Utilización de aditivos en ensilajes

Incorporación del aditivo

Elaboración de Ensilaje

El proceso de producción de ensilaje puede ser dividido en cuatro etapas: (1) cosecha; (2) transporte al silo; (3) compactación; y (4) sellado hermético

Elaboración de Ensilaje

La primera decisión a tomar en el plan de ensilaje es calcular la cantidad de forraje requerida, lo que depende de los siguientes factores:

Elaboración de Ensilaje

- Cantidad y tipo de ganado que recibirá el ensilaje.

- Duración del período de alimentación.

- Proporción de la ración completa que representará el ensilaje (%).

- Recursos disponibles (superficie a cosechar y distancias, equipos y construcciones, mano de obra, capital, asistencia técnica, insumos, etc.).

Elaboración de Ensilaje

Independientemente de la cantidad de ensilaje que sea necesaria, para hacer un buen ensilaje se deben aplicar los principios siguientes

Elaboración de Ensilaje

1. El forraje a ensilar debe tener un alto valor nutritivo.

2. El forraje no debe estar contaminado con suelo.

3. El forraje deberá ser triturado en trozos no mayores a 2 cm para facilitar la compactación y reducir la cantidad de aire retenido en el forraje.

Elaboración de Ensilaje

4. Antes de sellar el silo para impedir la penetración de aire y de agua se debe expulsar el máximo de aire del interior del silo.

5. El ensilado y el sellado del silo se deben realizar en el tiempo más breve posible.

6. Durante la explotación del silo para alimentar los animales, el área de ataque del silo debe ser lo más reducida posible para que la superficie expuesta al aire sea pequeña. Esta operación debe ser lo más rápida posible.

Elaboración de Ensilaje

Aunque la capacidad total de ensilaje en una finca depende tanto del número y el tipo de los animales como del período de alimentación con ensilaje, es recomendable que para reducir las pérdidas a un mínimo, no se almacene todo el ensilaje requerido en un único silo

Elaboración de Ensilaje

La mejor estrategia es preparar silos que puedan ser consumidos individualmente en un tiempo breve; de este modo el tamaño de cada silo dependerá de la ración diaria en ensilaje por animal y del número de animales que serán alimentados con dicho silo

Elaboración de Ensilaje

En cuanto al plan de alimentación anual, la mejor estrategia es ensilar durante diferentes períodos del año y explotar cada silo después de aproximadamente 60 a 70 días de conservación. De esta forma el ensilaje tendrá óptimas posibilidades de tener de una buena fermentación y reducir al máximo todo deterioro aeróbico

Elaboración de Ensilaje

No obstante, el momento de ensilado también depende de las condiciones de crecimiento de las plantas y de la disponibilidad de forraje en estado adecuado para ser ensilado.

Elaboración de Ensilaje

Los principios esenciales para asegurar un trabajo eficaz son:

1. El volumen disponible en el silo debe concordar con la cantidad de forraje a ensilar.

2. La tasa de llenado del silo debe marchar a la par con la tasa de compactación el forraje.

3. Todo el proceso requiere trabajar con rapidez y el silo debe cerrarse idealmente en un día y al máximo en tres.

4. El sellado debe asegurar un cierre hermético.

Objetivo:

- Mejorar la preservación impidiendo la fermentación causada por clostridios, y en algunos casos suprimir la fermentación en el silo.

Fuente: Wilkins, 1988

Uso de aditivos en ensilajes

- Controlan y/o mejoran la fermentación en el silo.
- Reducen las pérdidas y mejoran la calidad nutritiva de los ensilajes para uso animal.
- En casos cuando el premarchitamiento no es posible o con forrajes bajos en contenido de materia seca (MS), y en carbohidratos solubles en agua (CHS), en condiciones climáticas adversas, la posibilidad de obtener una buena preservación de los ensilajes puede aumentarse utilizando un aditivo.

Ventajas de un buen aditivo:

- Mejoras en la determinación química.
- Mejoras en las estimaciones de los factores nutricionales como:
- Digestibilidad de la materia orgánica y de FDN.
- Proteína verdadera y su conservación.
- Caída rápida del pH en el estado inicial del ensilado.

Condiciones para utilización de aditivos

- Adecuado nivel de carbohidratos.
- **Contenido de CHS**

< 3% materia verde	Aditivo
< 2% materia verde	Alto nivel de aditivo para obtener una buena fermentación.

Éxito en el uso de aditivos depende:

- Aplicación uniforme del aditivo al forraje.
- El aditivo debe entrar en la máquina cosechadora en el punto de máxima turbulencia.
- Los aplicadores deben ser simples de usar, tener un mínimo de partes móviles y deben aplicar el aditivo en forma exacta y uniforme.

Elección de un aditivo:

- Escoger un aditivo basado en resultados publicados de investigación en producción animal.
- Considerar el costo:beneficio del uso de un aditivo y relacionarlo con el aumento de producción del ganado que puede ser alimentado en comparación a un ensilaje control sin aditivo.
- Aplicar el producto de acuerdo a las especificaciones del fabricante y no a un nivel menor o mayor que el recomendado.
- Algunos de ellos son peligrosos para ser aplicados. En esos casos es importante seguir las instrucciones de los fabricantes.

Tipos de aditivos para ensilaje.

Según McDonald et al., (1981):

1. Estimulantes
2. Inhibidores.
3. Nutrientes
4. Estimulantes de la fermentación.

Tipos de aditivos

Estimulantes: Son azúcares o productos ricos en carbohidratos como melaza. En general, los estimulantes ayudan al crecimiento de las bacterias ácido lácticas y como consecuencia se obtienen ensilajes lácticos.

Inhibidores: Restringen el crecimiento de los microorganismos dependiendo del nivel agregado. Ej. ácido fórmico y el formaldehído.

Tipos de aditivos

Inhibidores de deterioro aeróbico: Controlan el deterioro causado por aire cuando el ensilaje se abre y queda expuesto. Ej.ácido propiónico.

Nutrientes: Se agregan al momento de ensilar a fin de mejorar el valor nutritivo de los ensilajes.

Tipos de aditivos

Aditivos biológicos: Clasificación según Vanbelle et al. (1985) :

Bacterias ácido lácticas: Entre ellas es importante distinguir entre bacterias ácido lácticas (BAL) homofermentativas y BAL heterofermentativas.

Enzimas: Son complejos amilolíticos para hidrolizar almidón a glucosa, que puede ser utilizada por las BAL y complejos celulolíticos y hemicelulíticos para hidrolizar los polisacáridos estructurales, a fin de producir hexosas y pentosas que son fermentadas por las BAL.

Fuente energética: Este grupo está formado por azúcares simples que están directamente disponibles para las BAL y de almidón. Por ejemplo, cereales que necesitan un complejo amilolítico para que sus almidones sean hidrolizados.

Tipos de aditivos

Estimulantes de la fermentación: Estos aditivos activan o estimulan la fermentación láctica y es así como comprenden fuentes de carbohidratos, inoculantes bacterianos y enzimas (Demarquilly, 1985; Weddell et al., 1990).

Tipos de aditivos

Enzimas: se utilizan como aditivos para ensilaje, a fin de romper la celulosa y hemicelulosas que forman las paredes celulares de las plantas. Este proceso se denomina enzimolisis y envuelve la partición de los carbohidratos estructurales en sus monómeross (glucosa en caso de celulosa, y pentosas y hexosas en el caso de hemicelulosas). Estos azúcares son entonces utilizables por las bacterias ácido lácticas presentes en el forraje y pueden fermentar en la misma forma que los azúcares de ellos.

(McDonald et al., 1966a; Wittenbury et al., 1967; McDonald y Whittenbury, 1973; McDonald, 1981; Setala, 1989; Van Vuuren et al., 1989).

Factores que afecta la actividad de las enzimas, McDonald et al., (1981) :

- Concentración del sustrato,
- Concentración de la enzima,
- Temperatura
- Acidez.

Celulosas y hemicelulosas vendidas comercialmente

- Trichoderma viride,
- Trichoderma reesei,
- Aspergillus niger
- Aspergillus oryzae

Las enzimas derivadas de T. viride y T. reesei son las más activas y aquéllas de A. niger las menos activas (Henderson y McDonald, 1977: Henderson et al., 1982a; Coughlan, 1985).

Enzimas:

Celulasas: hidroliza o degrada materiales celulolíticos de una amplia gama de fuentes. Dependiendo de la cantidad usada y del material tratado, la hidrólisis es parcial o completa a glucosa. El sistema enzimático celulolítico está formado de tres componentes principales : endoglucanasa, exoglucanasa y celobiasa o B- glucosidasa (Ladisch et al., 1983; Coughlan, 1985).

Hemicelulasas: Enzimas derivadas de una cadena seleccionada de hongos y han demostrado un alto grado de especificidad para una clase de polisacáridos llamados galactomananos.

Uso de enzimas como aditivos para ensilaje de pradera

- Producen una mejoría en la fermentación.
- Mejoran la digestibilidad y/o energía metabolizable.
- Producen un cambio en los carbohidratos estructurales, lo cual es beneficioso cuando el ensilaje llega al rumen.

Inoculantes.

- Las bacterias ácido lácticas se encuentran en pequeñas cantidades en las plantas en crecimiento, y las que se encuentran presentes no son todas eficientes y del tipo homofermentativo. Por estas razones, los inoculantes bacterianos conteniendo bacterias ácido lácticos homofermentativas, son agregados a cultivos destinados a ensilaje para iniciar una rápida fermentación ácida láctica (McDonald, 1981; Henderson y McDonald, 1984).

- Estos inoculantes se agregan para suplementar las bacterias ácido lácticas normalmente presentes y se agregan solas o con melaza o enzimas para proveer de sustrato.

- Para que los inoculantes sean efectivos , deben ser agregados en cantidad de 105 a 106 unidades formadoras de colonias por gramo de pradera y el material ensilado debe contener un adecuado nivel de CHS (McDonald, 1981; Vanbelle et al., 1985; Weddell et al.,1990).

Whittenbury (1961, citado por McDonald, 1981) ha definido las siguientes condiciones para que un inoculante sea apropiado y efectivo:

1. Debe tener un crecimiento vigoroso y debe ser capaz de competir y dominar con otros microorganismos presentes.
2. Debe tener una vía homofermentativa, de modo de producir el máximo nivel de ácido láctico a partir de hexosas que son utilizables en forma inmediata.
3. Debe ser tolerante a condiciones ácidas y ser capaz de producir un pH final de al menos 4,0 lo antes posible a fin de inhibir la presencia de otros microorganismos.
4. Debe ser capaz de fermentar glucosa, fructosa, sacarosa y especialmente pentosas.

Whittenbury (1961, citado por McDonald, 1981) ha definido las siguientes condiciones para que un inoculante sea apropiado y efectivo:

5. No debe producir dextrano a partir de sacarosa o manitol a partir de fructosa.
6. No debe actuar sobre los ácidos orgánicos.
7. Debe tener un rango de crecimiento a temperaturas hasta 50°C.
8. Debe ser capaz de crecer en un material de alto contenido de *M*. S.
9. No debe tener actividad proteolítica.
10. Además de producir ensilajes bien fermentados, los inoculantes bacterianos parecen suprimir las enterobacterias y restringir las levaduras, prolongando así la estabilidad aeróbica del ensilaje (Pahlow, 1984a; Pahlow, 1986; Henderson, 1987; Lindgren et al., 1988).

Inhibidores de la fermentación

Éstos pueden ser de dos clases de acuerdo a Weddell et al., (1990).

- **Acidificadores:** Éstos producen cambios cualitativos en la microflora del ensilaje al bajar el pH rápidamente e inhibir las enterobacterias y clostridios, permitiendo así que las BAL dominen la fermentación. Entre los acidificantes están los ácidos minerales (ácido sulfúrico; ácido fosfórico); ácidos orgánicos (ácido fórmico) y sales de ácidos (formiato de amonio, formiato cálcico).

- **Esterilizantes:** Éstos inhiben todos los microorganismos incluyendo las BAL. Entre ellos hay altos niveles de aplicación de formalina, ácidos orgánicos y algunas sales orgánicas.

Inhibidores de la deteriorización aeróbica:

Muchos ensilajes bien preservados del tipo láctico y aquellos ricos en CHS como los ensilajes de pradera, premarchitos y los ensilajes de maíz son inestables. Contrariamente, ensilajes pobremente conservados como aquellos ricos en proteína y ácido butírico son extremadamente estables (Demarquilly, 1985). Los inhibidores de deterioración aeróbica se agregan para prevenir que el ensilaje se descomponga una vez expuesto al aire (Weddell et al., 1990).

El ácido propiónico es el aditivo más común de este tipo (McDonald, 1981).

Absorbentes

- Son productos que se mezclan o agregan en capas a un cultivo que se está ensilando a fin de absorber el efluente producido, de esta manera se reduce la pérdida de nutrientes y riesgo de polución (Offer y Al-Rwidah, 1989a; Weddell et al., 1990).
- Con el objetivo de prevenir el exceso de efluente de un ensilaje, el forraje puede premarchitarse, pero esto puede constituir un problema en zonas templadas con condiciones climáticas inciertas. Por ello, la alternativa es agregar materiales absorbentes al momento de ensilar.

El absorbente ideal (Offer, 1989c) debe cumplir las siguientes condiciones:

1. Tener una capacidad de retención de humedad bajo presión.
2. Mejorar la digestibilidad y valor alimenticio.
3. Tener una alta densidad.
4. Contener poco o nada de materiales solubles.
5. Ser de costo barato y disponible durante la temporada de ensilaje.

Guía para el uso de aditivos

Thomas y Golightly (1983)

Item	*****	****	***	**	*	Numero de estrellas
Especies	Ballica perenne	B. perenne/o princ. B. perenne	B. Perenne T. Blanco	-	Leguminosa	4
Fertilización N kg N/ha/corte	-	-	< 50	50 -100	> 100 o legum.	3
MS (%)	> 25%	-	20 – 25	-	<20	1
Valor D (%)	-	< 60	60-65	>65	-	2
Tipo de cosechadora	Precisión	Con repicadora	Corte directo s/repic. (Tiki)	Vagón forrajero	-	4
Estación del año	-	-	Primavera Verano	-	Otoño	3
Total						17

Guía para el uso de aditivos

Número total de estrellas	Riesgo de mala fermentación	Uso de aditivo
Sobre 20	Bajo	Dosis recomendada a usar sólo como seguro
15 – 20	Medio	Dosis recomendada
Menor a 15	Alto	Consultar al fabricante para mayor dosis de aplicación

Fuente: Thomas y Golightly (1983)

Clasificación de los aditivos para ensilaje [1]

Clase	Ejemplos
Estimulantes de la fermentación	
1. Substratos	Carbohidratos
2. Enzimas	E. celulolíticas
	E. amilolíticas
3. Cultivos microbianos	L.plantarum
Inhibidores de la fermentación	
1. Esterilizantes directos	Formaldehido
2. Esterilizantes indirectos	Metabisulfito de Na
3. Acidificantes directos[2]	
Acidos inorgánicos	Ac sulfúrico
Acidos orgánicos	Ac fórmico
Absorbentes	
1. Naturales	Heno picado
2. Sintéticos	Poliacrilamida de NH_4
Inhibidores de la descomposición aeróbica	
1.	Ac propionico

[1] Basada en las clasificaciones de Woolford (1), McDonald 2) y Weddell et al (3)

[2] McDonald (2) y Weddell et al (3)

Contenido mínimo de azúcar en la ms (%) para alcanzar un pH estable según contenido de ms y tipo de forraje

MS forraje (%)	Tipo de forraje	
	Gramíneas	Leguminosas
45	3	7
35	7	14
25	14	21
20	18	25
15	22	29

Fuente: Pitt y Sniffen.

Aditivos

- **ACIDIFICAN:**

  a) Requieren de silos en buen estado y herméticos.

  b) Previenen fermentación butírica.

  Ej: Ácido fórmico 5 lt/ton.

- **APORTAN AZÚCARES** (Carbohidratos solubles).

  a) Se utilizan en praderas cortadas antes de la emergencia de la espiga o bien en leguminosas.

  Ej: Melaza.

- **UREA** : Aporte de nitrógeno a la masa, no se debe aplicar más de 5 t/ton.
- **SAL** : No tiene efecto sobre la fermentación no el consumo de ensilaje.

Contenidos de azúcar de diferentes aditivos estimulantes

Producto	Ingrediente principal	% base tal cual	Dosis l/ton
Melazán	Sacarosa	48	5 -12
Vinazán (PE. Iansa)	Sacarosa	36	
Melaza caña	Sacarosa	48	4,5 -18
Economol	Azúcares	46	4,5 -18
Farmbiend	Azúcares	46	4,5 -18
Molaile	Azúcares	36	
	Vinagre manzana	25	4,5 - 8
Melaza rem.	Azúcares	48	4,5 -18
Taurus Silaje	Azúcares	42,5	4,5 -8

Niveles de aplicación de aditivos estimulantes (IA kg/ton forraje fresco)

Tipo aditivo	Ingrediente Activo	Puntaje del forraje * > 20	15-20	>15
^Estimulante	Azúcar	0-5	5-8	8-12
Biológico	Lactobacilos	> 100 000 bact. vivas/g forr.		
	Enzimas	0.2	0.2-0.3	0.3-0.5

* Ver Balocchi, cuadro 29 en presente volúmen.
Wilkinson (25)

Los patrones tipicos de la fermentación homoláctica y heteroláctica son los que siguen (17):

HOMOLACTICA

3 Fructosa	6 Acido láctico	total = 10 A.Láctico
2 Glucosa	4 Acido láctico	

(Géneros Lactobacillus, Pediococcus, Streptococcus)

HETEROLACTICA

3 Fructosa	1 láctico + 1 Acético + 2 manitol + 1 CO_2	
2 Glucosa	2 láctico + 2 etanol + 2 CO_2	
		total = 3 Láctico

(Generos Lactobacillus, Leuconostoc)

Nombres científicos de bacterias ácido lácticas

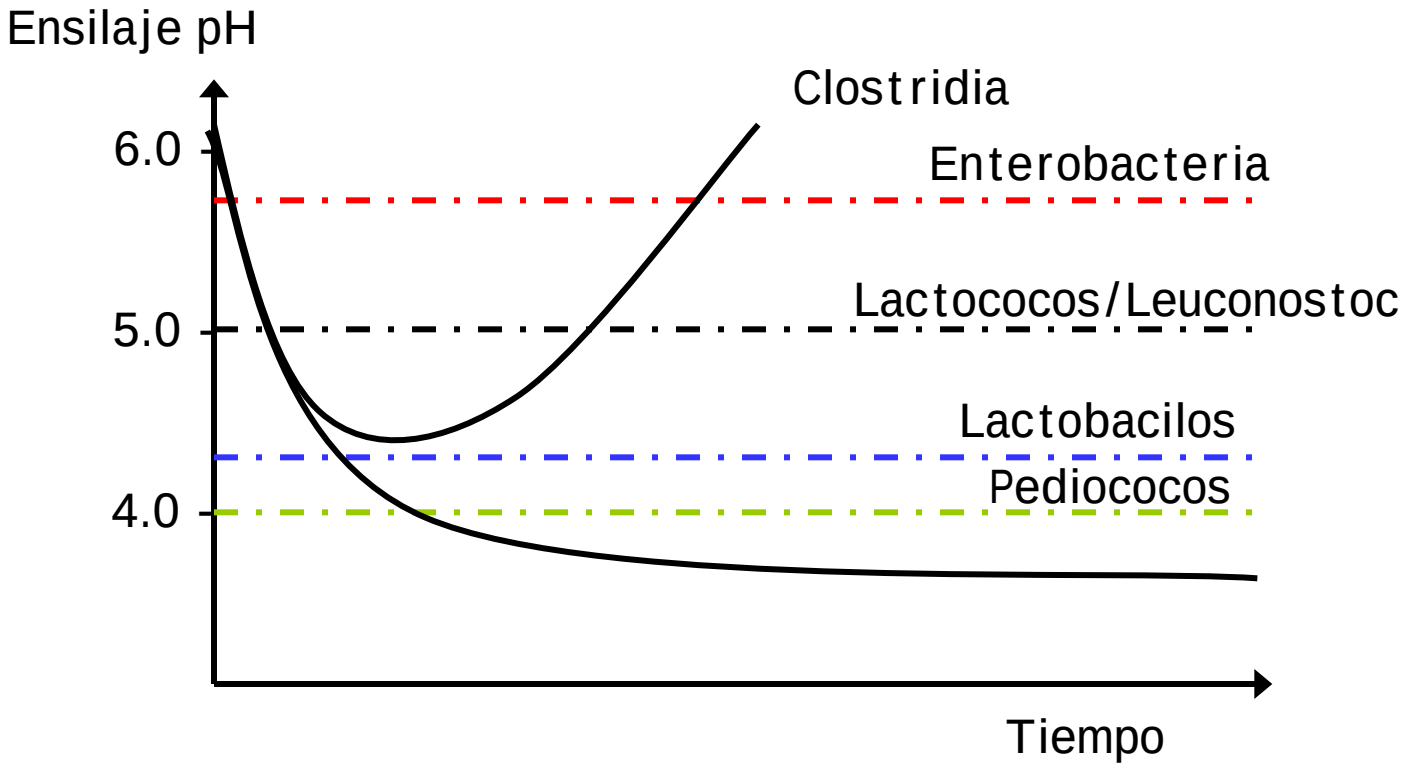
HOMOFERMENTATIVAS	HETEROFERMENTATIVAS
Lactobacilus plantarum	Lactobacilus brevis
Lactobacilus casei	Lactobacillus buchneri
Pediococcus cerevisiae	Lactobacillus fermentum
Pediococcus acidilactici	Leuconostoc cremoris
Streptococcus fecalis	
Streptococcus faecium	
Streptococcus lactis	

Probabilidad de acción efectiva según la cantidad de bacterias inoculadas.

cfu/g Forraje		% de tiempo en actividad
100		15
10000		45
100000	*	70
1000000		95

* Cantidad minima aconsejable (17)

Cambios cualitativos que suceden o pueden suceder en la población microbiana del ensilado durante la fermentación.



Cambios iniciales de pH en ensilados de ballicas perennes de segundo corte.

	Días		
	1	2	3
No tratado	4,66	4,10	4,02
Ácido Fórmico	4,77	4,25	4,15
Sil-All	4,51	3,95	3,86

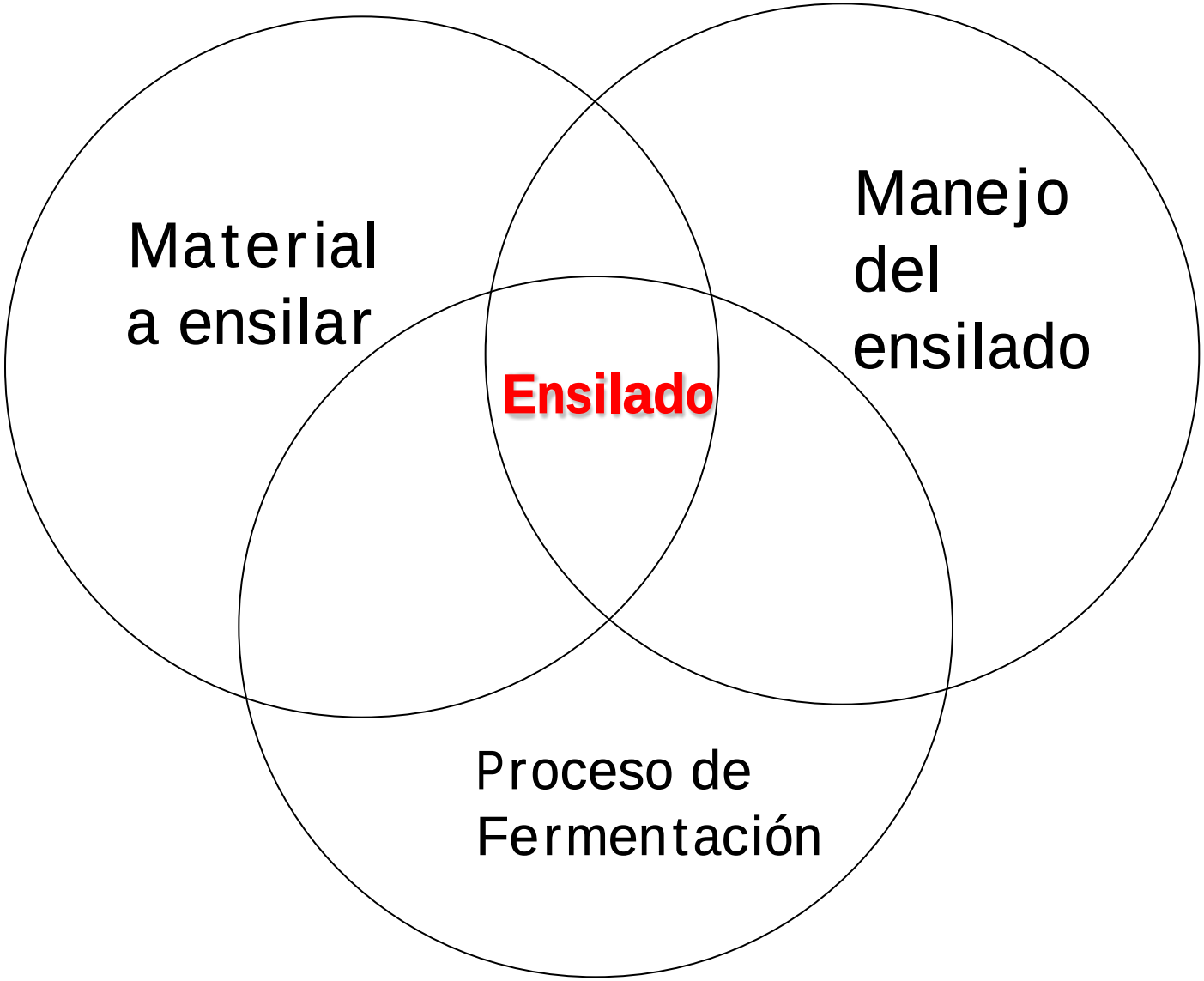
Efecto del tratamiento de cuatro inoculantes bacterianos anónimos, en el consumo de ensilado, digestibilidad y desempeño animal.

	Aumento debido al tratamiento de un inoculante (%)
Consumo de ensilado	9
Digestibilidad (valor – D)	4
Energía metabolizable	12
Desempeño del animal (ej. Ganancia de peso vivo o producción de leche)	12

Resumen de las fuentes y de la magnitud de las pérdidas, durante el ensilado y después de remover el forraje del silo.

Fuente	Perdida de energía neta (% de equivalente de almidón)	Factor causador
Respiración	1 – 2	Enzimas de la planta, bacterias aeróbicas.
Fermentación (láctica)	4	Bacterias acidolácticas Heterofermentativas
Fermentación (secundaria)	0 – 5	Clostridia
Efluentes y/o achicalados	5 – 7 ó 2 – 5	Materia seca baja Respiración continua
Desperdicio de la superficie	0 – 10	Microorganismos aerobicos
Deterioro aeróbico	0 - 10	Microorganismos aeróbicos

Factores interrelacionados en la fabricación del ensilado



Criterios de selección de bacterias ácidolácticas para su uso en inoculantes de ensilado

1. Debe tener una tasa rápida de crecimiento y ser capaz de competir y de dominar organismos presentes en el ensilado.
2. Debe ser homofermentativa.
3. Debe ser resistente a los ácidos y producir rápidamente un pH final de 4,0.
4. Debe ser capaz de fermentar la glucosa, fructosa, sacarosa y, de preferencia, fructosanos y pentosanos.

Criterios de selección de bacterias ácidolácticas para su uso en inoculantes de ensilado

5. No debe producir dextrano de la sacarosa o manitol de la fructosa.
6. No deben tener ninguna acción sobre ácidos orgánicos.
7. Deben tener un buen crecimiento en un amplio rango de temperaturas, ed preferencia arriba de 50ºC para sobrevivir a cualquier aumento de temperatura, durante las primeras etapas del ensilaje.
8. Debe carecer de actividad proteolitica.

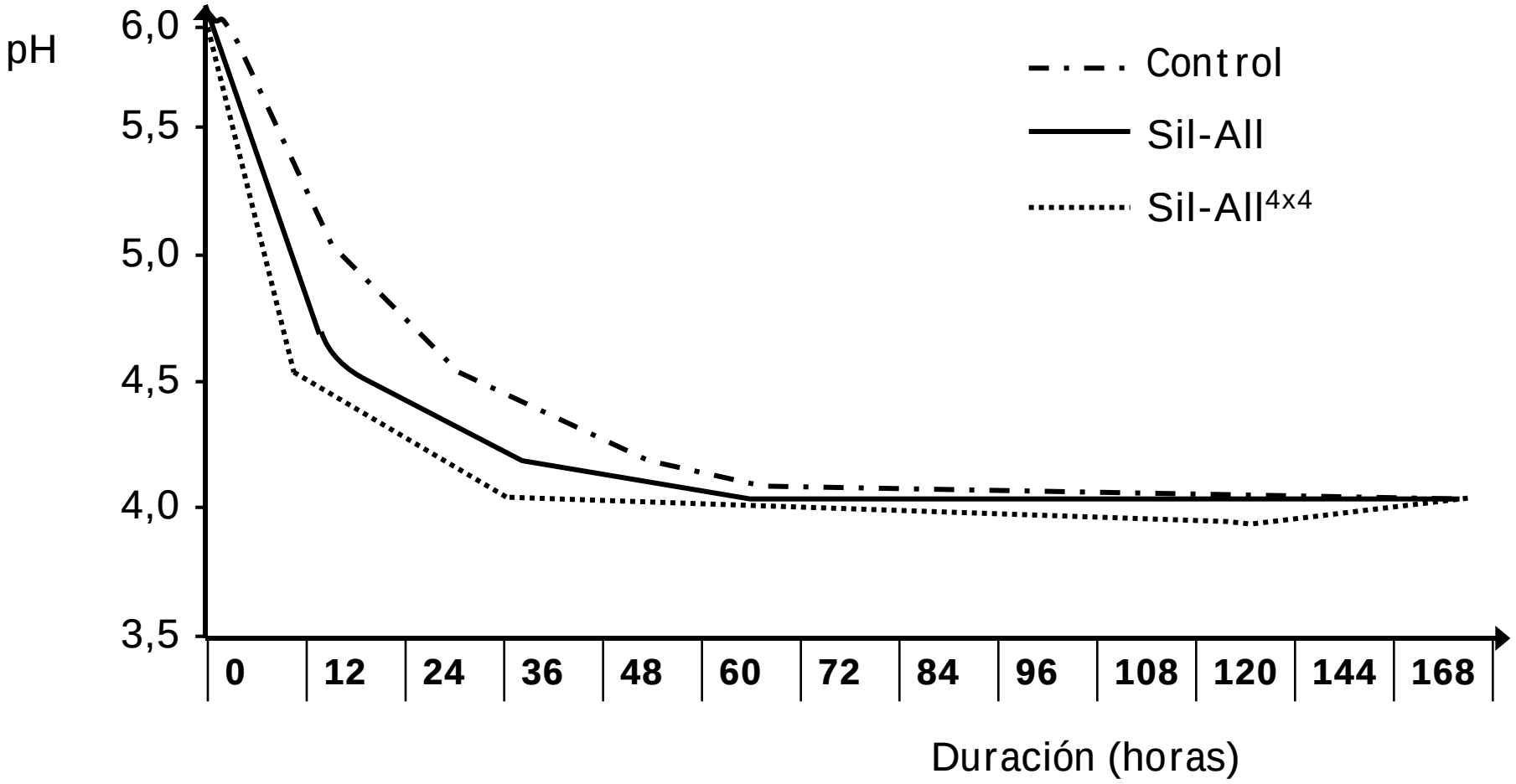
Criterios de selección de enzimas para su uso como tratamiento para ensilados

1. Deben ser capaces de hidrolizar fuentes de azúcar dentro de rangos de pH de 6,0 – 4,3, con un óptimo de 5,0.
2. Deben detener su actividad cuando el pH alcance 4,3 – 4,1.
3. Deben ser capaces de trabajar bien en un ambiente anaeróbico.
4. Deben ser capaces de trabajar a temperaturas superiores a 50ºC.
5. No deben tener actividad proteolítica.

Ingredientes activos contenidos en algunos inoculantes.

	Sil – All	Maize – All	Sil –All^{4x4}
Bacterias			
Lactococcus faecium	+	-	+
Lactobacillus plantarum	+	+	+
Lactobacillus salivarius	-	-	+
Pediococcus acidilactici	+	+	+
Enzimas			
Celulasa	+	-	+
Hemicelulasa	+	-	+
Pentosana	+	-	+
Amilasa	+	+	+

Cambios de pH en ensilados de ballica perenne, tratados con aditivos.



Composición cuantitativa del ensilado de ballica perenne tratados con aditivos

	Control	Sil-All	Sil –All^{4x4}
Materia Seca %	18,20	19,40	19,83
Proteína cruda %	15,30	15,40	15,40
pH	4,21	3,90	3,90
Ácido láctico %	10,20	12,80	14,90
Ácido acético %	13,30	8,10	6,0
Ácido propiónico %	0,40	0,30	0,25
Ácido butírico %	0,10	No detectado	No detectado
Etanol %	5,01	3,45	3,10
Amoniaco (% total N)	8,40	7,25	7,0

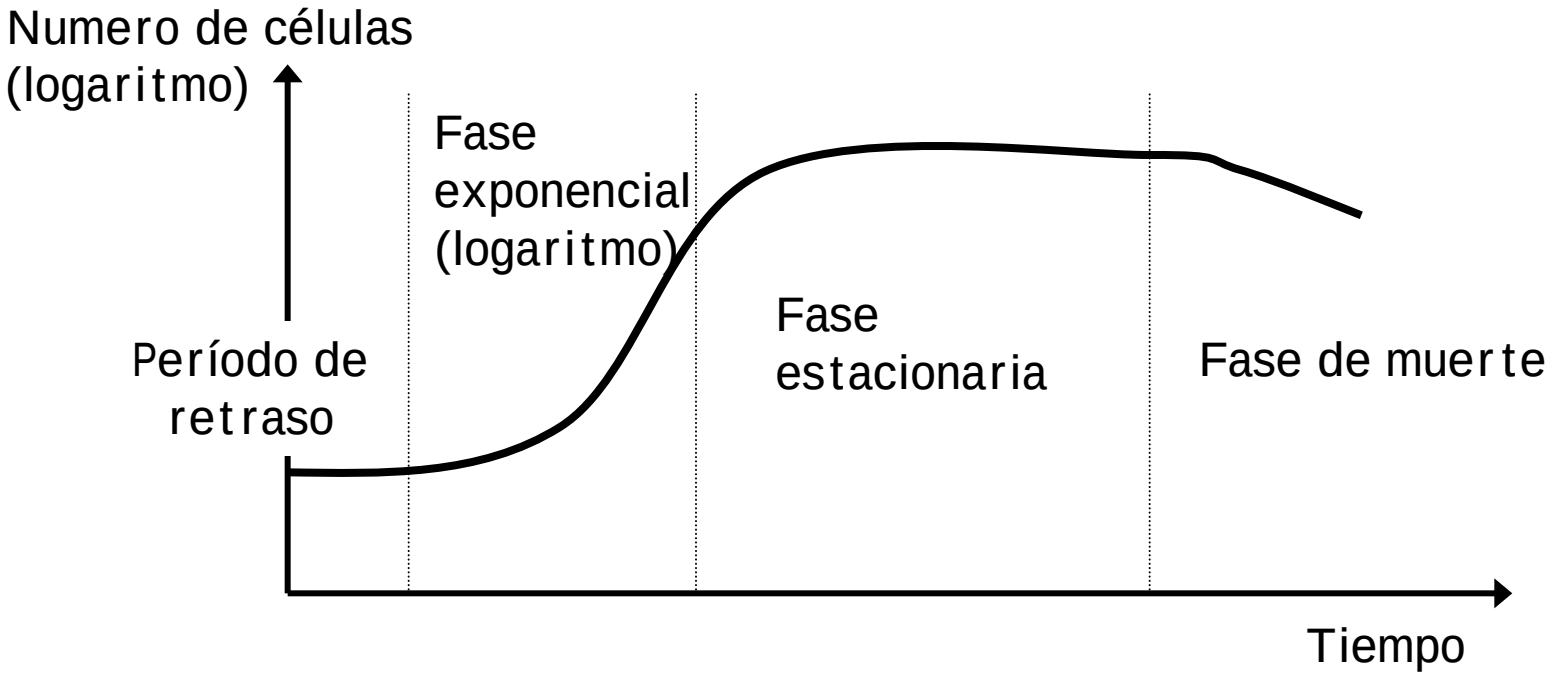
Esquema de aprobación de aditivos para ensilaje (FAAS)

Categoría	Estatus
C1	Mejora la fermentación.
C2	Mejora la estabilidad aeróbica
C3	Reducción de efluentes
C4	Reducción de pérdidas en el silo
B1	Mejora el consumo voluntario
B2	Mejora la digestibilidad *in vivo*
B3	Mejora la retención de energía y/o nitrógeno
A1	Mejora la ganancia de peso vivo
A2	Mejora el desempeño diario

Curva de crecimiento típica de un cultivo bacteriano

1. Fase de adaptación, las bacterias se adaptan a un nuevo ambiente. Ej. Al ser inoculadas dentro del ensilado.
2. Fase logaritmica, cuando hay un crecimiento rápido una bacteria se convierte en 2 en alrededor de 30 minutos, 4 en 60 minutos y en 16 millones en 24 hrs, ej. Log2.
3. Fase estacionaria, no existe cambio en los números bacterianos.
4. Fase de finalización, donde hay una gran disminución en la concentración de bacterias viables.

Curva de crecimiento típica de un cultivo bacteriano



Efecto de los componentes de Sil-All sobre el pH de ensilaje de alfalfa.

	Días				
	2	4	7	14	28
Control	4,97[a]	4,69[a]	4,76[a]	4,68[a]	4,49[a]
Bacterias	4,59[c]	4,34[c]	4,39[b]	4,33[b]	4,18[b]
Enzimas	4,69[b]	4,49[b]	4,46[b]	4,31[b]	4,08[d]
Sil-All	4,50[d]	4,22[d]	4,29[d]	4,26[c]	4,12[c]

Los promedios en una columna con diferentes índices son estadísticamente significativos ($P < 0,05$)

Efecto varios componentes de Sil-All sobre la calidad de la fermentación en ensilado de alfalfa (g/kg).

	Acido láctico	Acido acético	Carbohidratos solubles en agua
Control	62,2[b]	15,7[b]	19,0[b]
Bacterias	84,9[a]	15,6[b]	21,4[b]
Enzimas	82,4[a]	25,8[a]	55,5[a]
Sil-All	87,4[a]	13,8[c]	23,3[b]

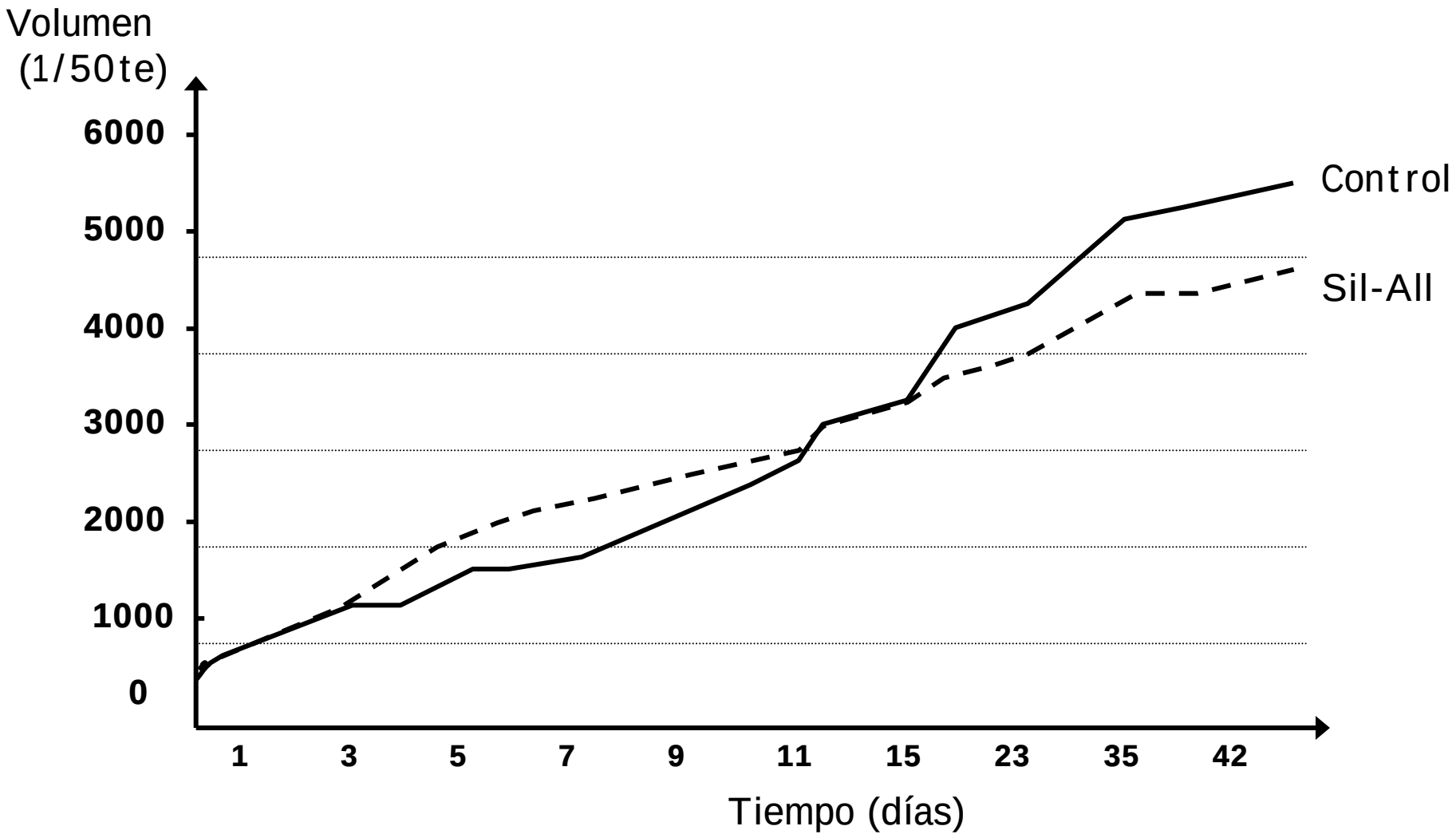
Los promedios en una columna con diferentes índices son estadísticamente significativos ($P < 0,05$)

Efecto comparativo de Sil-All y un inoculante con una sola bacteria (sp) sobre el ensilado de avena.

	Corte directo			Marchitado		
	Control	Sil-All	Sp individual	Control	Sil-All	Sp individual
pH	4,61[a]	4,24[b]	4,37[b]	4,24[a]	4,14	4,23
Proporción de Láctico:acético (g/kg MS)	1,71[a]	2,92[b]	2,51[b]	3,91[a]	6,95[b]	6,65[b]
Acido láctico	69,5	95,1	88,7	80,5	90,7	78,5
Ácido acético	40,7[A]	32,6[B]	35,3[B]	20,6[A]	11,6[B]	11,8[B]
Ácidos totales	122	135	128	118	122	91,8
Hemicelulosa	123,5[a]	93,8[b]	142,0[a]	122,1	116,8	162,0
Carbohidratos solubles en agua	17,5[A]	19,8[b]	18,2[A]	26,8[A]	33,2[B]	26,9[A]
Proteína cruda	176	178	176	186	181	181

[ab] ($P < 0,05$), [AB] ($P < 0,01$)

Volumen de la descarga del efluente de ensilados tratados con y sin Sil-All, hechos de pasto con contenido de MS de 180 g/kg.



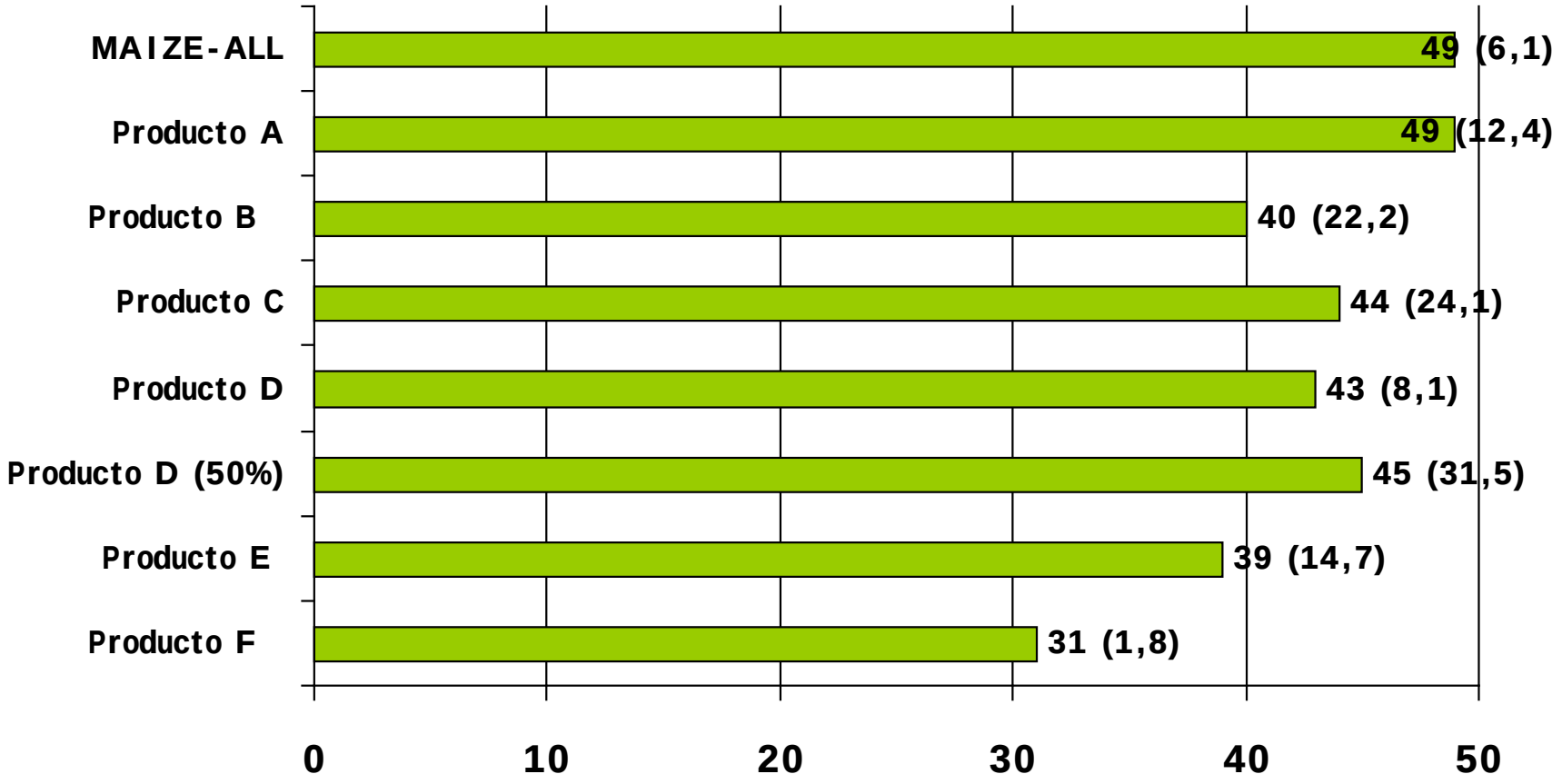
Efecto del tratamiento con aditivo en el volumen total y la composición química del escurrimiento del ensilado.

	Tratamiento		
	Control	Sil-All	Ácido formico
Volumen del efluente			
(l/ton cultivo ensilado)	166	157	176
Contenido de MS (g/kg)	56,4	47,4	60,0
Salida total de MS en el efluente (kg/ton de ensilado fresco)			
Composición química:	9,36	7,50	10,55
Proteina Cruda (g/kg MS)	244	249	264
Cenizas (g/kg)	218	215	236
pH	3,84	3,36	4,4

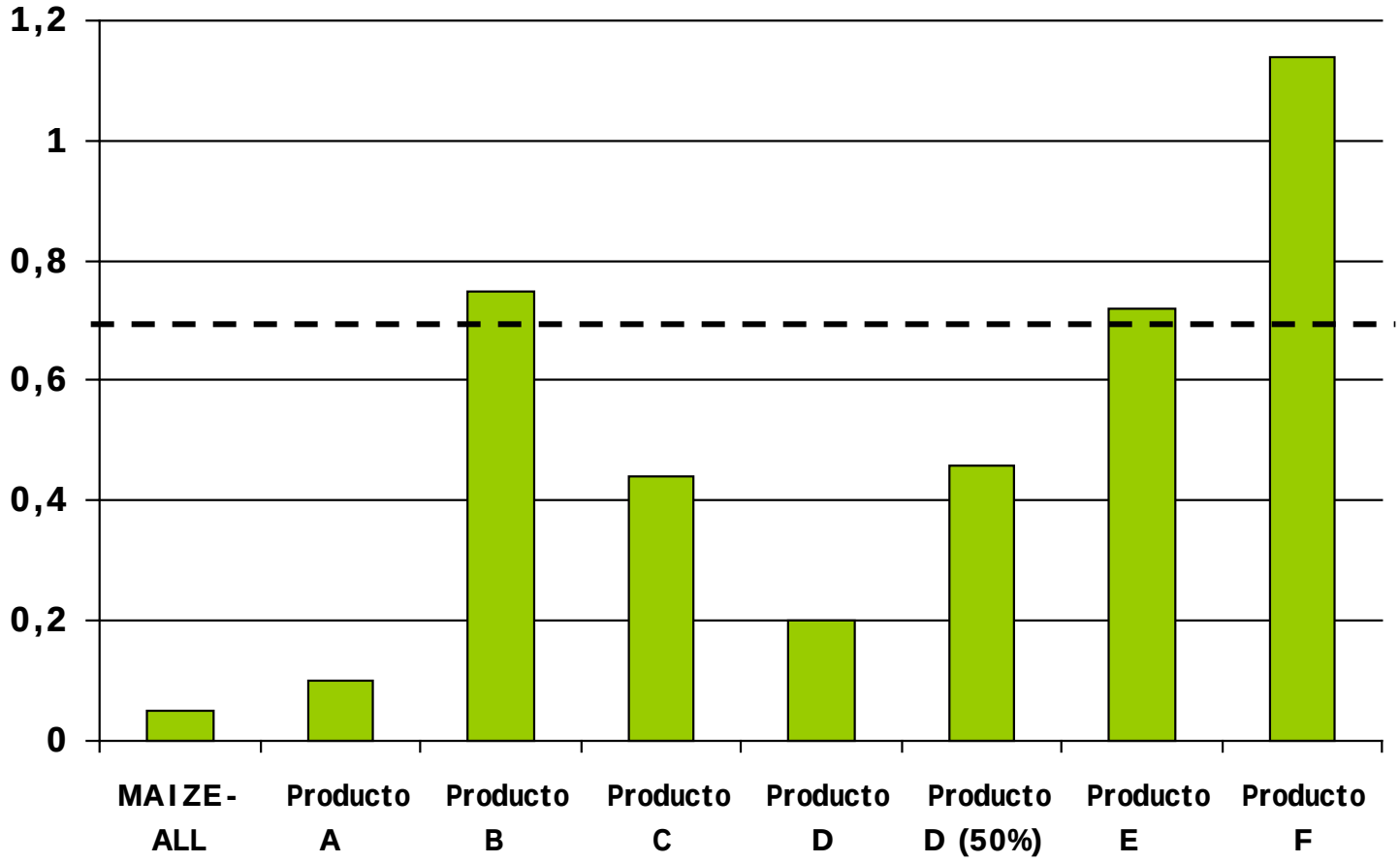
Mermas en ensilado de pastos Kg sin tratamiento y tratados con Sil-All

	Control	Sil-All
Matera seca total ensilada	9974	9981
Total de MS del ensilado recuperado	9050	9088
Pérdida de MS	924	893
Pérdida de MS (%)	9,26	8,94

Tiempo para que la temperatura alcance 25ºC en ensilado de maíz tratado con varios aditivos biológicos.



Cambios de pH por mas de 48 horas teniendo como base un pH de 4,1 en un ensilado de maíz tratado con varios aditivos biológicos.



Efecto de Sil-All y sus componentes por separado en la composición del ensilado de alfalfa (g/kg MS)

	Segundo corte			Tercer corte		
	Materia Seca	FDN	FDA	Materia Seca	FDN	FDA
Control	338,3[a]	446,0[a]	365,7[a]	325,0[ab]	331,0[b]	289,0[a]
Bacterias	405,0[a]	432,9[bc]	358,5[ab]	340,6[a]	362,2[a]	303,4[a]
Enzimas	361,1[b]	413,0[C]	330,4[c]	291,4[b]	318,1[a]	270,2[b]
Sil-All	330,1[c]	440,0[ab]	349,8[b]	316,8[ab]	321,7[a]	304,5[a]

Los promedios en una columna con diferentes índices son estadísticamente significativos ($P < 0,05$)

Efecto de Sil-All y sus componentes por separado a nivel de los componentes nitrogenados de ensilado de alfalfa.

	Control	Bacterias	Enzimas	Sil-All
Amoniaco (g/kg MS)	25,4[a]	14,5[c]	18,9[b]	19,2[b]
Nitrógeno no proteico (g/kg nitrógeno total)	528,7[a]	521,9[a]	491,9[a]	461,2[a]

Los promedios en una columna con diferentes índices son estadísticamente significativos ($P < 0,05$)

Composición de ensilados de ballicas perennes alimentado a borregos (g/kg MS)

	Control	Sil-All	SED
Materia seca	202,6	201,2	8,02
pH	4,31	4,39	0,059
Nitrogeno	35,49	33,33	5,49
Amoniaco (g/kg de N total)	57,8	31,6	6,14
EM (MJ/kg MS)	11,98	11,59	0,111
Ácido láctico	109,2	67,3	7,51
Ácido acético	8,2	6,2	1,24

EM estimada a partir de FDA modificada

Consumo de MS y orgánica (g/cabeza/d) de ensilados no tratado y tratado con Sil-All en borregos.

	Control	Sil-All	SED
Consumo de materia seca	784,5	929,8	22,06
Consumo de materia orgánica	691,5	836,3	19,45
Consumo de materia seca ^{0,75}	52,15	61,65	1,385

Efecto del ensilado tratado con Sil-All sobre el balance de nitrógeno *in vivo* en ovinos (g/cabeza/d).

	Control	Sil-All	SED
Consumo de nitrógeno	25,06	29,45	0,653
Salida de nitrógeno en heces	6,45	7,29	0,194
Salida de nitrógeno en orina	9,23	9,50	0,533
Nitrógeno retenido	9,37	12,65	0,609

Efecto de Sil-All parámetros nutricionales de ensilado de pasto (g/kg MS).

	Control	Sil-All	SED	P > F
Proteína cruda	203,9	196,8	0,282	0,05
EM (MJ/kg)	10,66	10,88	0,102	NS
FDA	318,9	303,7	0,303	0,001
FDN N	525,4	516,5	0,523	0,001

Efecto del tratamiento de Sil-All en ensilado de pasto sobre parámetros productivos de ganado bovino de carne

	Control	Sil-All	SED	P > F
Consumo de materia seca (kg/d)	6,80	7,01	0,21	NS
Ganancia de peso vivo (kg)	0,80	1,10	0,09	P < 0,01
Índice de conversión alimenticia	8,50	6,94	-	-

Composición de ensilajes directos tratados con aditivos estimulantes

Componente	Control	VM 3%	VM 4%	Melazán	Ecosyl
MS Tolueno %	19.8	22.0	22.5	20.0	22.0
N x 6.25 %	14.06	15.36	15.4	15.1	13.9
N-NH3 % Ntot.	12.37	8.33	8.28	9.17	6.95
Base MS					
Etanol %	0.26	0.34	0.29	0.32	0.22
Acético %	1.62	1.51	1.34	1.33	0.77
Láctico %	3.26	14.07	12.09	8.46	16.27
Lact.% tot. de ácidos	35.7	57.6	59.5	48.3	74.7

Proyecto Fondecyt UACH-INIA, no publicado.
VM = combinación melaza-vinaza (70/30), producto experimental.

Efecto del tratamiento con ácido formico o inoculantes en la producción de leche (promedio de 3 estudios)

	Testigo	Ac Formico	Inoculante	
Composición de los ensilajes				
MS (g/kg)	184	191	193	NS
N-Amoniacal (% N total)	8.1	5.8	6.4	*
pH	3.9	3.8	3.8	NS
Butirato (g/kg de MS)	0.34	0.10	0.30	NS
Consumo de ensilaje (kg MS)	9.4	9.7	10.4	NS
Prod leche (kg/dia)	22.9	22.2	24.4	**
Energia via leche (Mj/dia)	69.2	70.1	74.1	*

Gordon (1989)

Efecto de aditivos inhibidores de la fermentación sobre la digestibilidad, consumo y producción animal. (Ensilajes de corte directo).

	Control	Ac formico	Formico/formaldehido
ED (%)	63.8	64.0	63.4
Bovinos en crecimiento			
Consumo ED[1]	217	261	246
Ganancia[2]	431	735	718
Vacas lecheras			
Consumo MS[3]	8.3	9.3	9.4
Prod leche[3]	16.9	17.7	17.8

[1] kcal/kg peso metabólico; [2] g/dia
[3] kg/dia.
Modificado de Gordon (1989)

Comparación de ácido sulfúrico y formico como aditivos (promedio de 2 experimentos)

	Testigo	Ac Fórmico	Ac Sulfúrico
MS (%)	16.8	19.0	18.8
pH	5.1	4.2	4.2
$N-NH_3$ (% del N total)	23.3	7.4	7.1
MSD[1]	54.4	65.8	67.5
Consumo MS[2]	16.2	22.6	23.5

[1] materia seca digestible (in vitro)
[2] g MS/kg de peso vivo; sólo 1 experimento.
Gordon (1989)

Composición de ensilajes, consumo y producción de leche en alfalfa ensilada con y sin adición de inóculos bacterianos.

		ENSILAJE	
		TESTIGO	INOCULADO
COMPOSICION QUIMICA (BASE MS)			
Materia seca	(%)	38.9	39.5
Proteína cruda	(%)	21.5	21.8
pH		4.7	4.7
Acido lactico	(%)	2.36	2.36
Acido butirico	(%)	0.01	0.01
PRODUCCION			
Leche	(kg/d)	25.16	25.75
Leche corregida 4% mg	(kg/d)	23.22	23.88
Grasa	(%)	3.53	3.56
CONSUMO MS			
Ensilaje	(kg/d)	12.26	12.00
Concentrado	(kg/d)	8.17	8.01
Total	(kg/d)	20.43	20.01
Peso vivo	(kg)	564	564

Fuente: Colenbrander y otros, 1988

Composición química de los ensilaje de alfalfa de corte directo con y sin ácido fórmico (85%).

	ENSILAJE DE ALFALFA	
	CON AC .FORMICO	SIN AC. FORMICO
m.s. (%)	24.1	23.0
m.o. (%)	85.7	82.6
p.c. (%)	18.9	19.6
F.D.A. modificada (%)	35.9	40.8
EM (Mcal/kg)	2.37	2.22
pH	4.4	5.2
N- amoniacal (% N total).	9.4	24.2
Ac. Láctico (%)	3.0	1.4
Ac. Acético (%)	2.6	4.1
Ac. Butírico (%)	0.4	3.0
Ac. Propiónico (%)	0.1	0.5
Ac. Totales	6.1	9.0

Fuente: Adaptado de Lancaster y otros (1977)

Perdidas de m.s. y composición química en ensilajes de alfalfa premarchitada y con ácido fórmico.

	ENSILAJE DE ALFALFA	
	AC .FORMICO (6 lt/ton forraje verde)	AC. FORMICO (6 hr premarchitamiento)
m.s. (%)	28.9	31.5
p.c. (%)	17.7	18.7
F.D.A. (%)	35.2	33.8
pH	4.13	4.69
N- amoniacal (% N total).	3.50	9.72
Ac. Láctico (% m..s)	6.11	10.28
Ac. Acético (% m.s)	2.07	3.91
Ac. Butírico (% m.s)	0.01	0.08
Ac. Totales	8.38	13.47
Calcio (% m..s)	1.14	1.20
Fósforo (% m..s)	0.21	0.26
Magnesio (% m..s)	0.23	0.27
Perdidas de ms (%) en el silo.	20.2	14.4

Fuente: Atwal, 1985

Capacidad de retención de agua de varios posible aditivos absorbentes (g/g M.S)

ADITIVO	RETENCION AGUA
Grano maiz molido	0.7
Coronta maiz (picado 1/2 pulg)	1.6
Coronta maiz (picado 1/16 pulg)	2.13
Grano trigo, avena (chancado)	0.7-0.8
Pulpa remolacha (coseta)	2.8
Heno alfalfa	2.2
Heno gramineas	2.2
Paja avena	2.5

*: Se usó presión de 15 psi. (Dexter, 1961).

Efecto de tres aditivos absorbentes sobre la producción de efluente en silos experimentales

VARIABLE	CONTROL	AFRECHILLO	HENO	COSETA
Dosis aditivo (g/kg)	--	40	30	20
Efluentes (ml/100kg)	2.308 a	845 b	528 bc	181 c
Pérdidas de MS (g/100kg)	153 a	59 b	31 bc	11 c
Reducción respecto del control (ml/kg adtivo)	--	366 c	594 b	1.033 a

(Alomar et al., 1990). (a,b,c = P<0.05)

Efectos de la formalina y formalina-ácido fórmico sobre la composición y valor nutritivo de ensilajes de ballica-trébol.

	Testigo	Formalina(F)	F + Ac formico
MS (%)	19.7	21.6	19.4
pH	4.61	4.71	4.52
Cap tampon (meq/kg MS)	899	698	728
N amoniacal (% N total)	16.2	9.0	6.5
Ac Acético (% MS)	3.61	2.31	2.42
Ac Butírico (% MS)	2.88	2.68	2.21
Ac Láctico (% MS)	3.14	1.76	2.47
Consumo (g MS kg PMet)[1]	29.9	43.0	50.4
Dig MS (%)	64	63	63
Dig N (%)	62	54	50

[1] Pmet = peso metabólico. Consumo y digestibilidad con ovinos.

Adaptado de McDonald (1981)

Comparaciones entre ensilajes no tratados y tratados con ácido fórmico en novillos en crecimiento.

	Testigo	Ac Formico	n	Sig
Fermentación				
pH	4.40	3.97	21	***
N-amoniacal[1]	95	60	21	***
Ac. Butírico[2]	5.0	2.3	15	***
Datos animales				
MOD[2]	661	679	12	*
Consumo ensilajes[3]				
con < conc	6.29	6.94	21	***
Todas las comparac	6.36	6.93	24	***
Ganancias diarias[3]				
con < conc	0.58	0.72	21	***
Todas las comparac	0.66	0.77	24	***

[1] (g/kg de N total)
[2] Materia orgánica digestible (g/kg de MS)
[3] (kg/dia); en el caso de los ensilajes, kg de MS/dia.

Aditivos absorbentes

La incorporación de ingredientes ricos en elementos fácilmente fermentables tales como el azúcar o la melaza a substratos provistos por forrajes con valores bajos de MS y de azúcares, permite mejorar la fermentación del ensilaje. En general, los granos y sus subproductos industriales como el maíz o la harina de sorgo, el salvado de arroz y otros también pueden ser usados como aditivos, en parte para suplir un substrato fermentable, pero también para influir sobre la evolución de la fermentación al absorber el exceso de humedad

Aditivos absorbentes

Para optimizar su eficacia y reducir las pérdidas de nutrientes en el efluente, deben usarse en tasas relativamente altas (aspirar a obtener un contenido >25 % de MS de la mezcla) y efectuar una buena mezcla con el forraje picado; esto requiere mano de obra extra y equipo apropiado. Este tipo de aditivo puede estar disponible en forma estacional y sólo en ciertos lugares. Pero al evaluar la rentabilidad de su empleo se debe considerar el efecto positivo que tienen al mejorar el valor nutritivo del ensilaje.

Melaza como Aditivo

La melaza (75 % MS) es un subproducto ampliamente usado, agregándose hasta a razón de 10 por ciento de peso w/w para suplir carbohidrato fácilmente fermentable a ensilajes de forrajes. Su aplicación directa es difícil debido a su alta viscosidad, por lo que se recomienda diluirla, preferiblemente con un pequeño volumen de agua tibia para minimizar las pérdidas por escurrimiento.

Melaza como Aditivo

Su aplicación en el ensilado, precisa una dosis alta de melaza (4 a 5 %). En forrajes de cultivos con muy bajo contenido de MS, una parte considerable del aditivo puede perderse en el efluente del silo en los primeros días del ensilaje (Hfinerson, 1993).

Melaza como Aditivo

Sin embargo, Woolford (1984) considera que el hecho de suplir azúcar no es suficiente para que pueda competir exitosamente con otros componentes de la microflora del ensilaje y asegurar una buena preservación. Incluso, bajo condiciones de alta humedad, la melaza puede también inducir un deterioro clostridial, especialmente en forrajes muy enlodados.

TRATAMIENTOS CON ACIDO FÓRMICO Y/O FORMALDEHIDO

Se ha hecho mucho uso de ácido fórmico comercial (85 %) para ensilar forraje fresco de pastos de clima templado, pero ahora comienza a ser substituido por aditivos biológicos en razón de los riesgos que presenta su manipulación y por ser corrosivo para los equipos.

La Sal como Aditivo para Ensilajes

La adición de 1 por ciento de cloruro de sodio a una mezcla de de forraje (28 % MS, 9,5 % CHS) no demostró ser efectiva para mejorar la fermentación del ensilaje comparado con un control fresco que no se marchitó (Zanotelli y Mühlbach, 1989).

Aditivos de Nitrógeno No Proteico

Aditivos de nitrógeno no proteico (NNP), especialmente la urea, al ser agregados a forrajes con valores altos de MS, y bajos valores de poder tampón (granos de maíz o sorgo) aumentan el contenido de PB y se postula que pueden mejorar la estabilidad aeróbica del ensilaje al momento de la explotación del silo

Aditivos de Nitrógeno No Proteico

En una reseña realizada por Lavezzo (1993) sobre el uso de urea como un aditivo para ensilaje en pasto elefante, se concluyó que con forrajes de valor bajo de MS y en ausencia de aditivos ricos en CHS, el uso de este producto no debería recomendarse cuando se pretende mejorar la calidad de la fermentación

Aditivos de Nitrógeno No Proteico

Generalmente los valores de pH, N amoniacal y de ácidos acético y butírico se elevan. Singh *et al*. (1996) indicó que valores más altos de pH y de N amoniacal, se asociaban con valores mayores para poblaciones de bacterias proteolíticas anaeróbicas, en ensilajes de *Sorgo* (34 % MS) hecho con 0,5 por ciento de urea

Aditivos de Nitrógeno No Proteico

Otras fuentes de NNP, como el sulfato de amoníaco, solas o en combinación con urea, carbonato de calcio o fuentes de almidón, también han sido estudiadas con relación a sus efectos sobre la fermentación, la digestibilidad y el consumo del ensilaje. Los resultados, tal como menciona Vilela (1984), no favorecen su empleo como aditivos del ensilaje.

Aditivos de Nitrógeno No Proteico

De acuerdo con Bolsen (1999), las fuentes de NPN siempre actúan como un poder tampón dentro del proceso de fermentación, lo que requiere la producción de cantidades extras de ácido láctico para lograr bajar el valor de pH que se precisa para una buena preservación del ensilaje, lo cual aumenta las pérdidas de MS.

Uso de Guano de pollo

Este producto de desecho no puede ser considerado como un aditivo típico de ensilaje pero se le ha mezclado con forrajes fácilmente fermentables como un medio para aumentar el contenido de PB y para eliminar posibles patógenos contenidos en la camada a través de la fermentación (Al-Rokayan *et al.,* 1998; Rasool *et al*., 1998; Fontenot y Jurubescu, 1980)

Uso de Guano de pollo

También se le puede usar para aumentar el contenido de MS en el ensilaje en pasto elefante (Lavezzo, 1993). Pueden tener un alto contenido de proteína junto a alto valores de ceniza, lo cual aumenta la capacidad tampón y tiene un efecto muy negativo sobre la fermentación

Aditivos Biológicos

Es necesario saber que ningún aditivo puede substituir un buen manejo del proceso de ensilaje. Por ejemplo, ningún aditivo puede cancelar los efectos negativos de una mala fermentación de los forrajes causadas por cubiertas plásticas permeables al oxígeno, o por un almacenamiento prolongado a temperaturas sobre los 30ºC (Tjandraatmadja *et al.,* 1991).

Aditivos Biológicos

En la evaluación de la utilidad de todo aditivo se debe tomar muy en consideración la respuesta en el comportamiento del animal y la MS recuperada del ensilaje, que son parámetros rara vez estimados. La mayoría de los ensayos se limitan a realizar mediciones de ciertos rasgos de la fermentación tradicional bajo condiciones controladas de laboratorio, donde aún los ensilajes no tratados y hechos de especies con gruesos tallos pueden mostrar una aptitud de conservación aceptable (Woodard *et al.,* 1991; Spitaleri *et al*., 1995)

Aditivos Biológicos

Es muy importante saber que algunos productos de fermentaciones dañinas, como las aminas biogénicas que causan una depresión del consumo de los rumiantes (Phuntsok *et al*., 1998) no son detectados en los análisis convencionales de ensilaje.

Aditivos Biológicos

Se considera que los inoculantes y las preparaciones de enzimas son productos naturales, sin riesgo en su manipulación, no corrosivos para los equipos y que no causan problemas ambientales. Consecuentemente, su uso se ha expandido apreciablemente en las últimas décadas. Quizás ningún otro tema vinculado al manejo del ensilaje ha recibido tanta atención, por parte de investigadores y de ganaderos, como los inoculantes bacterianos (Bolsen, 1999). Se dispone de muchos productos comerciales que varían en su eficacia. Para alcanzar la eficacia prevista cada producto debe ceñirse a la dosis indicada y seguir el método de aplicación descrito.

Aditivos Biológicos

Basado en una encuesta sobre estudios con inoculantes, Muck (1993) concluyó que estos eran exitosos principalmente con ensilajes de alfalfa y de pastos templados pero que con el ensilaje de maíz mostraban un efecto limitado.

Aditivos Biológicos

Bolsen (1999) recomendó enfáticamente el uso de inoculantes bacterianos para todo tipo de forraje ensilado, basándose en resultados de más de 200 estudios de laboratorio y 28 ensayos en predios, donde este tipo de aditivo mejoró consistentemente la eficiencia de la fermentación, la recuperación de la MS, la conversión alimentaria y el aumento de peso por tonelada de ensilaje.

Uso de Enzimas como Aditivo

La adición de preparaciones de enzimas, solas o en combinación con inoculantes, se propone como una estrategia para aumentar el substrato disponible y mejorar la fermentación láctica del ensilaje o para aumentar el valor nutritivo del forraje o ambos

Uso de Enzimas como Aditivo

En ensilajes de forrajes de clima templado producidos en condiciones subtropicales, una mezcla de inoculante/enzima (Sill-All®) mejoró la calidad de la fermentación de la avena forrajera (*Avena strigosa*) no marchita (Berto and Mühlbach, 1997) y redujo el contenido de FDN en alfalfa, premarchita y no marchita (Rangrab *et al*., 1996)

Uso de Enzimas como Aditivo

Las complejas interacciones que ocurren al agregar esta mezcla no se han explicado completamente y los resultados de ensayos previos fueron erráticos (Jaster, 1994). Los primeros productos se derivaron de complejos que contenían cantidades mal definidas de diversas enzimas obtenidas de fermentaciones no muy elaboradas de hongos y los resultados fueron inconsistentes por dosis de aplicación muy variables, especies de plantas, madurez de la planta y por el contenido de MS de los materiales (Muck, 1993).

Uso de Enzimas como Aditivo

Otros resultados de ensayos donde las enzimas fueron agregadas al ensilaje de maíz presentan aspectos conflictivos, sin efectos claros sobre las características de la fermentación, a pesar de una reducción de contenidos de FDA, FDN, y hemicelulosa (Sheperd and Kung, 1996). Resultados positivos con el uso de celulasa en combinación con ácido orgánico han sido publicados en estudios de ensilaje de pastos forrajeros de climas templados (Nadeau *et al*. 1996).

Uso de Enzimas como Aditivo

Recientemente, algunas nuevas preparaciones de enzimas han regenerado el interés sobre el uso potencial de estos productos como aditivos que pueden facilitar la digestión del ensilaje y aumentar la producción de leche (Yang *et al.,* 1999; Schingoethe *et al.,* 1999).