

# CONSERVACIÓN DE FORRAJES (V): FUNDAMENTOS DEL ENSILADO



Como ya señalábamos en el nº 219 de Frisona Española al hablar del interés de la conservación de forrajes, el objetivo fundamental de estas técnicas es conservar al máximo la calidad nutricional presente en el forraje en el momento de la recolección, asegurando además que el alimento sea bien consumido.

El ensilado facilita la recolección del forraje en condiciones extremas, en las que es difícil utilizar otra forma de conservación (por ejemplo, por condiciones climatológicas adversas), además de posibilitar la conservación de forrajes en los que no es posible el henificado, como el maíz, o de subproductos industriales de gran interés como alimento, pero que de no ensilarse<sup>1</sup> se estropearían o perderían gran parte de su valor nutritivo. Mediante el ensilado se puede conseguir una conservación adecuada de los alimentos, aunque para ello es necesario respetar unas reglas definidas de recolección, realización, almacenamiento y distribución que serán objeto de éste trabajo y de los que aparezcan en próximos números de esta revista.

**Antonio Callejo Ramos.** Dr. Ingeniero Agrónomo.  
Dpto. Producción Agraria  
E.T.S.I. Agronómica, A. y de B.-U.P.M.  
antonio.callejo@upm.es  
[www.linkedin.com/in/antoniocallejoramos](http://www.linkedin.com/in/antoniocallejoramos)  
<http://blogs.upm.es/acallejo/>

El conocimiento de los procesos químico-biológicos que se producen en el forraje, así como de los factores que afectan al proceso tienen una importancia vital sobre los resultados finales y la eficacia de esta técnica de conservación.

También se explicarán los factores que afectan al proceso de ensilado, ya sea ligados al producto que se ensila (principalmente debidos a su composición química) o a la forma de realización del proceso, así como la posibilidad de empleo de determinados conservadores que facilitarán su realización y que variarán dependiendo de las características anteriores. Una vez estudiados estos factores se señalarán las operaciones más adecuadas para la realización de un correcto ensilado.

El proceso de ensilado, según se desarrolle, dará lugar a una serie de pérdidas de calidad que serán de mayor o menor importancia según el control que se haya realizado sobre los factores que influyen en dicho proceso. Dedicaremos otro trabajo a hablar de estas pérdidas.

Otro aspecto a comentar en alguno de los próximos números será el de los tipos de silo en los que puede realizarse el ensilado, desde sencillas almiares de bajo coste hasta silos costosos que presentan la ventaja de poder ser llenados de forma continua. También estudiaremos las técnicas de ensilado basadas en la utilización de grandes pacas y de grandes bolsas, o las consistentes en el recubrimiento con plástico de pacas redondas, junto con el dimensionamiento de los distintos silos y la forma de desensilado de los mismos.

El valor nutritivo de los ensilados medido a través de su valor energético y proteico, de su contenido en fibra, así como de su ingestión será también objeto de un próximo trabajo. Comentaremos los alimentos más comúnmente conservados mediante esta técnica (maíz, herbáceos y subproductos), señalándose las características que pueden afectar en mayor medida a su capacidad para ser ensilados, los problemas que pueden presentarse y dando recomendaciones para su utilización.

En el lado de los inconvenientes o desventajas del ensilado está el hecho de que su mercado es geográficamente muy limitado. La elevada cantidad de agua del forraje o del producto de partida hace que su transporte sea muy costoso, por lo que

<sup>1</sup> Podrían conservarse deshidratados, pero el proceso de deshidratación es costoso y es necesario rehidratarlos antes de su uso.

debe ser obtenido cerca del lugar de su ensilado y posterior consumo. Mayores posibilidades ofrece el transporte de pacas de forraje ensilado, envueltas en plástico en la propia elaboración, pero teniendo presente que la rotura del plástico durante la manipulación y transporte causará un deterioro más o menos rápido del "silo-paca".

Desde el punto de vista ambiental, hay que considerar el elevado potencial contaminante de los efluentes<sup>2</sup> que se generan en mayor o en menor medida en un silo, por lo que el silo debe estar bien sellado y estar prevista la recogida de estos efluentes para evitar que lleguen a cursos de agua o se filtren en el terreno. Tampoco debe olvidarse el olor del ensilado, que puede resultar molesto en el vecindario cercano<sup>3</sup>. Finalmente, la eliminación de los plásticos residuales también puede convertirse en un serio problema de gestión de residuos.

### Concepto de ensilado

El ensilado, en pocas palabras, consiste en la conservación de forrajes frescos, o de otros alimentos, con elevado contenido en humedad, en unos reservorios o almacenes especiales denominados silos, protegidos del aire, la luz y la humedad exteriores.

El objetivo esencial del ensilado es conservar los forrajes (o los subproductos agroindustriales) con un mínimo de pérdidas de materia seca (en adelante, MS) y de nutrientes, manteniendo una adecuada apetecibilidad por el ganado y sin que se produzcan durante el proceso sustancias que puedan ser tóxicas para el animal. El interés primordial de la conservación en forma de ensilado es la posibilidad de recolectar los forrajes en un estado vegetativo óptimo de forma rápida y mecanizada, sin depender de las condiciones climatológicas, así como conservar aquellos otros que por su naturaleza no pueden ser henificados o desecados de forma económica, como el maíz, los cereales forrajeros, hojas y pulpa de remolacha, cítricos y otros subproductos de la industria alimentaria.

Como cualquier otro método de conservación, permite aprovechar el superávit de forraje producido en primavera, y a veces en el otoño, y suministrarlo durante las épocas de escasez del invierno. También facilita la mecanización de las explotaciones, ya que todo el proceso de recolección, realización del ensilado y distribución del mismo puede ser mecanizado.

Recordará el lector que cuando abordábamos los fundamentos de la henificación (Frisona Española nº 220), comentamos que la planta continua "respirando" mientras el contenido en MS fuera inferior al 70-80%, ocasionando pérdidas de MS y de nutrientes. Por ello, en el ensilado es necesario interrumpir rápidamente este proceso, lo que se logrará eliminando el oxígeno presente en la masa de forraje que se quiere ensilar.

Estas condiciones de anaerobiosis estimulan el crecimiento de bacterias ácido-lácticas y previenen el crecimiento de levaduras y mohos, que son microorganismos aerobios. El crecimiento bacteriano sin oxígeno es lo que queremos que se produzca en un silo. Las bacterias usan los azúcares de la planta para producir ácidos orgánicos (ácidos láctico, acético y propiónico, fundamentalmente), reduciendo el pH. En su momento veremos que también pueden producirse fermentaciones indeseables.

### Fases del proceso de ensilado

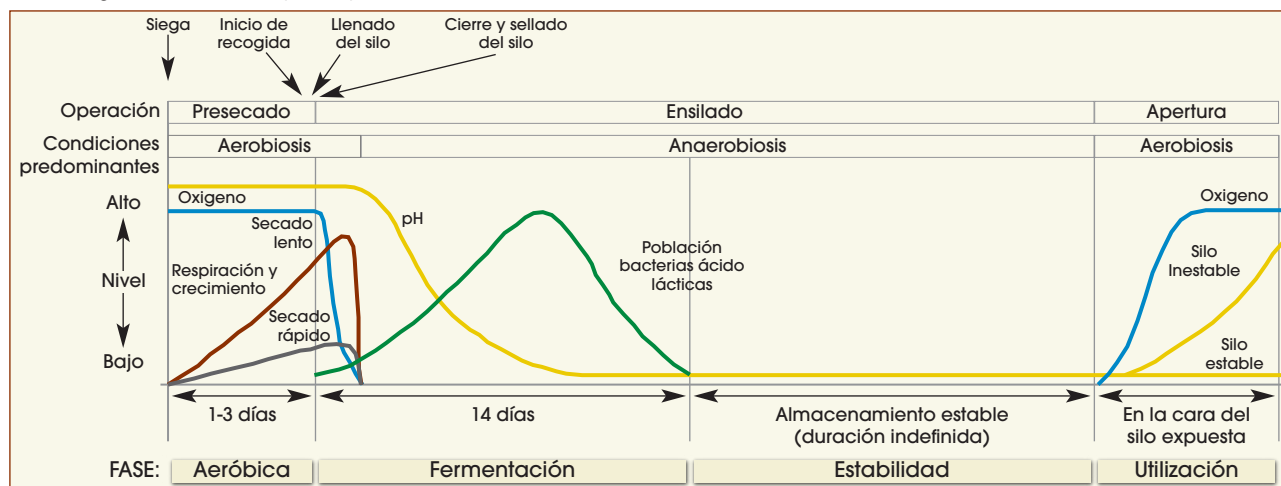
El proceso de conservación de forraje mediante ensilado tiene 4 fases: aeróbica, fermentación, estabilización y utilización (Figura 1).

#### 1. Fase aeróbica

Esta fase comienza cuando el forraje es segado, y se prolonga mientras no se alcancen las condiciones de anaerobiosis en el silo. Los cambios en la composición del forraje se deben principalmente a las enzimas de la planta. Al inicio de esta fase aeróbica, la enzimas desdoblan los carbohidratos de estructura más compleja (fructanas, almidón y hemicelulosa) en azúcares simples (solubles en agua, en adelante CSAs<sup>4</sup>). Las enzimas continuarán degradando estos CSAs durante el proceso de respiración hasta que no pueda continuar por falta de sustrato (CSAs) o por falta de oxígeno. Las enzimas, entonces, continuarán degradando las proteínas a diversos compuestos de nitrógeno no proteico (en adelante, NNP) como péptidos, aminoácidos, amidas y amonio, en un proceso conocido como proteólisis.

**Respiración.** La respiración no es deseable porque conlleva pérdida de MS, de energía y de CSAs requeridos por las bacterias ácido lácticas para la fermentación. Aunque es inevitable, un buen proceso de ensilado debe minimizar estas pérdidas.

Figura.1. Cambios que se producen durante las distintas fases de un ensilado bien realizado



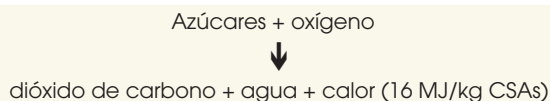
<sup>2</sup> Hablaremos de los efluentes en el trabajo dedicado a explicar las pérdidas en el ensilado.

<sup>3</sup> Si la explotación está suficientemente alejada de núcleos poblados, este problema puede considerarse despreciable.

<sup>4</sup> CSAs: carbohidratos solubles en agua

## Fundamentos del ensilado

Durante la respiración, los CSAs son transformados en dióxido de carbono y agua, desprendiéndose energía en forma de calor:



Puesto que es un proceso aeróbico, la respiración cesa cuando se alcanzan condiciones anaeróbicas en el silo. La duración de la fase de respiración depende de numerosos factores, que incluyen las características del forraje, la permanencia del forraje en el campo, las condiciones en que permanece, el tiempo entre la siega y la compactación del forraje y sellado del silo y el grado de compactación alcanzado.

La respiración es bastante reducida cuando el nivel de MS alcanza el 50-60%, pero se incrementa con la temperatura, independientemente del contenido en MS.

Si la respiración se prolonga excesivamente se producirá una gran cantidad de calor. Estas altas temperaturas dañan la proteína y reducen su digestibilidad a causa de las reacciones de pardeamiento (reacción de Maillard o caramelización de los azúcares).

Los silos deteriorados por el calor tienen un agradable aroma a azúcar quemado, dulce y son muy palatables para el ganado. Sin embargo, su digestibilidad es muy baja y sólo sería adecuado para cubrir necesidades de mantenimiento del animal. Esta significativa pérdida de calidad se debe a que la excesiva temperatura alcanzada liga la proteína y los aminoácidos a la fracción de hemicelulosa, incrementando la fibra indigestible y el contenido en ácido detergente insoluble en nitrógeno (ADIN). Los silos con un contenido en MS superior al 50% son más susceptibles al daño por calor. La digestibilidad se verá reducida si la temperatura en el interior del silo alcanza los 50°C.

**Proteolisis.** Las materias nitrogenadas de las plantas están constituidas en su mayor parte por proteínas (70-80% del total) y, en menor cuantía, por aminoácidos libres, aminos y formas minerales (iones nitrato y amonio). Las enzimas proteasas hidrolizan las proteínas vegetales en péptidos y aminoácidos. Esta proteólisis disminuye a medida que el medio se acidifica y se detiene cuando el pH baja de 4. Esto explica que, incluso en buenos ensilados, el contenido en nitrógeno soluble sea mayor que el de la planta verde y que pueda representar más de la mitad del nitrógeno total.

La proteólisis no es deseable que suceda pues el ganado no es capaz de usar en el rumen tan eficientemente la proteína degradada. El grado de proteólisis varía considerablemente y no parece depender de la especie botánica ni del contenido nitrogenado de ésta. Si la permanencia del forraje en el campo es reducida también lo es la cantidad de proteína degradada en el forraje. Lo contrario sucede si la permanencia del forraje en el campo, una vez segado y a la espera de ser recogido, se prolonga.

Por tanto, es imprescindible realizar un correcto apisonado del forraje en los silos clásicos y una correcta expulsión del aire en las grandes bolsas que se emplean actualmente. Una vez lleno el silo o la bolsa, es imprescindible efectuar un correcto sellado para impedir la entrada de aire. Si el forraje es finamente picado y el contenido en MS no es muy alto, la compactación será más rápida y eficaz.

## 2. Fase de fermentación

**Fermentación acética.** Las primeras bacterias que actúan en el ensilado son las bacterias aerobias y las anaerobias facultativas, que pueden desarrollarse en presencia o en ausencia de oxígeno. No son muy beneficiosas para el ensilado pues destruyen gran parte de los azúcares y proteínas, además de producir gran cantidad de ácido acético y de anhídrido carbónico, además de incrementar el poder tampón, dificultando el descenso del pH.

Las más importantes son las enterobacterias (habitualmente *E. coli*), que suelen encontrarse en muy pequeña cantidad. Compiten con las bacterias ácido lácticas por los CSAs. Pueden decarboxilar y desaminar aminoácidos, lo que determina la producción de grandes cantidades de amoníaco. El pH óptimo para el crecimiento de estas bacterias está alrededor de 7 y suelen ser activas únicamente en las fases iniciales de la fermentación, cuando el pH es favorable para su multiplicación. En un buen ensilado estas bacterias dejan pronto de actuar y su acción suele durar sólo unas pocas horas, por lo que en estos ensilados se encuentra muy poco ácido acético.



**Fermentación láctica.** La fase de fermentación láctica comienza cuando se alcanzan las condiciones de anaerobiosis dentro de la masa de forraje a ensilar. El principal objetivo de esta fase fermentativa es reducir el pH del forraje ensilado a un valor entre 3,8 y 5,0 con el fin de restringir el crecimiento de microorganismos indeseables (como enterobacterias y clostridios). Si la fermentación es lenta y, por tanto, también es lenta la acidificación, se incrementan las pérdidas de MS y se reduce la palatabilidad del forraje, a la vez que se favorece la fermentación por enterobacterias, tal y como explicábamos anteriormente. Las principales responsables de la fermentación del silo, y cuyo crecimiento debe favorecerse, son las bacterias ácido-lácticas.

Las bacterias ácido lácticas se clasifican en **homofermentativas**, que dan mejores rendimientos porque solamente producen ácido láctico, y **heterofermentativas**, que además de ácido láctico producen ácido acético, alcohol y anhídrido carbónico, lo que se traduce en pérdidas de MS asociadas a la producción de gas.

**Fermentación butírica.** Si el pH no desciende con rapidez o no llega a un valor bajo debido a una cantidad insuficiente de azúcares o a un elevado poder tampón del forraje, se desarrollan las bacte-

rias butíricas, microorganismos anaerobios del género *Clostridium*, que se encuentran generalmente en la tierra bajo forma de esporas. Las especies sacarolíticas de este género de bacterias atacan a los azúcares residuales y al ácido láctico ya formado, transformándolos en ácido butírico, con desprendimiento de anhídrido carbónico e hidrógeno gaseoso, por lo que el pH se eleva y acelera la reacción. Las especies proteolíticas atacan a los aminoácidos transformándolos bien en amoníaco, ácidos grasos volátiles y anhídrido carbónico, bien en aminas como histamina, cadaverina o putrescina que pueden ser tóxicas. El ensilado se desestabiliza, pierde MS, reduce su valor nitrogenado real y se hace inconsumible.

Los ensilados que desarrollan una fermentación butírica acusada presentan, por lo tanto, las siguientes desventajas:

- altas pérdidas de materia seca y energía durante el almacenamiento,
- baja ingesta,
- valor nitrogenado reducido,
- en casos extremos presentan problemas de toxicidad potencial para el ganado y, adicional-



mente, existe riesgo de contaminación ambiental de la leche por esporas, lo que interfiere en los procesos de transformación de la leche en determinados tipos de quesos.

Un descenso rápido de pH a valores próximos de 4,0-4,2 disminuye la posibilidad de crecimiento clostridiano en el silo.

**Fermentaciones secundarias.** Hay otro tipo de fermentaciones provocadas por mohos, muy abundantes en la hierba recién segada, que tienen lugar en el caso de introducción de oxígeno en el interior del silo, bien por alteración de su estanqueidad o por la apertura del mismo. Estas fermentaciones pueden desarrollarse rápidamente cuando subsisten cantidades importantes de azúcares en el forraje, lo que ocurre cuando el contenido en MS es elevado o cuando se han empleado productos bacteriostáticos para su conservación.

Los hongos que se encuentran en el suelo y en la vegetación se multiplican como células únicas (levaduras) o como colonias filamentosas multicelulares (mohos).

Las levaduras que se encuentran en los ensilados (*Cándida*, *Saccharomyces* y *Torulopsis*) realizan funciones importantes en el deterioro de los silos al quedar expuestos al aire. Se desarrollan a pH de 1,3

a 2,5, por lo que resisten la acidez del ensilado. Crecen tanto en presencia como en ausencia de oxígeno; su presencia hace la multiplicación más rápida y abundante, dando lugar a la producción de ácido acético, anhídrido carbónico y agua. En ausencia de oxígeno producen alcohol por fermentación de azúcares residuales.

La mayoría de los mohos son aerobios estrictos y son activos en las capas superficiales de los ensilados. Utilizan para su desarrollo azúcares y ácidos orgánicos, produciendo anhídrido carbónico y calor. Debe evitarse su multiplicación porque producen toxinas que pueden resultar muy peligrosas para la salud de los animales (*Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*).

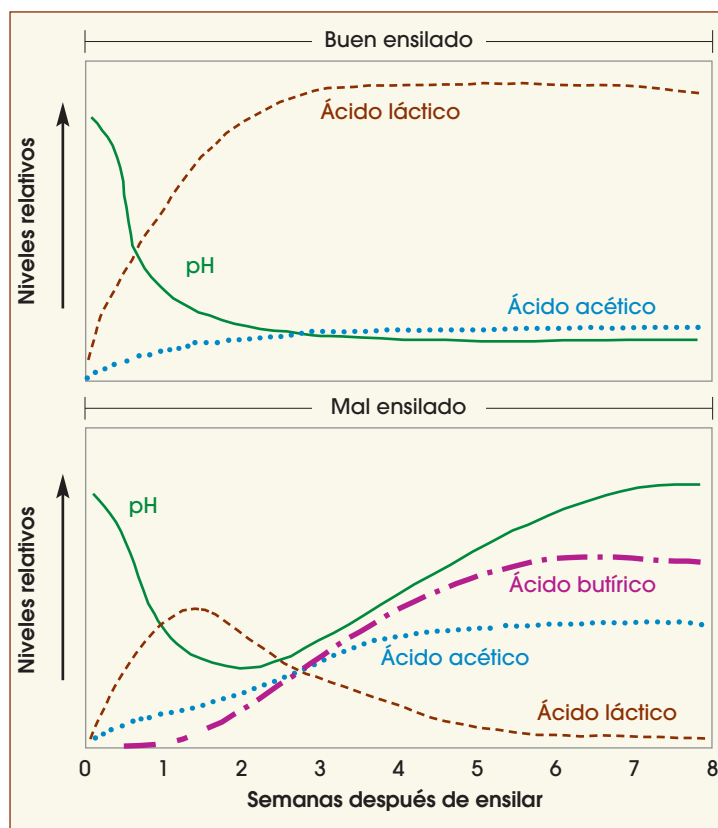
La degradación por mohos y levaduras eleva la temperatura y el pH del ensilado, provoca pérdidas de MS y lo convierte en un producto poco apetecible e incluso tóxico.

Por tanto, el perfil de fermentación de un buen ensilado muestra un rápido y temprano crecimiento de los niveles de ácido láctico, que debería mantenerse durante todo el período de almacenamiento (Figura 2). Puede haber también significativas concentraciones de ácido acético y ácido propiónico, pero el de ácido butírico debe ser muy bajo. Sin embargo, en silos deficientemente preparados y de peor calidad, los niveles de acético y propiónico son más elevados.

Esta segunda fase, de fermentación, dura entre 7 y 30 días. La fermentación se interrumpe cuando falta el sustrato (azúcares solubles) o cuando el crecimiento de las bacterias ácido lácticas es inhibido por el bajo pH alcanzado.

La humedad del forraje tiene un notable efecto sobre la fermentación. Cuando es elevada (>70%) los silos fermentan más rápidamente, mientras que la fermentación de forrajes con menos del 50% de humedad es menos intensa y más lenta.

**Figura 2.** Perfiles típicos de ácidos orgánicos en silos de buena y de mala calidad.



# Fundamentos del ensilado

### 3. Fase de estabilidad

Cuando la cantidad de ácido láctico formado es suficiente para que el pH descienda por debajo de 4 se inhibe totalmente la actividad y desarrollo de las bacterias, incluidas las lácticas, así como la acción de las enzimas proteolíticas de la planta. Se llega entonces a una situación de estabilidad en el ensilado que permite su conservación casi indefinida, a condición de que no haya entrada de oxígeno.

El ensilado es estable durante meses o incluso años a condición de que se mantengan las condiciones anaerobias. La gradual entrada de oxígeno provoca actividad microbiana aeróbica, que se acelera durante la fase de apertura y utilización del silo. No obstante, en la práctica, la mayoría de los ensilados son consumidos en un máximo de un año desde su preparación.

### 4. Fase de utilización

Con el fin de minimizar las pérdidas, el ensilado debe ser consumido lo más rápidamente posible una vez que ha sido extraído del silo. Los microorganismos aerobios, hasta ahora latentes, crecen con rapidez cuando el silo es expuesto al aire, especialmente en la superficie de ataque del silo, la más expuesta. Estos microorganismos utilizan los azúcares presentes, los ácidos láctico y acético, produciendo CO<sub>2</sub>, agua y calor.

El deterioro aeróbico se produce más rápidamente en silos que aún tienen elevados niveles de azúcares sin fermentar y en silos de baja humedad que, a menudo, tienen un pH más elevado de lo deseable y baja densidad.

La figura 3 muestra la relación entre el tiempo de permanencia en el campo (es decir % de MS del forraje al ser ensilado), los azúcares residuales en el silo y la estabilidad aeróbica. La palatabilidad del silo también se reduce por los cambios que se producen durante el deterioro aeróbico.

Para limitar este deterioro, el silo debe ser consumido rápidamente, lo que requiere de un adecuado cálculo de las dimensiones del silo para garantizar este consumo diario y un avance suficiente del frente de ataque<sup>6</sup>.

Las pérdidas de MS por una excesiva exposición al aire pueden superar el 30%. La penetración del aire es mayor en silos de baja densidad, poco compactados, y en aquellos con una superficie de ataque más irregular. La figura 4 muestra que una menor penetración del aire en la masa de forraje ensilado y un incremento del ritmo de consumo puede reducir significativamente el incremento de temperatura, en especial en silos poco estables.

### Factores que afectan a la fermentación del ensilado

Los principales factores que determinan la calidad de la fermentación y, por tanto, del ensilado son los siguientes:

- Contenido del forraje en CSAs
- Capacidad tampón (o buffer) del forraje
- Contenido en humedad del forraje
- Relación azúcares/proteína
- Microorganismos predominantes
- Velocidad de fermentación

Estos factores son interdependientes y pueden verse afectados por el manejo del silo, es decir, por el proceso de llenado, cerrado y utilización del silo.

### Contenido en Carbohidratos solubles en agua (CSAs)

Son la principal fuente de energía de los microorganismos presentes en el forraje. Los azúcares que van a fermentar son la fructosa, glucosa y sacarosa. Otros carbohidratos como almidón, celulosa y hemicelulosa van a fermentar de manera muy limitada.

Figura 3. Efecto del nivel de MS sobre el contenido de azúcares no fermentados y la subsiguiente estabilidad aeróbica<sup>5</sup>. (Wiss, 1999)

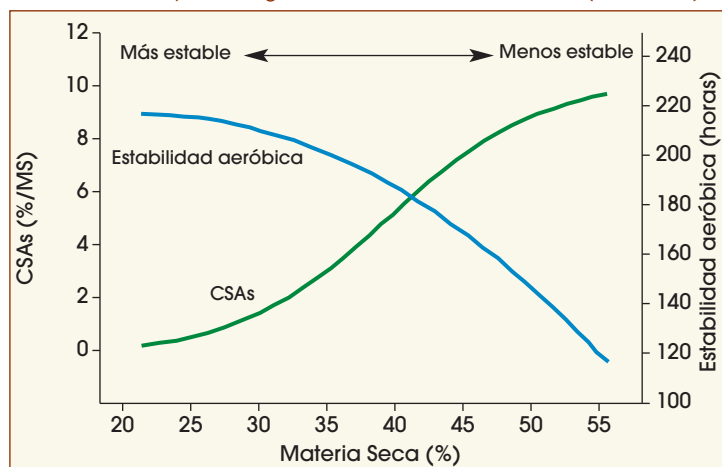
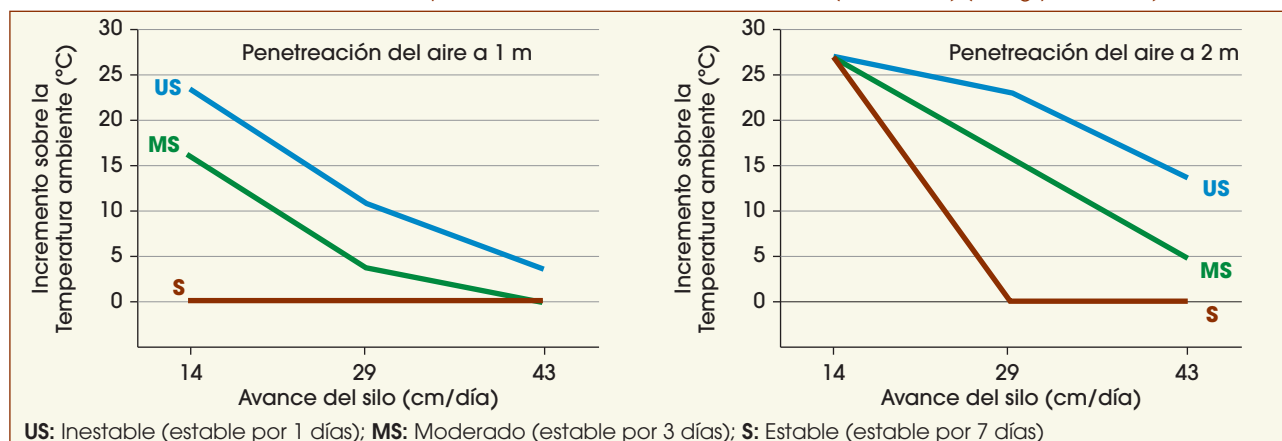


Figura 4. Efectos de la estabilidad del ensilado, la profundidad de penetración del aire (densidad del forraje) y tasa de consumo diario sobre la temperatura del silo durante su utilización. (35% de MS) (Honig y col., 1999).



<sup>5</sup> Se define como el número de horas necesarias para alcanzar 1°C sobre la temperatura ambiente

<sup>6</sup> Hablamos de silos convencionales, de paredes de hormigón o de silos zanja, donde el frente de consumo puede tener dimensiones considerables. Los silos embolsados suelen tener menores problemas por su menor sección.

## Fundamentos del ensilado

En condiciones normales, se requiere un mínimo de 6 a 12 % sobre MS de estos azúcares para una adecuada fermentación; de lo contrario, el pH no disminuirá a un nivel suficientemente bajo. Por ello, es importante entender los factores que influyen en el contenido en CSAs de los forrajes:

- **Tipo de planta** (Tabla 1). Las leguminosas, tanto de climas templados como tropicales, contienen niveles bajos de CSAs, y esta es una de las razones por las que se ensilan con dificultad. Las gramíneas, en cambio, tienen un nivel de azúcares suficientes, aunque a veces depende del estado de maduración de la planta. En la cebada, por ejemplo, el contenido en azúcares aumenta hasta que el grano está en estado lechoso<sup>7</sup>. Las gramíneas tropicales contienen menor nivel de azúcares que las de climas templados (Figura 5).

**Tabla 1.** Azúcares requeridos (%/MS) para una máxima fermentación a distintos niveles de MS (Pitt, 1990)

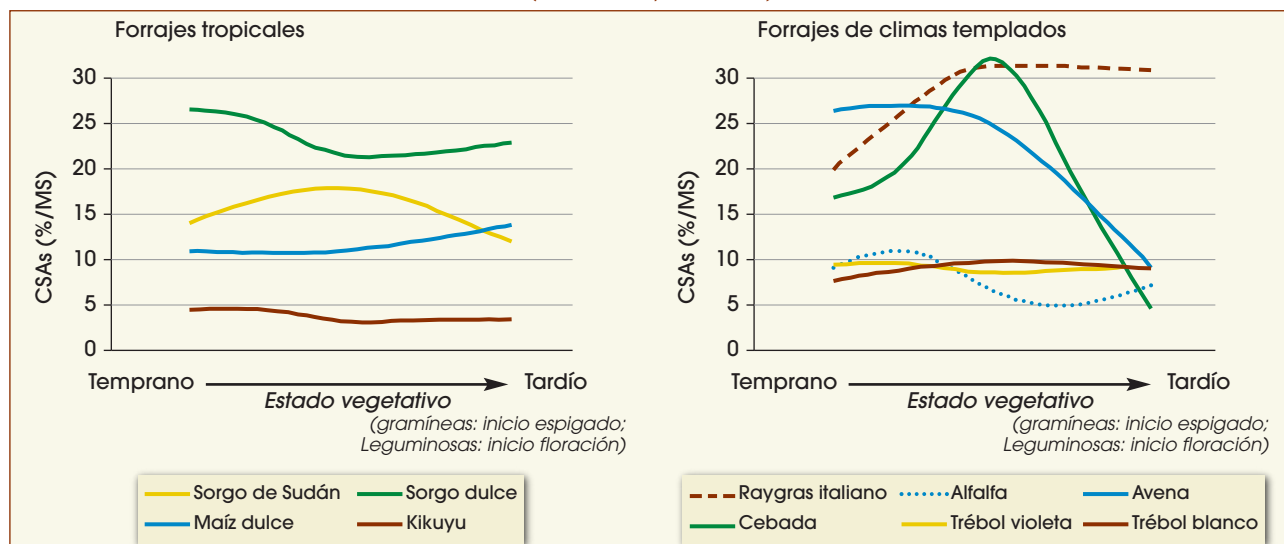
% MS	Nivel mínimo inicial de azúcar requerido (%/MS)		
	Alfalfa	Hierba	Maíz
17	34	28	20
20	25	19	14
25	21	14	10
30	17	10	7
35	14	7	5
40	10	5	4
45	7	3	
50	6	2	
Rango típico	4-15	10-20	8-30

*Las cajas indican el rango de MS en el que el contenido habitual de azúcares es suficiente para una óptima fermentación*

- **Estado de crecimiento.** El contenido en CSAs de las gramíneas perennes aumenta conforme madura la planta (Figura 5).
- **Condiciones de crecimiento.** Las plantas contienen mayor cantidad de CSAs cuando crecen en tiempo frío y soleado. Una excesiva pluviosimetría durante el crecimiento puede reducir este contenido hasta el 50%.

<sup>7</sup> Después disminuye y aumenta el contenido en almidón

**Figura 5.** Influencia del estado de crecimiento en el momento de la siega sobre el contenido de CSAs de diferentes forrajes (McDonald y col., 1991)



- **Condiciones de manejo.** El contenido en CSAs disminuye mientras el forraje permanece en el campo. Si esta permanencia se prolonga excesivamente, la reducción de la cantidad de azúcares puede comprometer el proceso posterior de ensilado.
- **Sequía.** Reduce el contenido en CSAs del forraje
- **Variaciones diarias.** La concentración de azúcares en la planta parece incrementarse por la mañana y disminuir por la tarde
- **Fertilización.** Altas dosis de fertilización nitrogenada pueden incrementar la concentración en nitrógeno de los forrajes, lo que no es deseable en el proceso de ensilado. Algunos de los compuestos nitrogenados del forraje pueden terminar convirtiéndose en ion amonio, que tiene a incrementar el pH del ensilado.
- **Densidad de plantación.** El contenido en CSAs disminuye si la densidad de plantas es elevada.

### Capacidad tampón (o buffer)

Representa la resistencia que opone la planta a las variaciones del pH del medio y en particular a su acidificación. Cuanto mayor sea el poder tampón más ácido láctico será necesario que se forme en el ensilado para poder alcanzar el pH óptimo, y mayor cantidad de azúcares fermentables serán necesarios para poder proporcionar dicho ácido láctico. De forma práctica, se puede expresar como la cantidad de ácido láctico (en % sobre MS) que es necesario para alcanzar un pH de 4:

- Maíz planta entera: 2%
- Hierba de gramínea: 3%
- Alfalfa: 6%

Desde el punto de vista químico, el poder tampón se expresa como los miliequivalentes de NaOH que se necesitan para cambiar el pH de 4.0 a 6.0 en un kilo de MS de forraje (Tabla 2).

Por tanto, los forrajes con elevado poder tam-

**Tabla 2.** Poder tampón de algunos forrajes (Adaptado de MaDolnad, 1973)

Forraje	Poder tampón
Maíz forrajero	200
Hierba	300
Raygrass	250-400
Alfalfa	400-600
Trébol	500-600

pón presentarán dificultades para ser ensilados. El poder tampón depende fundamentalmente de:

- El contenido en materias nitrogenadas de la planta. Cuanto mayor sea dicho contenido, especialmente a partir de un 25% de proteína bruta, mayor será el pH obtenido en el ensilado.
- El contenido en ácidos orgánicos y sales de estos ácidos (cítrico, málico, citromálico, succínico, ...). Son los componentes que más afectan al poder tampón ya que éste depende en un 60-80% de los mismos.
- El contenido en sales minerales derivadas del Ca y del P. Las proteínas y las sales minerales sólo intervienen en un 20% en el poder tampón de los forrajes.
- La naturaleza e importancia de los productos de degradación resultantes de la fermentación, que pueden doblar o triplicar el poder tampón.

### Contenido en agua del forraje

Una propiedad esencial del agua con relación a los organismos vivos es su tendencia a desplazarse en el sentido de las concentraciones crecientes, lo que sucede siempre que dos soluciones de distinta concentración están separadas por una membrana semipermeable (ósmosis).

En la práctica, la presión osmótica significa que los microorganismos que se desarrollan sobre sustratos más concentrados que ellos mismos deben entonces no sólo resistir a esta presión, que tiende a hacerles perder su propia agua, sino también ser capaces de extraerla del sustrato para asegurar su crecimiento. La estabilidad de un ensilado tiene lugar a un pH más alto cuando la presión osmótica del forraje es elevada. Es decir, cuanto mayor es su nivel de MS.

Los microorganismos presentes en el ensilado tienen sensibilidades distintas a esta presión osmótica. Así, los lactobacilos, bacterias lácticas favorables, son alrededor de dos veces más resistentes a una elevación de aquélla que las bacterias butíricas.

El efecto de la elevación del nivel de MS de los ensilados es un medio de mejorar su conservación, tanto por reducción de la actividad fermentativa y, por tanto, de las pérdidas de materia orgánica, como por un aumento de la calidad de la conservación debido esencialmente a la fuerte disminución de la acción de microorganismos desfavorables. Para que estos efectos sean sensibles es necesario alcanzar un contenido en MS elevado, del orden de 30 a 35%. La degradación del ácido láctico y la producción de amoníaco por bacterias butíricas se ven así considerablemente atenuados (Figura 6).

En general, cuanto menor es el nivel de humedad del forraje mayor es el valor de pH a la que se alcanza la estabilidad anaeróbica. Los ácidos orgánicos se pierden en este proceso de secado y ello reduce el poder tampón del forraje, lo que ayuda al proceso de ensilado. Esta es la razón por la que un presecado del forraje en el campo antes de llevarlo al silo es beneficioso para los forrajes que tienen menor contenido en CSAs y alto poder tampón (Tabla 3).

Por otra parte, cuanto mayor es la humedad del forraje que se ensila mayor es la producción de efluentes, de elevado potencial contaminante por su alto contenido en nutrientes, lo que puede suponer una importante pérdida de valor nutritivo del silo.

### Relación azúcares fermentables/proteínas

Dado que un forraje es más fácil de ensilar cuanto más bajo es su contenido en proteínas o

más alto es el de azúcares, la relación indicada es importante a la hora de definir la aptitud de un forraje para ser ensilado, siendo tanto más fácil de realizar cuanto más elevada sea esta relación. Varía de un forraje a otro (Tabla 4), pero también para un mismo forraje según el estado vegetativo.

Cuando esta relación es superior a 0,8, la flora láctica es suficiente y el contenido en MS del forraje está entre 20 y 30%, no es necesario el uso de conservadores. Si la relación está entre 0,4 y 0,8, se puede evitar el uso de éstos si se realiza una laceración (acondicionado) del forraje. Cuando la relación es inferior a 0,4, el empleo de un conservador es indispensable.

### Microorganismos predominantes

La fermentación más adecuada se produce cuando las bacterias predominantes son las productoras de ácido láctico (bacterias ácido-lácticas). Están presentes en el forraje fresco en cantidades muy variables<sup>8</sup>, ignorándose los factores que tienen mayor influencia en la composición de esta flora. Normalmente los forrajes contienen suficiente cantidad de bacterias lácticas y no es necesaria su inoculación mediante el uso de aditivos, excepto para las hierbas que han sido fertilizadas con purines, en las que la flora láctica puede haber sido sustituida por una flora perjudicial.

Figura 6. Valor de pH necesario para evitar el desarrollo de Clostridios a diferentes niveles de humedad (Barnes y col., 2003)

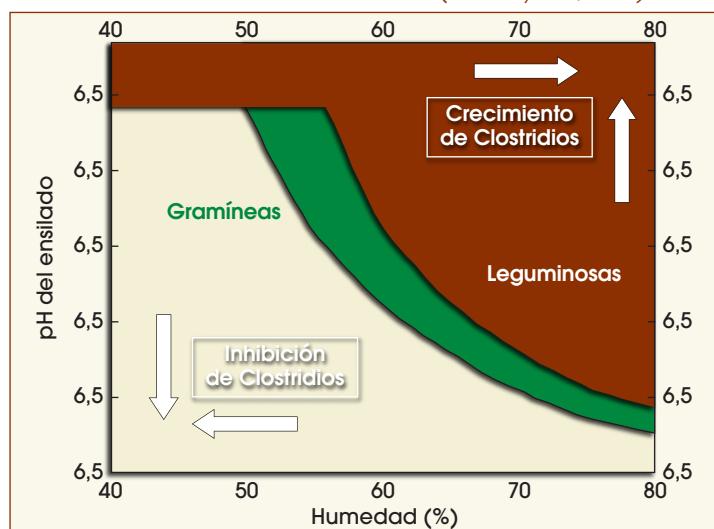


Tabla 3. Efecto del presecado en campo sobre la composición del silo de gramíneas

Composición	Sin presecado	Con presecado
pH	4,0	5,1
MS (%)	15,8	35,0
Ácido láctico (%)	16,5	3,4
Ácido acético (%/MS)	1,9	0,6
Ácido butírico (%/MS)	0,5	0,1
Nitrógeno amoniacal (%/total de N)	10,9	8,0
CSAs	1,1	18,5

Tabla 4. Relación azúcares/proteína para distintos forrajes

Tipo de forraje	Relación azúcares/proteína
Alfalfa	0,2-0,3
Trébol	0,3
Hierba	0,3-1,3
Hojas y cuellos de remolacha	0,7-0,9
Maíz en estado lechoso del grano	1,5-1,7

<sup>8</sup> Se han encontrado valores de 0 a 100.000/g de MS

## Fundamentos del ensilado



Las bacterias butíricas presentes en las partículas del suelo son las responsables del mal éxito de los ensilados. Por tanto, es necesario ensuciar lo menos posible el forraje tanto durante la recolección como durante el llenado del silo, bien por segar excesivamente bajo, bien por tener sucias las ruedas de tractores y remolques.

### Resumen

A modo de conclusión y síntesis de lo expuesto, entre las condiciones necesarias para que un ensilaje tenga una correcta calidad de conservación destacamos:

- Conseguir una situación de anaerobiosis en la masa del forraje lo antes posible, de manera que la ausencia de oxígeno limite la respiración de la hierba, y que imposibilite el desarrollo de la flora aerobia putrefactiva.
- Una disminución del pH a valores suficientemente bajos y de manera rápida, lo que se logrará estimulando el desarrollo de una fermentación láctica, con el objetivo de:
- Limitar la actuación de los enzimas proteolíticos de la planta, que degradan las proteínas a ami-

noácidos incrementando el contenido de nitrógeno (N) soluble. La proteólisis enzimática disminuye al mismo tiempo que el pH y se detiene en el umbral del pH 4,0. Su importancia nutricional reside en el hecho de que el N soluble es transformado rápidamente en amoníaco en el rumen.

- Reducir el crecimiento de bacterias de la familia Enterobacteriaceae (entre las cuales se encuentra *Escherichia coli*) que, siendo anaerobios facultativos, son los primeros microorganismos del ensilaje que se desarrollan.
- Impedir el desarrollo de las bacterias del género *Clostridium* (anaerobios obligados y formadores de esporas) las cuales tienen capacidad de transformar los azúcares y el ácido láctico en ácido butírico y gas, lo que implica un incremento del pH e importantes pérdidas de materia seca. La flora butírica proteolítica degrada proteínas y aminoácidos transformándolos en amoníaco y ácidos grasos volátiles (propiónico, acético, butírico) y diversas aminas potencialmente tóxicas para el animal.

Artículo	Autor	Nº Revista	Página
Mejorar la eficiencia alimentaria y reducir las emisiones de metano en vacas lecheras	Aser García Rodríguez, Óscar González Recio y José Antonio Jiménez Montero	221	60
Un nuevo concepto para prevenir los problemas de salud en el sector lácteo. Análisis de riesgos y puntos de control críticos	Janne Rothman y Thomas Andersen	221	86
¡Hay que leer los prospectos de los medicamentos!	Juan Vicente González Martín	221	90
Conservación de forrajes (III): Calidad del forraje y del heno	Antonio Callejo Ramos	221	94
Uso responsable de antibióticos y terapia selectiva de secado	Luis Miguel Jiménez	221	104
Resultado del programa genético. Madres de sementales españolas Dpto. Técnico de CONAFE		220	74