



Analíticas del fermentativo e interpretación de resultados en ensilados de maíz

En este artículo abordamos el fermentativo del silo de maíz con base en tres puntos principales: interpretación de los datos que arrojan las analíticas, principales pautas de manejo y, finalmente, problemas y uso de aditivos de ensilaje.

Bea Abad, Antón Camarero, Alexandre Udina
Departamento Técnico de Adial

ANALÍTICAS DEL FERMENTATIVO DEL SILO DE MAÍZ: INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En una analítica del fermentativo se pueden poner notas, es decir, en base a los valores de tablas y recomendaciones, puede catalogarse un ensilado de maíz según su fermentación sea muy buena (1), buena (2), regular (3), mala (4) o muy mala (5). En la interpretación de analíticas nos hemos basado desde Adial en los valores del DLG de Alemania, que dan mucha importancia tanto a los ácidos carboxílicos como a los alcoholes que se producen durante la fermentación.

En la interpretación de un resultado analítico, hay que ver primero la MS (materia seca) y el pH medido, ya que hay una correlación entre ambos y unas fórmulas para calcular el pH óptimo según la humedad del forraje. El pH medido siempre deberá ser igual o inferior al pH óptimo o teórico.

En cuanto a los ácidos carboxílicos o ácidos de las fermentaciones, el único que es eficiente y deseable es el ácido láctico, la forma de transformar los azúcares en energía y de bajar el pH (acidificar). Además, una fermentación láctica favorece la degradación de las prolaminas que envuelven parte de los almidones, mejorando así la digestibilidad de estos.

Se pueden inocular bacterias lácticas (ej.: *Lactobacillus plantarum*) a niveles de 100.000 ufc/g para promover y aumentar esta producción de láctico.

Debe haber una relación de más de 3:1 entre láctico y acético, ya que la producción de acético no es tan eficiente (se pierde un C por cada molécula de acético que se forma) pero si tiene un efecto positivo como antifúngico.

De butírico no debería haber nada, ya que está asociado a una fermentación por clostridios proteolíticos, que degradan la proteína y forman por desaminación el butírico y por descarboxilación las aminas biógenas, con efectos adversos en la salud de los animales.

También se producen en las fermentaciones algunos alcoholes, siendo no deseables algunos de ellos (etanol, propanol, butanodiol...) por estar asociados a pérdidas de energía o de MS en su producción. Por ejemplo, el etanol es un marcador de la actividad de levaduras, que en la fermentación anaeróbica (o alcohólica) consumen azúcares y producen etanol. El nivel de etanol tiene que ser bajo (<2 % sms), si no hay riesgo de formación de ésteres (reacción de un ácido carboxílico con un alcohol). La combinación de etanol produce etilos (etil lactato o etil acetato) que bajan consumos y son muy volátiles.



► UNA FERMENTACIÓN LÁCTICA FAVORECE LA DEGRADACIÓN DE LAS PROLAMINAS QUE ENVUELVEN PARTE DE LOS ALMIDONES, MEJORANDO ASÍ LA DIGESTIBILIDAD DE ESTOS

Hay una sustancia glucoplástica (propanodiol o propilenglicol) que sí es una forma de energía positiva y que la producen algunas bacterias heterofermentativas como *Lactobacillus buchneri*, que pueden inocularse en el forraje a niveles de 100.000 ufc/g para producir acético y propilenglicol.

El propilenglicol es una fuente energética anticetósica (sustancia glucoplástica) y también satura menos el rumen de ácidos carboxílicos de efecto acidogénico.

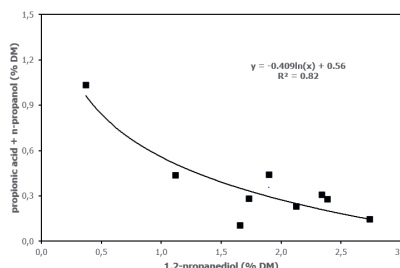
Además, con la formación de propilenglicol se reducen los niveles de propanol (fig. 1) y por tanto se reduce el riesgo de formación de propilos (otro tipo de ésteres también de

efecto negativo en apetencia del silo de maíz).

En el histórico de analíticas de ensilados de maíz de estos últimos 10 años (muestras mayoritariamente de Galicia y de Portugal) se ha observado una reducción media de las materias secas, pero que no ha ido acompañada de una reducción de los niveles de etanol, sino que este marcador de levaduras suele aparecer en niveles superiores al 2 % si no se ha usado ningún inoculante. También han aumentado los casos con niveles altos de etil lactatos o etil acetatos, aunque este dato no es significativo porque no siempre se ha analizado en todas las muestras. También ha habido un aumento de los silos de maíz donde se ha aplicado algún inoculante, creciendo el porcentaje de silos tratados año tras año. De igual forma, hay un incremento en las aplicaciones de productos químicos (antifúngicos) en las últimas capas de los silos.

La estabilidad aeróbica está correlacionada con la MS y la densidad de compactación, y aunque no es un

Figura 1. A valor más alto de 1,2-propanodiol C3H8O2, más bajo el valor de propiónico + n-propanol C3H8O



valor analítico, sí debe tenerse en cuenta (hacer mediciones con densitómetro) para considerar un ensilado bien fermentado y estable aeróbicamente cuando se abra.

PAUTAS DE MANEJO DE SILO

Podemos resumir que los ensilados tienen dos puntos críticos: la **fermentación** y la **estabilidad aeróbica**. La fermentación que ha de ser eminente empieza una vez cerrado el silo y se consume los restos que pueden quedar de oxígeno, pues ►►

Silostop Orange

El film de ensilaje con alta barrera de oxígeno 45m

Anti UV Cover

Una cubierta Anti-UV 210gsm para proteger el film de ensilaje

silostop.com ♦ **SILOSTOP** agri ♦ info@silostop.com

es un proceso anaeróbico. El grueso de la fermentación acaba aproximadamente un mes después de cerrado el silo, pero... ¿acaba esta del todo? Lo mismo que se dice del vino que se mantiene vivo lo podemos aplicar aquí y mínimamente se prolonga esta fermentación durante meses o años.

El otro punto crítico es la estabilidad aeróbica, que es el tiempo que tarda un silo en empezar a calentarse una vez que se expone al aire. Cuando se abre y se expone una de sus caras al aire, será muy estable si tarda una semana y muy inestable si se calienta al cabo de un día.

Estos dos puntos críticos, fermentación y estabilidad aeróbica, pueden dar origen a dos problemas por causas diferentes. Cabe decir que la fermentación en el silo de maíz está prácticamente garantizada que va a ser siempre láctica. ¿Por qué? Por su porcentaje de humedad y proteína bruta moderada, su bajo contenido en cenizas que indican su baja contaminación con tierra. Además, su alto contenido en azúcares y sus precursores son el sustrato necesario para una buena fermentación láctica. La estabilidad aeróbica es el gran problema con el que nos encontramos en los silos de maíz. El oxígeno entra por la parte superior abierta junto a más hongos, esporas y levaduras y sale el dióxido de carbono por la parte inferior. Los hongos y levaduras respiran como nosotros y consumen los almidones y azúcares del silo de maíz. La primera consecuencia es una pérdida de masa, el calor es una forma de energía que se disipa y nunca es gratis: el silo se nos volatiliza, aunque no lo veamos. Esta pérdida es inevitable al cien por cien, podemos asumir hasta un 5 %, pero puede llegar a ser hasta un 25 %. Además, la comida caliente y con olor a moho es rechazada por las vacas, por lo que el silo que nos queda es menos apetecible. La consecuencia más drástica sería la mala suerte de que el hongo aún encima fuera productor de micotoxinas y las circunstancias ambientales lo permitirían.

¿Cómo podemos actuar sobre la estabilidad aeróbica?

Primero hay que decir con respecto a la estabilidad aeróbica que el “diez” no existe; un pequeño porcentaje de

Tabla 1. Parámetros de calidad en silo de maíz (según LKS)

Parámetro	Unidades	Maíz ensilado
Almidón	g/kg MS	300 a 350
Proteína bruta	g/kg MS	75 a 90
Proteína soluble (A, B1)	% de PB	50-60 %
Proteína indigestible (C)	% de PB	< 12 %
UDP (proteína bypass)	% de PB	20-27 %
Pepsina-Insoluble PB	% de PB	< 25 %
NH3-N del total N	%	<6 %
Aminas biógenas	g/kg MS	<5
Cenizas	g/kg MS	< 45
pH		3,8 - 4,2 (según MS)
Ácido acético	% MS	1,5-3,5
Ácido butírico	% MS	0
Ácido láctico	% MS	2,5-8,0
Etanol	% de la MS	<1,5

silo siempre se volatiliza. Tomando las medidas oportunas, sobre todo de manejo, podemos evitar, pongamos, que no sean mayores que un 5 %; principalmente con el manejo: aumentando la compactación y el ritmo de consumo del frente del silo. Ambas acciones disminuyen la entrada de aire del silo. Además, el uso de productos químicos fungicidas pueden ser una ayuda para reducir el crecimiento de hongos y aumentar la estabilidad aeróbica.

Podemos usar directamente ácidos como el propiónico, benzoico o sórbico, de menor a mayor potencia. Podemos usar también bacterias ácido lácticas o inoculantes, que indirectamente producen otro ácido el acético que es también fungicida. Los ácidos los usaremos principalmente en las zonas más propensas a entrar aire como los bordes y capas superiores. Las bacterias las

aplicaremos en toda la masa del silo, la más efectiva es el *Lactobacillus buchneri*, heterofermentativa que, además de láctico, produce acético.

Estos productos por sí solos no son suficientes para evitar la expoliación, son imprescindibles las medidas de manejo que mejoren la compactación:

Materia seca <35 %: cuanta más humedad, más peso específico y mejor compactación. Materias secas superiores necesitan más trabajo de compactación. No merece la pena esperar a tener más almidones si no vamos a ser capaces de compactar, pues una buena cantidad se volatilizarán del silo. Hoy en día la genética del maíz permite recoger la planta verde con una cantidad razonable de almidones.

Picado: para efectos de conservación sin valorar efectos nutricionales, cuanto más picado mejor fermenta-



► EL PROPILENGLICOL ES UNA FUENTE ENERGÉTICA ANTICETÓSICA (SUSTANCIA GLUCOPLÁSTICA) Y TAMBIÉN SATURA MENOS EL RUMEN DE ÁCIDOS CARBOXÍLICOS DE EFECTO ACIDOGÉNICO



ción y mejor compactación. La maquinaria actual permite que este proceso sea el adecuado y no se suelen ver muchos problemas en el campo.

Densidad de capas: es el proceso clave en el que detectamos más fallos en el campo. La maquinaria actual permite meter en el silo en tres horas las hectáreas en las que hace treinta años se tardaba tres días. Las capas anchas de más de 10 centímetros hacen un efecto colchón, son elásticas tras el paso de la maquinaria que intenta compactarlas. Este es el problema principal de la falta de densidades en los silos de maíz y algunos de hierba que auditamos. El peso de la maquinaria ha de ser la tercera parte de lo que se mete en una hora. Si fueran 60.000 kilos por hora, la maquinaria ha de pesar 20 toneladas.

¿Paredes, zanjas o pila? Doy por supuesto que en zonas húmedas como Galicia el suelo ha de estar cementado si no queremos meter barro.

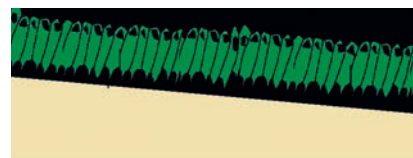
Las paredes son una buena opción con el plástico que, además de proteger de las lluvias, preservan las paredes de la corrosión. La única pega es compactar el tramo de casi un metro pegado a la pared, donde intentararlo con el tractor es muy arriesgado. Aquí podemos utilizar productos químicos bien en líquido o bien granulado empezando entre las tres o cuatro últimas capas.

La zanja: podemos compactar los bordes pues suele haber suficiente tierra para sustentar el tractor. La tierra a veces facilita que ratas y ratones invadan el silo.

Silo pila: la maquinaria que compacta puede trabajar en las tres direcciones y lograr una excelente compactación. Se necesita al menos que cada metro de altura se corresponda con seis metros de base. La línea de la pendiente ha de ser regular sin exabruptos, lo que en México llaman 'hombros'.

Continente y contenido>barrigas: al sobrecargar el silo formando las barrigas nos aseguramos que esta zona se caliente y tendremos dos trabajos: meter y sacar el silo para tirarlo. Como alternativas, se debe hacer un silo en pila sobre tierra para consumir en verano o bien meterlo en las paredes de nuevo cuando haya hueco. También conviene cortar más alto, pues es mejor renunciar a la parte fibrosa más indigestible que dejar que los almidones sean expoliados al abrir el silo.

Peso parte superior: es muy interesante para reforzar la compactación en la parte menos densa pues no tiene peso encima. Las salchichas es mejor ponerlas perpendiculares al silo pues ejercen más presión y, además, se facilita su desplazamiento.



La mayoría tiene un asa para tirar hacia atrás sin necesidad de levantarlas.

Ritmo de consumo: afortunadamente las fresas de los carros no son agresivas con el frente; antes las desensiladoras formaban grietas por donde penetraba el aire. Además, las superficies desiguales aumentan el área de penetración del aire, lo que no sucede con la fresa. Cuanto antes se barra el frente, mejor. El mínimo de avance debe ser de 20 cm diarios.

Cuando usemos carros de las CUMAS o sea un empleado el que nos hace el carro, se debe alertar de estas normas de avance. Debemos advertirle de que avise si nota anomalías en el frente; calentamientos, presencia de hongos, etc. y cómo debe proceder para su limpieza. ►►

KOFASIL®

PARA ENSILADOS DE MAÍZ FORRAJERO Y GRANOS HÚMEDOS

CON INOCULANTES BACTERIANOS Y ADITIVOS A BASE DE SALES PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD AERÓBICA



adial
Feed Additives

+34 972 546 155

adial@adial.es

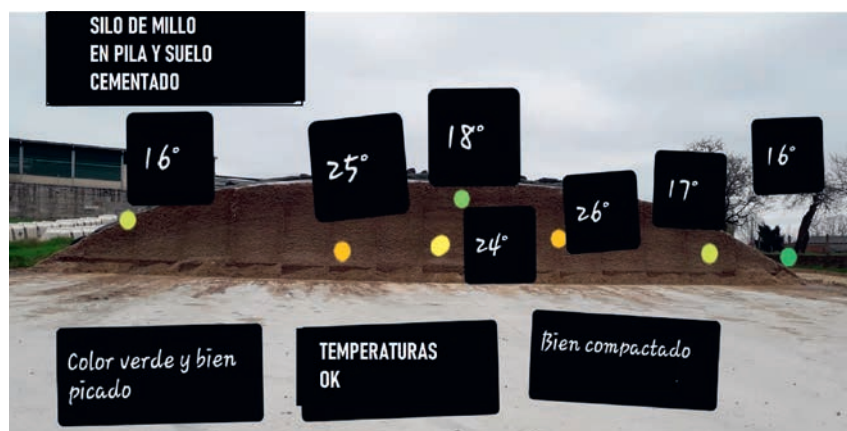
www.adial.es

Tiempo de maduración: el tiempo óptimo para abrir el silo de maíz es a partir de los cuatro meses. Las prolaminas protegen los almidones del silo y hacen que sean mucho menos digestible con menos de cuatro meses. Silos abiertos al poco tiempo de ensilado tiene menos estabilidad frente a los hongos y levaduras. A veces se constata cerrándolo y volviéndolo a abrir pasados unos meses, lo que mejora su comportamiento. Existen cepas *Lactobacillus buchneri* o asociado con otras bacterias que actúan más rápido produciendo acético y teóricamente se podrían usar antes. Aspectos como la digestibilidad del grano no mejoran con este tipo de bacterias.

PROBLEMAS ASOCIADOS AL MAÍZ: MICOTOXINAS, ESTABILIDAD AERÓBICA (CALENTAMIENTOS) POR HONGOS Y LEVADURAS, ETC.

Las micotoxinas: si empezamos por el cultivo de maíz que destinaremos posteriormente a la elaboración del silo, una de las problemáticas más frecuentes que nos podemos encontrar es la aparición de micotoxinas en el propio cultivo (micotoxinas de campo), como la vomitoxina. Las micotoxinas son productos que usan los hongos para eliminar competidores como las bacterias, una auténtica guerra biológica. Hay que evitar el crecimiento de hongos en el campo; así que antes de la siembra se debe considerar el uso de variedades resistentes, la rotación de cultivos y utilizar semillas tratadas. También es importante reducir el daño por insectos, por aves o por otros animales; reducir daños mecánicos, control de plagas y malas hierbas, etc.

Malas fermentaciones y estabilidad aeróbica: una vez que la planta llega a su momento óptimo de corte, toca cosechar el maíz y proceder a la elaboración del silo. Una vez ensilado, las principales problemáticas que aparecen son las malas fermentaciones cuando se cierra el silo y calentamiento durante el consumo. Al contrario que en el silo de hierba, las malas fermentaciones son casi imposibles que se den en el silo de maíz por su contenido relativamente alto de materia seca y contenido en almidones, que terminan rindiendo en azúcares. El alto contenido de sustrato, azúcares, hace que las bacterias ácido lácticas se impongan desde el primer momento de la fermenta-



► EL OTRO PUNTO CRÍTICO ES LA ESTABILIDAD AERÓBICA, QUE ES EL TIEMPO QUE TARDA UN SILO EN EMPEZAR A CALENTARSE UNA VEZ QUE SE EXPONE AL AIRE

ción. Esta situación provoca que el pH baje por debajo de 4 y se impida la aparición de clostridios, listerias, coliformes y otros microorganismos indeseables que puedan echar el silo a perder. Por eso, podemos decir que el calentamiento del silo o estabilidad aeróbica una vez abierto es el gran problema contra el que tendremos que lidiar, si no queremos quedarnos sin uno de los alimentos principales para nuestras vacas.

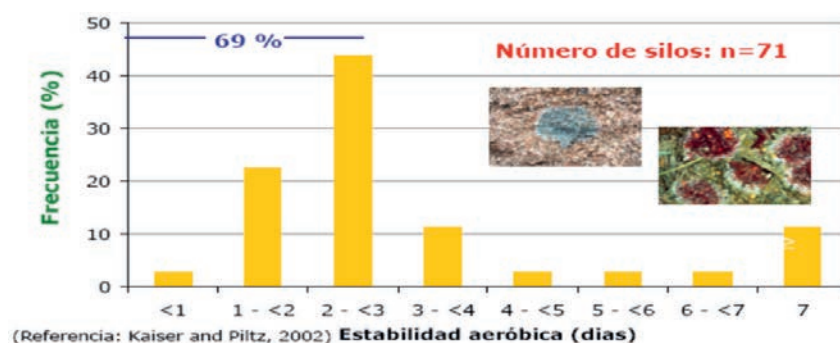
La estabilidad aeróbica es el tiempo en días que un silo, en presencia de aire, tarda en calentarse. Si le ponemos valores a este parámetro, 1 o 2 días sería muy mala estabilidad aeróbica y 6 o 7 días sería una buena estabilidad aeróbica. Podemos también medir la temperatura del silo con una sonda-termómetro.

Muchos de nosotros nos estaremos preguntando: ¿Por qué se calienta el silo de maíz? Pues, una vez abierto el silo, la presencia de aire es un factor clave para la aparición y el crecimiento de hongos y levaduras, los cuales podrían estar ya en el cultivo

o los va a traer el propio aire que penetra en el silo de forma que se van a multiplicar a más o menos velocidad. Los hongos y las levaduras son un tipo de hongos que en presencia de aire se alimentan de nuestro silo. Además, lo hacen de una forma muy eficiente: respirando, esto es, quemando los azúcares del silo para obtener energía necesaria para que puedan vivir y multiplicarse. Los azúcares rinden energía y CO₂ que se volatiliza y, como la producción de energía no es eficiente al cien por cien, hay unas pérdidas por calentamiento una vez abierto el silo.

Por último, si el hongo es productor de micotoxinas (micotoxinas de almacenamiento), podríamos tener una intoxicación con diferentes síntomas según la micotoxina de que se trate (pero casi siempre acompañada con inmunosupresión que facilita la aparición de mamitis, diarreas, reducción de la ingesta, etc.). La micotoxina de conservación más conocida es la aflatoxina B que, además de a la vaca, puede afectar a las personas.

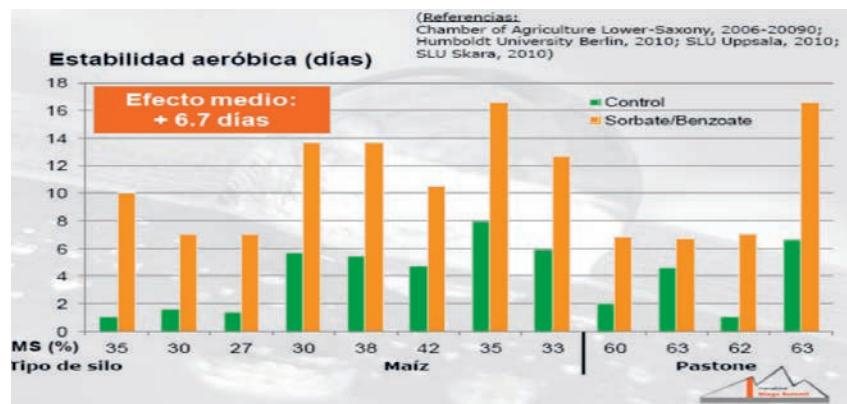
Figura 2. Estabilidad aeróbica en silos de maíz



En resumen, la consecuencia de una mala estabilidad aeróbica será, por lo tanto, el crecimiento de hongos (levaduras y mohos), aumento de temperatura, aumento del pH del silo, capas negras (*blacklayers*), pérdidas de materia seca y la posible producción de micotoxinas. Hoy conocemos las causas y las podemos combatir mejor, con una buena compactación, con un consumo rápido y "barrida" del frente del silo, reduciremos su calentamiento, y si lo acompañamos del uso de antifúngicos y un control rutinario mediante analíticas, evitaremos una intoxicación tanto de nuestros animales como, posteriormente, de las personas.

Reducción de las pérdidas con productos antifúngicos: el uso de ácidos orgánicos o sus sales, sobre todo en las últimas capas (tercio superior) de un silo de maíz con actividad fungicida o fungistática, es una práctica habitual para reducir las pérdidas por hongos. Así, suelen usarse productos a base de propiónico, benzoico, sórbico, acético o alguna de sus sales, que estén au-

Figura 3. efectos de sorbato/benzoato en la estabilidad aeróbica del silo de maíz y del pastene



torizadas como aditivos e ensilaje o conservantes. Las mejores opciones por su actividad de inhibiciones de levaduras y mohos son el benzoico (o el benzoato sódico) y el sórbico (o el sorbato potásico).

Existe también la opción de inocular todo el silo con una bacteria láctica heterofermentativa como ahora el *Lactobacillus buchneri*, que produce láctico, acético y propanodiol; así,

además de mejorar la fermentación, se producen acético como sustancia antifúngica y propanodiol como sustancia glucoplástica (glucogénica). Las inoculaciones de 100.000 ufc/g de esta cepa mejoran la estabilidad del silo y generan propanodiol, mientras que inoculaciones superiores no aumentan la estabilidad, sino que, además, aumentan pérdidas por incidencia fermentativa. ■

Los ensilados de maíz fermentan bien...¿Por qué?

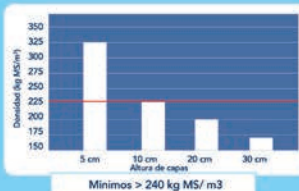
- ✓ Almidones en abundancia (buen sustrato para las bacterias lácticas).
- ✓ Cantidad de proteína moderada (no actúa como un buffer para la bajada del pH).
- ✓ Humedad no muy alta (disminuye el crecimiento de clostridios).
- ✓ No incorpora exceso de tierra (reduciendo presencia de clostridios y otras bacterias indeseables).

LA FERMENTACIÓN LÁCTICA ESTÁ GARANTIZADA



No podemos evitar este problema en su totalidad siempre va a crecer algún hongo o levadura, podremos minimizarlo y tener así una mayor **ESTABILIDAD AERÓBICA**

Los conservantes químicos y biológicos son una buena ayuda pero no sustituyen las buenas prácticas de manejo del silo.



PARA REFORZAR ÚLTIMAS CAPAS Y BORDES DEL SILO UTILIZAR INOCULANTES QUÍMICOS:

MEZCLAS DE SÓRBICO Y BENZOICO SON LAS MÁS POTENTES

(Referencia: Chamber of Agriculture Lower-Saxony, Germany, 2007)



EL MAÍZ ES FÁCIL DE ENSILAR

ALTO CONTENIDO EN AZÚCARES/ALMIDONES

BUEN ALIMENTO DE HONGOS Y LEVADURAS

PROBLEMA: ESTABILIDAD AERÓBICA

PAUTAS DE MANEJO SILO

- PICADO (<1,2 cm)
- CAPAS POCO ESPESAS <5cm
- PESO TRACTORES Tm/hora/3
- HUMEDAD DEL SILO
- PAREDES O ZANJA
- NO MÁS CONTENIDO QUE CONTINENTE: "BARRIGAS"

BUENA COMPACTACIÓN >240kg MS/M³

- CONSUMO ADECUADO >2 metros/semana
- LIMPIEZA EN EL CORTE

AVANCE ADECUADO >2 metros/semana

KOFASIL DUO NOS AYUDA:

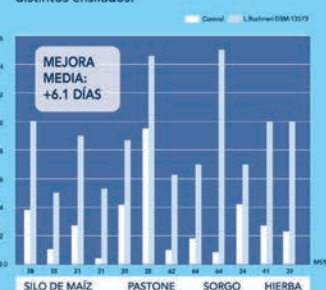
Prevenir el recalentamiento durante el consumo del silo (Mejora estabilidad aeróbica) por la producción de ácido acético

- Mejor sabor y consume de M.S.
- Menor pérdidas de M.S. por "volatilización del silo"
- Menor riesgo de micotoxinas

Mejora la calidad nutritiva del silo de maíz

- Mejor digestibilidad
- Mayor producción de Propilenglicol

Efectos de inoculantes tipo *Lactobacillus buchneri* en la estabilidad aeróbica de distintos ensilados.



(Referencias: Spiekens, 2001; Hering, 2001; Pfanz, 2003; IAH Lower Saxony, 2007-2010; Humboldt University, Berlin, 2008; McGill University Montreal, 2007)