.

En casos de ensilajes con alto contenido de materia seca y poca disponibilidad de agua, la presencia de un BAC que sea tolerante a la alta presión osmótica pasa a ser el factor crítico para una buena fermentación.

Se debe tener en cuenta que este tipo de bacterias representan una porción muy pequeña de la microflora natural de los cultivos forrajeros.

Forrajes con más del 50% de materia seca se consideran muy difíciles de ensilar.

El ensilaje es la fermentación de los carbohidratos solubles del grano o del forraje por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas.

El producto final es la conservación del alimento porque la acidificación del medio inhibe el desarrollo de microorganismos.

Este proceso sirve para almacenar alimento en tiempos de cosecha y suministrarlo en tiempo de escasez, conservando calidad y palatabilidad a bajo costo, permitiendo aumentar el número de animales por hectárea o la sustitución o complementación de los concentrados. Este tipo de alimento se emplea para manejar ganado en forma intensiva, semi intensiva o estabulada.

El ensilaje es una excelente opción para la alimentación en las ganaderías del país por la gran variedad de granos y forrajes, la intensidad solar y el nivel de lluvias que existen en el trópico. Por las condiciones anteriores se pueden producir varias cosechas en el año, mientras en los países con estaciones solo se cosecha una vez al año.

También hay que destacar que en nuestro país más de la mitad del maíz y otros cereales que se utilizan para la elaboración de concentrados animales, sobretodo para ganado bovino, son importados; por lo que es un sistema de alimentación costoso para el ganadero, convirtiéndose así el ensilaje en un modo de alimentación más económica que puede cumplir con los requerimientos nutricionales del animal.

Casos como el de ensilaje de maíz en Colombia, se han convertido en una alternativa muy económica para los criaderos de ganado, dándoles a los animales más volumen corporal sin acumulación de grasa y con mayor aumento de peso mensual.

El ensilaje es un proceso principalmente empleado en países desarrollados; se estima que 200 millones de toneladas de materia seca son ensilados en el mundo anualmente, a un costo de la producción entre US \$100-150 por tonelada. Este costo comprende: la tierra y el cultivo (aproximadamente 50%), segado y polietileno (30%), silo (13%) y aditivos (7%). En Europa, los agricultores de países como Holanda, Alemania y Dinamarca almacenan más del 90 por ciento de sus forrajes como ensilaje.

Aún en países con buenas condiciones climáticas para la henificación, como Francia e Italia, cerca de la mitad del forraje es ensilado. Las cosechas más importantes para el ensilaje a nivel mundial son las de maíz, alfalfa y pastos, aunque también se ensilan trigo, sorgo y algunas legumbres.

Fases del Proceso de Ensilaje:

El ensilaje se logra por medio de una fermentación láctica espontánea en condiciones anaerobias. Las bacterias epifíticas de ácido láctico (BAC) fermentan

los carbohidratos hidrosolubles (CHS) del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético.

Al generarse estos ácidos el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. El proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas:

Fase 1 - Fase Aeróbica.  
Esta fase dura pocas horas.

El oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los microorganismos aerobios y aerobios facultativos como las levaduras y enterobacterias.

Además, hay actividad de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6,5-6,0). (Lea: 10 bondades del ensilaje que usted probablemente no conocía)

Las levaduras son microorganismos anaerobios facultativos y heterótrofos; cuya presencia en el ensilaje es indeseable porque bajo condiciones anaerobias fermentan los azúcares produciendo etanol y CO<sub>2</sub>

La producción de etanol disminuye el azúcar disponible para producir ácido láctico y produce un mal gusto en la leche<sup>10</sup> cuando se emplea para alimentar vacas lecheras.

Además, en condiciones aerobias muchas especies de levaduras degradan el ácido láctico en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, lo que eleva el valor del pH del ensilaje, permitiendo el desarrollo de otros organismos indeseables.

Las enterobacterias son organismos anaerobios facultativos y la mayoría de las que se encuentran en el ensilaje no son patógenas.

Su desarrollo en el ensilaje es perjudicial porque compiten con las BAC por los azúcares disponibles y porque degradan las proteínas.

La degradación proteica causa una reducción del valor nutritivo del ensilaje y genera compuestos tóxicos como aminos biogénicas y ácidos grasos de cadena múltiple.

Fase 2. Fase de Fermentación

Se inicia al producirse un ambiente anaerobio.

Puede durar de días a semanas dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones ambientales en el momento del ensilaje.

Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en la población predominante.

Debido a la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 a 5,0. Las bacterias que producen ácido láctico (BAC) pertenecen a la microflora epifítica de los vegetales.

Los componentes BAC que se asocian con el proceso de ensilaje pertenecen a los géneros: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Streptococcus*. La mayoría de ellos son mesófilos, o sea que pueden crecer en un rango de temperaturas que oscila entre 5° y 50 ° C, con un óptimo entre 25° y 40 ° C.

Son capaces de bajar el pH del ensilaje a valores entre 4 y 5, dependiendo de las especies y del tipo de forraje.

Todos los miembros del BAC son aeróbicos facultativos, pero muestran cierta preferencia por la condición anaerobia.12,13,14,15,16.

Las características del cultivo como contenido de azúcares, contenido de materia seca y composición de los azúcares, combinados con las propiedades del grupo BAC, así como su tolerancia a condiciones ácidas o de presión osmótica y el uso del substrato influirán sobre la capacidad de competencia de la flora BAC con las enterobacterias durante la fermentación del ensilaje.17,18

### Fase 3. Fase Estable

La mayoría de los microorganismos de la fase 2 lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Sólo algunas proteasas y carbohidrasas, y microorganismos especializados, como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo. Si el ambiente se mantiene sin aire ocurren pocos cambios.

Algunas bacterias indeseables en la fase 3 son las bacterias acidófilas, ácido tolerantes y aerobias. Por ejemplo *Acetobacter* spp, es perniciosa en el ensilaje porque puede iniciar una deterioración aeróbica, ya que puede oxidar el lactato y el acetato produciendo CO<sub>2</sub> y agua.

El género *Clostridium* es anaerobio, forma endosporas y puede fermentar carbohidratos y proteínas, por lo cual disminuyen el valor nutritivo del ensilaje, crea problemas al producir aminas biogénicas. La presencia de *Clostridium* en el ensilaje altera la calidad de la leche ya que sus esporas sobreviven después de transitar por el tracto digestivo y se encuentran en las heces; además puede contaminar la leche.

Los *Bacillus* spp son bacterias aerobias facultativas que forman esporas. Fermentan un amplio rango de carbohidratos produciendo ácidos orgánicos (p. Ej.: acetatos, lactatos y butiratos) o etanol, butanodiol o glicerol.

Algunas especies de *Bacillus* producen sustancias fungicidas y se los ha utilizado para inhibir el proceso de deterioro aeróbico en ensilajes, pero con excepción de estas especies, el desarrollo de los bacilos en el ensilaje es considerado como indeseable.

Lo anterior, porque son menos eficaces como productores de ácido láctico y acético comparado con el grupo BAC7 y que en la etapa final incrementan el deterioro aerobio.

#### Fase 4. Fase de Deterioro Aerobio

Ocurre en todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire para su empleo, pero puede ocurrir antes por daño de la cobertura del silo (p. Ej. roedores o pájaros). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas.

La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético.

Esto aumenta el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, los bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aerobios, también facultativos, como mohos y enterobacterias.

Los mohos son organismos aerobios cuya presencia en el ensilaje se detecta por la aparición de filamentos de diversos colores, de acuerdo a las especies presentes. Se desarrollan en cualquier sitio del ensilaje donde encuentren oxígeno, inclusive trazas.

En un buen ensilaje eso ocurre sólo al inicio del almacenamiento y se restringe a la capa exterior de la masa ensilada, pero durante la fase del deterioro aerobio todo el ensilaje puede ser invadido por mohos.

Las especies que se presentan frecuentemente pertenecen a los géneros *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Byssochlamys*, *Absidia*, *Arthrinium*, *Geotrichum*, *Monascus*, *Scopulariopsis* y *Trichoderma*. Los mohos disminuyen el valor nutritivo, la palatabilidad del ensilaje y son un riesgo para la salud de los animales y las personas.

#### Fermentación

La fermentación ácida es una reacción de oxidación-reducción balanceada internamente, en la cual algunos átomos de la fuente de energía quedan reducidos y otros quedan oxidados.

Solamente una pequeña cantidad de energía se libera durante la fermentación de la glucosa, la mayor parte de la energía permanece en el producto de fermentación reducido.

Catabolismo de la glucosa por una bacteria del ácido láctico:



Glucosa  $\rightarrow$  ácido láctico

La energía liberada en la fermentación de la glucosa a ácido láctico se conserva por fosforilaciones a nivel de sustrato en forma de enlaces fosfato de alta energía en el ATP, con una producción neta de dos de esos enlaces en cada caso.

Clases de almacenamiento:

El ensilaje es guardado en una estructura llamada silo. La capacidad del silo se determina de acuerdo a las necesidades. Varios tipos de silo se pueden usar para almacenar el ensilaje como:

- Silo en montón: Es una pila cubierta y sellada con plástico y luego con tierra u otros materiales.
- Silo en trinchera o zanja: Es una zanja cubierta con plástico y luego con una capa de tierra, debe tener canaleta para el escurrimiento de agua lluvia. Sus dimensiones se calculan para establecer una profundidad que garantice una exposición mínima del forraje ensilado al aire.
- Silo en torres: Torres de almacenamiento con zonas independientes de llenado y descarga.
- Silo canadiense: Es una combinación del silo de montón y de trinchera. Se hace la pila y se cubre con plástico y tierra, y se sella lateralmente con barro.

Aditivos

Se pueden emplear diferentes aditivos para acelerar el proceso como melaza, pulpa de cítricos y maíz triturado. Estos proveen una fuente de azúcares solubles que la bacteria utiliza para producir ácido láctico. Si el forraje ensilado posee niveles de humedad superiores al 70%, los aditivos aseguran que el nivel de azúcares solubles sea suficiente para realizar el proceso. Ensilajes de maíz y de sorgo contienen suficiente cantidad de azúcares solubles y normalmente no requieren aditivos.

Los forrajes que contienen pocos azúcares solubles para fermentar o un bajo contenido de materia seca no producen un ensilaje de buena calidad; por lo tanto, para inducir una buena fermentación es preciso aumentar el contenido de azúcares, ya sea agregándolos directamente (p. Ej. usando melaza) o introduciendo enzimas que puedan liberar otro tipo de azúcares presentes en el forraje.

Otro tipo de aditivos son los inóculos que son bacterias vivas disponibles comercialmente y que agregando ciertos BAC pueden acelerar y mejorar el proceso del ensilaje.

En casos de ensilajes con alto contenido de materia seca y poca disponibilidad de agua, la presencia de un BAC que sea tolerante a la alta presión osmótica pasa a ser el factor crítico para una buena fermentación. (Lea: Los beneficios de dar silo de avena al ganado de leche en la Sabana)

Se debe tener en cuenta que este tipo de bacterias representan una porción muy pequeña de la microflora natural de los cultivos forrajeros. Forrajes con más del 50% de materia seca se consideran muy difíciles de ensilar.