

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



EL ENSILAJE COMO METODO DE CONSERVACIÓN DE FORRAJES

Por:

VICTOR SAMUEL RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

MONOGRAFÍA

**Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Agosto de 2006

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

EL ENSILAJE COMO MÉTODO DE CONSERVACIÓN DE FORRAJES

Por:

Víctor Samuel Rodríguez Rodríguez

MONOGRAFÍA

**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL

M.C Víctor H. Tijerina Rosales

ASESOR

ASESOR

M.C Lorenzo Suárez García

ING. Roberto A. Villaseñor Ramos

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Dr. Ramón F. García Castillo

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Agosto 2006**

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por brindarme la oportunidad de terminar una etapa más de mi vida, por estar conmigo siempre en los momentos buenos y malos, por darme las fuerzas que tanto necesitaba en situaciones difíciles por las cuales pase en estos años, y también por darme la bendición de conocerle gracias Dios mío.

No puede el hombre recibir nada, si no le fuere dado del cielo.

Juan 3:27

Dando siempre gracias por todo al Dios y padre, en el nombre de nuestro Señor Jesucristo.

Efesios 5:20

El es quien cubre de nubes los cielos, y el que prepara la lluvia para la tierra, el que hace a los montes producir hierbas.

Salmo 147:8

Conviene que yo declare las señales y milagros que el Dios altísimo a hecho conmigo.

Daniel 4:2

Si confesare con tu boca que Jesús es el señor y creyeres en tu corazón que Dios le levanto de los muertos serás salvos.

Porque con el corazón se cree para justicia, pero con la boca se confiesa para salvación.

Romanos 10: 9 –10.

A MI ALMA TERRA MATER:

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios profesionales dentro de sus aulas gracias.

A MIS ASESORES:

M.C. Víctor Hugo Tijerina Rosales.

ING. Roberto A. Villaseñor Ramos.

M.C. Lorenzo Suárez García.

Por la asesoría y apoyo que me brindaron para la realización de este trabajo, muy en especial para el M.C. Víctor Hugo Tijerina Rosales, gracias.

A MIS MAESTROS:

Que formaron parte de mi educación profesional, a los cuales les agradezco por brindarme sus conocimientos, gracias.

A MIS AMIGOS:

Al hermano Esteban gracias por permitirme trabajar con usted durante este tiempo que Dios lo bendiga.

Al hermano Enrique gracias por todo su apoyo que Dios lo bendiga.

A Carolino, Rafael, Raúl, Isaac, Porfirio y Rodrigo, gracias a todos y a los que no menciono también por brindarme su amistad durante este tiempo.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Sr. Alfonso Rodríguez Ruiz.... A ti papá por darme todo lo que siempre he necesitado, por el enorme apoyo que me has brindado toda mi vida, por educarme, por enseñarme a salir adelante frente a cualquier problema, gracias por estar conmigo te quiero mucho que Dios te bendiga y te guarde.

Sra. Prudencia Rodríguez Cervantes.... A ti mamá que indudablemente sin tu apoyo nunca hubiera podido terminar esta etapa, como tantas otras, gracias por darme la vida y enseñarme a luchar y no darme por vencido nunca en tantos momentos difíciles que pasé, por estar siempre conmigo y apoyarme en mis decisiones gracias te quiero mucho que Dios te bendiga y te guarde.

A los dos les agradezco y dedico este trabajo, ya que sin ustedes no hubiera podido lograrlo, gracias por todos sus apoyos y su amor, a ustedes les debo toda mi carrera y por ustedes la termine por que yo siempre me fije en todo el sacrificio que hicieron para sacarme adelante en mi carrera gracias los amo que Dios me los cuide.

A MIS HERMANOS:

Ricardo, Ana Isabel, Alfonso, Joel, Selene, Francisco Javier y Luis Alberto Agradezco a mis hermanos el apoyo que siempre me han brindado con su impulso, con todo lo que he podido ser hasta hoy, que Dios los bendiga grandemente más que a mí les deseo mucha felicidad y lo mejor en esta vida gracias por todo.

A MIS ABUELOS:

Vicente y Urbano Rodríguez (+). Aunque fue poco el tiempo que convivimos pero aún los recuerdo en mi corazón les agradezco lo poco que me enseñaron y lo que aprendí de ustedes gracias que Dios tenga misericordia de ustedes.

Valvina Cervantes (+). Aunque no tuve la dicha de conocerte que Dios tenga misericordia de ti.

Ignacia López López. Gracias mamá nacha por todo el apoyo que me brindaste durante la carrera te quiero mucho que Dios te bendiga y te guarde mucho tiempo más con nosotros.

Séferina Ruiz López. Gracias por todo tu apoyo y cariño que siempre me has tenido por estar a nuestro lado en todos los momentos difíciles que hemos pasado que Dios te bendiga y te guarde mucho tiempo más con nosotros.

A MIS SOBRINOS:

Karla Michelle y Ricardo. Los quiero mucho que Dios los bendiga y los guarde.

A MI CUÑADO:
Everardo Zúñiga Espinoza. Gracias.

GRACIAS A TODOS

INDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	v
ÍNDICE GENERAL	vii
INDICE DE FIGURAS	x
INDICE DE CUADROS	xi
INTRODUCCIÓN	1
OJETIVOS	3
JUSTIFICACIÓN	3
REVISIÓN DE LITERATURA	3
<i>DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ENSILAJE</i>	4
Características generales del ensilado.....	4
Características organolépticas del ensilado.....	5
FERMENTACIÓN DE LA MASA ENSILADA	6
Calidad fermentativa.....	6

Acidez (pH).....	6
Ácidos orgánicos.....	6
Nitrógeno amoniacal.....	7
CAMBIOS BIOQUÍMICOS EN LA FERMENTACIÓN.....	8
Carbohidratos.....	8
Proteínas.....	8
Ácidos orgánicos y capacidad tampón.....	9
Pigmentos.....	10
FASES EN LA FERMENTACIÓN DEL ENSILADO.....	11
Efecto de la temperatura.....	12
Efecto del contenido de materia seca (MS) del forraje.....	13
Efecto del PH.....	13
Efecto del contenido de hidratos de carbono.....	14
FUNDAMENTOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA FERMENTACIÓN DEL ENSILAJE.....	15
COMO OBTENER UNA BUENA FERMENTACIÓN.....	20
MICROBIOLOGIA DEL ENSILADO.....	21
COMO SE CONSERVAN LOS FORRAJES ENSILADOS.....	22
CAMBIOS BIOQUÍMICOS DURANTE EL PROCESO DE ENSILAJE.....	24
Respiración.....	24
Enzimas.....	26
Microorganismos.....	26
Ácidos orgánicos.....	27
Ácido láctico.....	27
Ácido butírico.....	28
Proteólisis.....	28
Otros cambios.....	30

Pág.

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRITIVO.....	32
COMO OBTENER UN ENSILAJE DE BUENA CALIDAD.....	34
Materia prima.....	34
Estado de corte.....	35
Picado de las plantas.....	35
Forma de llenado.....	36
Rapidez del llenado.....	37
Compactación y distribución uniforme.....	37
Final y sellado del silo.....	38
ASPECTOS QUE INDICAN LA CALIDAD DEL ENSILAJE.....	40
CLASIFICACIÓN DE LOS ENSILADOS.....	42
Ensilados de fermentación láctica.....	42
Ensilados de fermentación acética.....	42
Ensilados de fermentación butírica.....	43
Ensilados premarchitos.....	43
Ensilados deteriorados.....	44
Ensilados sobrecalentados.....	44

ADITIVOS	45
Uso general.....	47
Uso específico.....	47
UTILIZACIÓN DEL ENSILADO	49
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ENSILAJE	50
FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO Y UTILIZACIÓN DEL SILO	52
PERDIDAS DE NUTRIENTES DURANTE EL ENSILADO	54
Pérdidas de campo.....	54
Pérdidas por oxidación.....	54
Pérdidas por fermentación.....	54
Pérdidas por líquidos.....	55
Otras pérdidas.....	55
EFLUENTES	57
Composición del efluente.....	57
Valor alimenticio del efluente.....	58
PRADERAS Y PLANTAS PARA ENSILADOS	59
PRADERAS	59
Composición de la pradera para ensilaje.....	60
Estado de corte de la pradera.....	60
PLANTAS	61
Maíz.....	61
Sorgo.....	62
Avena-vicia.....	62
Alfalfa.....	63
TIPOS DE SILOS	64
Silo de torre.....	64
	Pág.
Silo de trinchera y bunker.....	65
Silo de montón.....	66
Silo parva.....	67
Tamaño del silo.....	67
CONCLUSIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	69

INDICE DE FIGURAS

Figuras	Pág.
Fig. 1. El ensilaje es un tipo de forraje obtenido por la fermentación.....	1
Fig. 2. Picado y cosecha de las planta.....	2
Fig. 3. Silo de Torre.....	3
Fig. 4. Silo de Bunker.....	4
Fig. 5. Silo de Trinchera.....	5
Fig. 6. Silo de Montón.....	6
Fig. 7. Corte de un silo parva sellado con plástico y luego con tierra u otros materiales....	7
Fig. 8. Compactación y distribución del forraje en el silo.....	8

INDICE DE CUADROS

Cuadros	Pág.
Cuadro. 1. Composición química y capacidad buffer de los cultivos forrajeros típicos.....	1
Cuadro. 2. Categorías de aditivos para el ensilaje.....	2
Cuadro. 3. Efluentes del ensilaje en función del contenido de materia seca.....	3
Cuadro. 4. Composición nutricional típica de un efluente de pradera.....	4
Cuadro. 5. Recomendaciones para un buen manejo de las plantas para ensilaje.....	5

INTRODUCCIÓN

Dentro de la actividad pecuaria, la conservación de forrajes constituyen una herramienta útil y de amplia cobertura como fuente de alimentación base, para satisfacer los requerimientos nutritivos de los rumiantes en el periodo crítico de invierno. La forma más usada para conservar forraje es el ensilaje, además de que existen numerosos factores que condicionan la calidad del producto. Entre ellos está el proceso de fermentación, que se controla cuando se favorece el crecimiento de las bacterias ácido lácticas que se encuentran en el pasto fresco, o se limita la fermentación al dejar premarchitar el cultivo, o al agregar aditivos químicos. En cualquier caso, para lograr la conservación adecuada es necesaria conseguir y mantener condiciones anaeróbicas. En la práctica esto se logra al picar el forraje durante la recolección, se llena rápidamente el silo, se compacta y se cierra adecuadamente.

La mayoría de los forrajes pueden conservarse durante el ensilado, aunque los más habituales son las gramíneas y plantas de cereales especialmente el maíz.

El ensilado es un método de conservación de forraje fresco (u otros alimentos), con un elevado contenido en humedad, protegido del aire, de la luz y de la humedad exterior, con un mínimo en pérdidas de materia seca y en valor nutritivo, con buena palatabilidad y sin productos tóxicos para los animales.

El ensilado representa la vía húmeda de conservación de forrajes verdes ya que con este sistema se consigue mantener el valor nutritivo sin reducir sensiblemente su contenido en agua. Es una técnica que permite conservar el forraje en un estado físico muy parecido al que tenía en el momento de la recolección, pero su composición química está notablemente modificada por las fermentaciones que sufre. Además, la recolección del forraje siempre podrá efectuarse en el momento óptimo, cuando alcance su máximo valor nutritivo.

Durante el ensilado, deben producirse una serie de alteraciones bioquímicas en el forraje debidas, por una parte, a la actuación de enzimas producidas por la propia planta en la fase

de respiración, aerobia inicialmente y luego anaerobia o intracelular, y por otra, a la actividad enzimática de las bacterias acompañantes durante el proceso de fermentación.

El proceso de ensilado tiene por objeto desencadenar en la masa de forraje una fermentación láctica, reduciendo el pH y estabilizando el producto final. Para conseguir este objetivo, tras analizar las transformaciones citadas en el apartado anterior, conviene potenciar las condiciones de anaerobiosis y favorecer las fermentaciones lácticas.

Un adecuado picado del forraje, que favorece la compactación, reduce el aire de la masa ensilada y permite la liberación de los azúcares fermentables de una forma más rápida. Cuanto menor es la cantidad de oxígeno contenido en el ensilado, menores pérdidas por respiración se producen (Ede y Blood, 1970).

Es deseable un contenido en humedad entre el 60–70 %, pues reduce el riesgo de proliferación de microorganismos responsables de la fermentación butírica. Esta condición cobra especial interés en el caso de los forrajes pobres en azúcares, caso de las leguminosas. Por esta razón, siempre que sea posible, conviene realizar una desecación previa (o henificado parcial), aunque no parece interesante aumentar la materia seca a más del 35%, pues pueden presentarse problemas de compactación (Hiriart, 1998).

La presencia de un alto contenido en hidratos de carbono solubles es esencial para la consecución de un buen ensilado. Podría asegurarse que la calidad de un forraje para ensilar está relacionada con el contenido en hidratos de carbono solubles, lo que, a su vez, depende del estado de maduración de la planta y de la especie vegetal.

A veces, se realiza la adición de conservantes al ensilado, que supone una alternativa en aquellos casos en que no se den las condiciones óptimas para obtener un buen ensilado. Su utilidad aumenta cuanto menor es el contenido en materia seca del forraje y cuanto más bajo sea el contenido en materia seca del forraje y cuanto más bajo sea el contenido en hidratos de carbono solubles (caso de las leguminosas). Un conservante adecuado, además de ser eficaz en la acidificación, debería aumentar la

apetencia del ensilado para el ganado, no dar lugar a sustancias tóxicas, tener un costo adecuado y ser de fácil manejo y distribución. Los conservantes comúnmente utilizados para el ensilado se pueden agrupar en tres categorías: acidificantes, bacteriostáticos y estimulantes de la fermentación láctica.

OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son:

- ✓ Recopilar la información necesaria, para obtener un mejor conocimiento sobre el proceso de ensilaje.
- ✓ Emplear la información obtenida mediante la practica.
- ✓ Proporcionar la información básica para el establecimiento de un ensilaje.

JUSTIFICACIÓN

El ensilaje el principal método de conservación de forrajes, ya que constituye una herramienta útil y de amplia cobertura como la fuente principal de alimentación base para los rumiantes en los periodos críticos de invierno, además de sus numerosas ventajas que presenta.

REVISIÓN DE LITERATURA

La conservación de productos agrícolas, para su utilización posterior, data de tiempos inmemorables; parece haber tenido origen en Italia hacia el siglo XVIII, buscando la conservación de materiales, con la menor cantidad de modificaciones que permita, al final del proceso, la utilización de un producto con condiciones similares a las del original (Bretigniere y otros 1954).

El ensilado es un método de conservación de forrajes (u otros alimentos), con un elevado contenido de humedad, protegido del aire, de la luz y de la humedad exterior,

con un mínimo de pérdidas en materia seca y en valor nutritivo, con buena palatabilidad y sin productos tóxicos para los animales (Buxadé 1995).

El proceso de conservación de forrajes, inevitablemente presenta pérdidas de masa vegetal y consecuentemente, un deterioro del valor nutritivo. Por esto, los objetivos principales que enfoca la conservación son minimizar las pérdidas en materia seca y minimizar la pérdida en valor nutritivo del forraje (Ruiz, 1996).

Debido al gran uso del ensilaje como método de conservación de forrajes, ya han sido muchos y diversos los estudios que han hecho los especialistas de esta área, así mismo son muchos y extremadamente variables los factores que influyen en la calidad del producto (Hargreaves et al, 1986).

DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ENSILADO

El ensilaje o ensilado consiste básicamente en almacenar forraje en estado verde, proceso que bajo condiciones especiales de ausencia en oxígeno (aire), ocurren una serie de transformaciones químicas y bioquímicas que definen su calidad; a esto se le conoce comúnmente como fermentación del material ensilado (Hiriart, 1984).

Características generales del ensilado

1. Es el producto que se obtiene en la fermentación controlada de cultivos de alto contenido de humedad (Bertoia, 2004).
2. Es un tipo de forraje que se obtiene por fermentación parcial de plantas apropiadas, que se traduce en un aumento de la acidez de la masa y que conserva un alto grado de humedad (Hiriart, 1984).
3. Es un proceso de conservación de forraje, por acción de las bacterias ácido lácticas sobre los azúcares del mismo. Esto da como resultado una baja de pH (acidez) en condiciones anaeróbicas (Hiriart, 1984).

4. Es el resultado final de la conservación de una cosecha bajo condiciones que hacen posible la producción de suficiente ácido láctico, para mantener la masa sin un deterioro posterior (Bertoia, 2004).



Figura 1. El ensilaje es un tipo de forraje obtenido por la fermentación parcial de una planta apropiada, que será consumido por el ganado cuando no pueda disponerse de pasto seco (Bertoia, 2004).

Características organolépticas del ensilado

Las características de un ensilado las dan los parámetros organolépticos, que son una prueba subjetiva basada en la apreciación del olor, color, sabor, textura, estructura y presencia o ausencia de mohos, hongos u otros que son fácilmente detectables, obteniéndose una información preliminar de su calidad. El personal experimentado puede ser muy preciso en su diagnóstico, pero eso no significa que el agricultor no sea capaz de hacer muy buenas determinaciones de apariencia general del ensilaje (Hiriart, 1984).

FERMENTACIÓN DE LA MASA ENSILADA

Calidad fermentativa

Es la identificación analítica de los principales compuestos químicos que se obtienen como productos finales del proceso mismo y que le imprimen una característica organoléptica determinada. Estos productos han sido cuidadosamente analizados durante mucho tiempo y se han logrado establecer algunos rangos de calidad que se basan principalmente en la acidez de la fermentación de la masa ensilada que van desde pH de 4.5 a 5.5, (Hiriart 1984). No solo compuestos químicos en este ítem, sino también algunos antecedentes como la acidez.

Acidez (pH)

El nivel de acidez proporciona un elemento de juicio determinante como índice de calidad. Así por ejemplo, un ensilaje con 30 % de materia seca (MS) posee normalmente menor nivel de acidez con pH que fluctúa entre 4.5 y 4.8, como frecuentemente sucede en los ensilajes premarchitos; a la inversa y en la medida en que la materia seca disminuye, la acidez será proporcionalmente mayor con un pH máximo de 4.2. En términos generales, en los lugares lluviosos la materia seca de los ensilajes fluctúa entre 18 y 25 %, por lo que se deduce que el pH no debiera ser mayor que 4.2 (Demarquilly, 1973).

Ácidos orgánicos

Estos ácidos se originan como consecuencia de las reacciones de fermentación, siendo de mayor relevancia los ácidos butírico y acético. El ácido láctico favorece notablemente la

calidad de la masa ensilada, siendo deseable su presencia, mientras que el ácido butírico es un indicador de baja calidad, productos de fermentaciones indeseables. Debido a esto se produce un deterioro en la respuesta de los animales, porque limita o anula el consumo del ensilado por parte de estos (Hiriart, 1984). En relación con el ácido acético se sabe que su formación proviene de cultivos ricos en proteína, y es el responsable del olor a vinagre cuando su contenido es desmedido. No obstante, si sus valores (4 a 5 %) son normales aumenta la digestibilidad del ensilaje (Demarquilly, 1973).

Nitrógeno amoniacal

Al igual que los anteriores, el nitrógeno amoniacal puede usarse como indicador de fermentación, y su contenido aumenta debido al exceso de proteína, humedad y aireación. Un ensilaje de buena calidad puede tener hasta 10 % de nitrógeno amoniacal en relación con el nitrógeno total; si la cantidad de este tipo de nitrógeno es mayor de 20 %, el ensilaje será de muy mala calidad (Hiriart, 1984).

CAMBIOS BIOQUÍMICOS EN LA FERMENTACIÓN

Carbohidratos

La actividad enzimática respiratoria de las plantas prosigue en los vegetales ensilados, en tanto se mantengan las condiciones aeróbicas y el pH no se modifique drásticamente. Los carbohidratos hidrosolubles del forraje se oxidan a dióxido de carbono y agua, con producción de suficiente calor para elevar notablemente la temperatura. Cuando penetra aire en la masa, debido a que el pasto no ha sido bien compactado durante y después del llenado, la temperatura sigue aumentando. Si no se controla debidamente, da lugar a un ensilaje sobrecalentado (Wilkins, 1974).

En condiciones normales se logra rápidamente la anaerobiosis.

Las bacterias ácido lácticas fermentan los carbohidratos hidrosolubles, que tras la hidrólisis se encuentran en forma de glucosa y fructosa, con formación de ácido láctico y otros productos. También tiene lugar cierta hidrólisis de las hemicelulosas, liberándose pentosas que pueden ser fermentadas con producción de ácido láctico (Hiriart, 1984).

Proteínas

En los vegetales en crecimiento, aproximadamente de 75 a 90 % del nitrógeno total se encuentra en forma de proteína (Wilkins, 1974).

Inmediatamente después de la cosecha, las proteasas de las plantas hidrolizan las proteínas hasta aminoácidos, de forma que entre las 12 y 14 horas, entre 20 y 25 % del nitrógeno total se encuentra convertido en nitrógeno no proteico. Aunque la mayor parte de este nitrógeno

total se encuentra en forma de aminoácidos, se produce la degradación de algunos de ellos, en especial los del ácido glutámico y aspártico por las descarboxilasas de las plantas.

Por el contrario, si predominan los clostridios pueden producirse grandes cambios en los aminoácidos. Los cambios se deben a tres tipos de reacciones diferentes: *desaminación*, *descarboxilación* y *óxido reducción*, que dan lugar a la producción de aminas, amoniaco, dióxido de carbono, cetoácidos y ácidos grasos.

También las bacterias coliformes pueden desaminar y descarboxilar ácidos (Watson, 1965).

Ácidos orgánicos y capacidad tampón

La capacidad tampón (CT) de las plantas, que es la capacidad de resistir los cambios de pH, es un factor importante en el ensilado. Dentro del intervalo de pH 4 a 6, aproximadamente de 70 a 80 % de la CT del pasto puede atribuirse a las sales de los ácidos orgánicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos y cloruros, y solo de 10 a 12 % es atribuible a las proteínas. Normalmente la capacidad tampón se expresa en miliequivalentes de álcali por kilogramo de materia seca (MS), necesarios para cambiar de 4 a 6 el pH de los macerados de pastos. Sobre esta base, el ballico presenta valores de CT comprendidos entre 250 y 400. Las leguminosas como la alfalfa y el trébol están mejor tamponadas con valores de CT de 500 a 600, propiedad que las hace mas difícil de conservar en ensilados (Jiménez, 2000).

Cuadro 1. Composición química y capacidad buffer de los cultivos forrajeros típicos.

	Carbohidratos hidrosolubles (g/kg DM)	Proteína bruta (% DM)	Relación CHOH/PB*	Capacidad buffer (mEq/kg MS)	"Aptitud" para conservación de ensilaje
Maíz	80 - 300	80 - 100	1.0 - 3.0	150 - 300	Alta
Gramíneas	35 - 300	100 - 160	0.4 - 1.8	250 - 550	Intermedia
Alfalfa	20 - 150	140 - 200	0.1 - 0.75	350 - 650	Baja

* Carbohidratos hidrosoluble dividido por proteína bruta (Jiménez, 2000).

Durante la fermentación la CT aumenta como consecuencia de la formación de lactato, acetato y otros productos. En los ensilados de bajo pH, el aumento puede alcanzar valores

tres a cuatro veces la cifra original. Los tratamientos que limitan la fermentación, como el premarchitamiento o el uso de inhibidores químicos, reducen las sustancias tampón o buffer. En las gramíneas los principales ácidos presentes en el forraje original son el cítrico y el málico, además de ácido acético, ácido fórmico, etanol, butaneidol y acetoina.

Pigmentos

Los cambios más notorios en el ensilado se producen en el color de los productos herbáceos (Rodríguez, 1983). El color pardo del ensilado se debe al efecto de los ácidos orgánicos sobre la clorofila, que se convierte en el pigmento sin magnesio llamado teofitina.

La destrucción del pigmento betacaroteno, provitamina A, guarda relación con la temperatura y el grado de oxidación. Si ambos son altos, las pérdidas de betacaroteno pueden ser considerables; sin embargo, en los ensilados bien hechos las pérdidas de caroteno son inferiores a 30 % (Rodríguez, 1983).

FASES EN LA FERMENTACIÓN DEL ENSILADO

La fermentación del ensilado se puede dividir en cinco fases:

La primera fase empieza cuando el forraje es colocado en el silo e incluye la respiración final de las células vegetales con producción de calor y dióxido de carbono. Esta fase tiene gran significado en el desarrollo futuro del ensilado, ya que el calor producido determina si se establecerá una temperatura óptima y si el dióxido de carbono producido reducirá o no la cantidad de oxígeno, dando condiciones anaeróbicas para las bacterias lácticas.

La segunda fase también es importante, pues marca el final de la respiración de las células y el principio de la producción de ácido acético. En la fase tres esta producción de ácido actúa principalmente para rebajar el pH suficiente e impedir así el crecimiento de aquellas bacterias que, de otro modo, podrían dar lugar a compuestos indeseables. Como las bacterias de ácido acético no toleran un pH bajo, su número disminuye rápidamente mientras las bacterias lácticas empiezan a proliferar. En los primeros días también ocurre el asentamiento del forraje en el silo, aumenta aceleradamente la salida relativa de jugos en el ensilado y alcanza su máximo entre el cuarto y el quinto día.

La fase cuatro se inicia normalmente entre el tercero y quinto día, y requiere de 15 a 20 días para completarse. Las bacterias lácticas dominan la flora y gradualmente incrementan el contenido de ácido láctico del ensilado, hasta que la acidez llega a ser lo bastante alta para interrumpir una acción bacterial posterior.

La fase cinco representa un periodo indefinido que refleja el valor relativo de los cambios ocurridos durante las cuatro primeras fases. Si se forma suficiente ácido láctico y acético

para impedir una posterior actividad bacteriana, la fase cinco es meramente un periodo durante el cual el ensilaje permanece estable. Las bacterias butíricas usan como medio no solo hidratos de carbono, sino también ácido láctico. Las bacterias también atacan fuertemente los aminoácidos y proteínas del ensilado, lo que resulta en la aparición de amoníaco y ácidos grasos volátiles. Este proceso tiene además la desventaja de mantener o elevar el pH, lo que tiende a permitir que las fermentaciones continúen hasta que todos los productos energéticos utilizables desaparezcan (Hiriart, 1998).

Las cinco fases anteriores son afectadas por la temperatura del ensilado, el contenido de materia seca del forraje original, el pH de la masa y la cantidad de hidratos de carbono, necesarios para la fermentación de la planta disponible (Hiriart, 1998).

En forma general, podemos decir que el proceso de fermentación en el ensilaje está dado por tres puntos críticos:

1. Cantidad de carbohidratos solubles en el forraje.
2. Porcentaje de materia seca del forraje.
3. Capacidad buffer que presenta el forraje.

Efecto de la temperatura

La temperatura es uno de los factores relacionados con el éxito del ensilado, porque existe una temperatura óptima para la multiplicación de las bacterias lácticas. Esta temperatura óptima varía entre 27 y 38 grados centígrados. En la práctica se tiene cierta idea de la temperatura por la apariencia del ensilado. Un ensilaje frío es generalmente pardo verdoso, tiene un olor fuerte, los tejidos son viscosos, poseen un gusto insípido y presentan un pH de 5 o superior. Un ensilado a temperatura adecuada tiene un color ligeramente verde o amarillo, un gusto agradable, los tejidos son duros y de un gusto ligeramente ácido que indica un pH por debajo de 4.5. Los ensilajes sobre calentados tienen características acentuadas por el grado de calentamiento, su color varía de marrón a negro y presentan un olor desde un azúcar ligeramente quemado hasta un heno pasado. Aspectos tales como pH y

el gusto no constituyen una guía segura, debido a que es difícil determinar con ellos el grado exacto alcanzado de fermentación (Lancaster, 1977).

Como ya se dijo, la temperatura se debe en gran parte a la respiración celular; por tanto, la temperatura final de fermentación esta en función, principalmente, de la velocidad y el método de llenado del silo. Así el forraje ensilado en un día caluroso puede tener una temperatura mayor de la apropiada, pero esta disminuirá hasta la determinada por la respiración celular. Recíprocamente, un forraje ensilado en un día relativamente frío aumentara después su temperatura. Un forraje húmedo puede requerir un periodo de calentamiento antes de la compresión, mientras que uno seco puede necesitar una extracompresión para evitar el sobrecalentamiento.

Efecto del contenido de materia seca (MS) del forraje

El porcentaje de materia seca en el forraje probablemente no ejerza una acción directa sobre los procesos que acontecen en el silo. Su importancia radica en su utilidad para medir aspectos tales como el estado de madurez contenido en proteína y la relativa dificultad para comprimir el forraje (Hiriart, 1998). El efecto de un contenido bajo en materia seca probablemente se halla en las bajas temperaturas que resultan de una excesiva compactación de la masa. Por el contrario, el elevado pH de ensilados con poca humedad puede deberse a su incapacidad para controlar la temperatura y producir un ambiente anaeróbico. Por su parte, la pérdida de jugos es una función inversa de la materia seca, porque el flujo decrece cuando la materia seca aumenta (Watson, 1965).

Efecto del pH

El pH del ensilado es un indicador ampliamente utilizado para medir su calidad. No obstante, la mayoría de los especialistas están de acuerdo en que su uso solo esta justificado si se interpreta correctamente y si esta acompañado de información adicional. Si los ácidos están presentes como mezclas, su efecto relativo sobre el pH dependerá del grado de

ionización y la capacidad amortiguadora de la masa ensilada. Sin embargo, la disminución del pH indica un incremento de ácido láctico, acidez total y aminoácidos, mientras que denota un menor contenido de ácidos volátiles (Hiriart, 1998).

Las propiedades amortiguadoras (buffer) de las cosechas ensiladas son de considerable interés. Normalmente, plantas como la alfalfa y la soja son más difíciles de ensilar que las gramíneas. Esta diferencia se debe al alto contenido de cenizas y proteínas de las leguminosas (Watson, 1965).

Efecto del contenido de hidratos de carbono

La cantidad exacta de hidratos de carbono utilizables para un buen ensilado depende de la cosecha ensilada, de la temperatura de la masa y de su uso en el silo. De este modo, no puede especificarse cantidad alguna a menos que todos los factores puedan ser controlados.

Esta cantidad debería ser más alta en plantas leguminosas, donde el pH requiere más acidez que en los cereales, que normalmente tiene una baja capacidad amortiguadora. Cuando se intenta emplear temperaturas bajas, se necesitan más hidratos de carbono a causa de la lenta fermentación y producción de ácidos débiles. En general, plantas no leguminosas contienen suficientes hidratos de carbono para una apropiada conservación. Sin embargo, se necesita una investigación más extensa para dar recomendaciones específicas en cada forraje y condiciones de cosecha (Hiriart, 1998).

FUNDAMENTOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA FERMENTACIÓN DEL ENSILAJE

En el proceso de ensilaje se debe cortar la planta en su estado óptimo para retener la respiración celular. Al morir las células vegetales del forraje ensilado, los azúcares, grasas y proteínas que contienen se convierten en alimento para los microorganismos.

Durante la fermentación se producen algunos cambios y pérdidas de nutrientes. Es importante la ausencia de oxígeno en el proceso, porque mientras exista oxígeno dentro del ensilaje aumentan la pérdida de nutrientes por respiración celular y fermentación aeróbica, lo cual no es conveniente.

La rapidez y calidad del ensilaje depende de la concentración de ácido láctico que se produzca (solo en ausencia de aire) (Goic e Hiriart, 1981). La fermentación láctica se desarrolla en excelentes condiciones a 35 grados centígrados. Las bajas temperaturas aseguran mayor porcentaje de elementos nutritivos a conservar, sin formación de productos secundarios ni modificaciones en el sabor, aumentando así la aceptación por parte de los animales.

El contenido excesivo de ácido butírico indica en general el deterioro del ensilaje, caracterizándolo por un olor y sabor desagradables.

Dentro de este proceso de fermentación, las proteínas se descomponen y forman compuestos amoniacales, algunos de los cuales neutralizan el ácido y provocan putrefacción; por este motivo, el material a ensilar no debe ser muy abundante en proteínas; mientras que el mayor contenido de azúcares solubles, asegura una mejor fermentación, pues los microorganismos se desdoblan, produciéndose la liberación de ácido láctico.

Las pérdidas de materia seca son muy variables en los ensilajes. Sin embargo, las pérdidas de energía y proteína digeribles son aproximadamente el doble que estas. Uno de los inconvenientes de ensilar en zonas lluviosas, es el alto porcentaje de humedad del material a ensilar, el cual aumenta frecuentemente por agua adicional proveniente de lluvias. El exceso de agua provoca una disminución de microorganismos ácido lácticos y producen mayores pérdidas por escurrimiento (Elizalde, 1987).

Durante las tres primeras semanas después de ensilar, se produce la fermentación de los carbohidratos solubles por acción de las bacterias ácido lácticas, así como la degradación de las proteínas a aminoácidos por acción de las enzimas liberadas por la acción del propio pasto. Esta degradación puede llegar a 50 % del total de la proteína presente en la masa vegetal.

La extensión en que se produce la fermentación secundaria por la acción de las bacterias clostrídicas, y que perjudica la calidad del ensilado, depende en gran parte del grado de humedad y de la riqueza de azúcares solubles en el pasto (Watson, 1965). Si el pasto tiene suficiente cantidad de carbohidratos solubles, la acción de las bacterias ácido lácticas producirá suficiente cantidad de ácido láctico y acético para alcanzar el pH de 4 a 4.2, de modo que pueda predecirse poca actividad clostrídica. Esto generalmente ocurre cuando el nivel de ácido láctico llega a ser de 6 % de la materia seca.

Si el pH no baja lo suficiente debido a la escasez de carbohidratos solubles, el ácido láctico se descompone en una fermentación secundaria por acción de bacterias sacarolíticas, produciéndose ácido butírico. Esto sucede simultáneamente a la actividad de bacterias sacarolíticas, que descomponen los aminoácidos en ácidos volátiles, amoníaco y aminos. A veces la determinación del amoníaco o de los ácidos grasos volátiles, como el butírico, en el masa del silo, se utiliza como indicador de la actividad clostridica.

En resumen, la fermentación secundaria se frena con la acidez y se favorece con la humedad. Así, para prevenir su descomposición, un ensilaje con alto grado de humedad (18 % de MS) deberá alcanzar un pH más bajo (alrededor de 4), que uno más seco (por ejemplo

con 30 % de MS), el cual se estabiliza a un pH de 4.4. Por su parte, ensilajes a los que se ha hecho un premarchitamiento previo del pasto se estabilizan a pH de 5.

Las pérdidas del valor nutritivo del ensilado, en relación con el forraje, se refiere principalmente a la disminución del consumo y de la retención de nitrógeno. Ensilados con predominio de fermentación clostridica se consumen en mucha menor proporción que los que siguieron una buena fermentación láctica. En efecto, se ha observado que el consumo y la retención de nitrógeno disminuyen cuando aumenta el nivel de amoniaco y de ácido acético (productos típicos de la fermentación clostridica) en el silo (Wilkins et al., 1971; Flynn, 1981). Por otra parte, (Demarquilli, 1973) encontró una estrecha correlación negativa entre el consumo voluntario de nitrógeno y el contenido de ácido acético y otros ácidos volátiles en el ensilado.

Aunque el contenido de proteína bruta del ensilado es prácticamente igual que el del material fresco, si los procesos fermentativos no han sido correctos, el contenido de proteína digestible puede ser mucho menor. Esto ocurre cuando en el proceso fermentativo se alcanzan temperaturas muy elevadas y los ensilados llegan a ser prácticamente indigestibles aunque el ganado pueda encontrar el ensilado muy agradable al paladar.

Cuando la fermentación es marcadamente butírica, se producen roturas en los componentes más simples de las proteínas, los cuales se utilizan menos efectivamente. Todos estos efectos explicarían la disminución de la retención de nitrógeno en animales alimentados con ensilajes mal elaborados.

Aunque en un ensilado bien hecho las pérdidas de nitrógeno son mínimas, la proteína del ensilado es más soluble en el rúmen que en el forraje verde; esto implica su rápida fermentación en amoniaco, lo que será mas importante cuando peor sea la conservación. Ello induce a una sobre valoración de la proteína en los ensilados.

Aplicando técnicas de ensilado correctas, prácticamente no se producen pérdidas en la digestibilidad. Sin embargo, si pueden producirse si se ensila con mucha humedad. Así, se

han señalado pérdidas de la digestibilidad de la materia orgánica de 1, 2, 3, 4, y 5 puntos para praderas ensiladas con 18, 17, 16, 15, y 14 % de materia seca, respectivamente. Asimismo, si las condiciones de ensilado no son buenas o aparecen cantidades importantes de amoníaco, las pérdidas de digestibilidad pueden ser importantes (Flynn, 1981).

Los efectos de fermentaciones indeseables pueden ser tan importantes como las pérdidas de materia seca. Estas pérdidas se producen como consecuencia de varios factores, tales como el empleo de métodos inadecuados de recolección y la continuación de los procesos respiratorios en la masa del pasto cuando el silo se llena lentamente, no se compacta bien o no se cierra (McDonald, 1988).

El ensilaje conservado por fermentación parcial del pasto acumulado eleva la acidez y retiene un alto contenido de humedad. Un ensilaje bien hecho debe conservar al máximo las características de la planta utilizada en su elaboración, aunque nunca las mejora, diferenciándose por su mayor grado de acidez.

La fermentación del ensilado se puede dividir en cuatro fases:

Respiración celular. En esta fase los tejidos del forraje acumulado (tallos y hojas) continúan respirando, mientras queda aire en la masa del forraje, hasta el consumo total de oxígeno en el silo, lo cual genera calor por ser un proceso exotérmico.

Simultáneamente actúan microorganismos aerobios que descomponen el forraje. Este proceso disminuye a medida que se compacta el forraje y se elimina el aire, lo cual también genera calor por ser un proceso exotérmico.

Heterofermentación. Una vez que termina la fase anterior, las células del forraje mueren y dejan de ser impermeables, con lo que se produce un vaciado del contenido celular en forma de jugo a través del silo. Este jugo es excelente alimento para los microorganismos, presentes, pero se hace con el una fermentación general en la que participan numerosos microorganismos, principalmente clostridios, que producen una mayor cantidad de ácido

acético, alcoholes, anhídrido carbónico y degradación de la proteína. Esto lo convierte en una fase indeseable que debe durar el menor tiempo posible.

Fermentación principal. Como en la fase anterior se ha iniciado una fermentación acelerada, ahora se acentúa la acidificación del ensilado. Con ello se eliminan los microorganismos indeseables y pasan a dominar las bacterias lácticas por ser resistentes a la acidez; sin embargo, este proceso también se detiene al acidificarse aún más el material. Los ácidos, principalmente el láctico, son los que finalmente impiden que todo microorganismo pueda ser activado. Todo este proceso dura aproximadamente tres semanas después de sellado el silo.

Ensilaje estable. En esta última fase de la fermentación ya no ocurren nuevos cambios, en la medida que no exista aire en el ensilado y que este se encuentre bien sellado. En buenas condiciones, el ensilado se puede conservar por algunos años (Hiriart, 1998).

COMO OBTENER UNA BUENA FERMENTACIÓN

La calidad del ensilaje se ve afectado por muchos factores como: las características propias del forraje al ser cosechado, clima, estado de madurez y condiciones de crecimiento. Para la obtención de una buena calidad del ensilaje se deben seguir los siguientes pasos (Hiriart, 1998):

Forraje de buena calidad. El ensilado nunca mejora la calidad del forraje cosechado, de manera que el punto de partida es conservar praderas de excelente calidad, en estado de prespiguadura o al inicio de ella.

Picado del forraje. En lo posible se debe desechar el uso de maquinas sin dispositivos repicadores de forraje, debido a que mientras más largo esté el pasto más difícil es la compactación y con ello la eliminación del aire (salvo que sea forraje muy tierno), con lo que la actividad de los microorganismos perjudiciales es mayor y aumentan las pérdidas de calidad y cantidad de material aprovechable. Por otra parte, las cosechadoras chopper deben operar permanentemente provistas de la totalidad de los cuchillos repicadores. El picado ideal debe ser de 1 a 2 centímetros de largo.

Compactación del forraje. Este aspecto es ligado al picado. La compactación también tiene como objetivo eliminar el aire de la masa del forraje. La mejor compactación se logra con la pata del animal, pero lo usual es compactar con el tractor. En este caso, el trabajo debe ser permanente mientras se ensila.

Tiempo de llenado. En la medida en que el tiempo de llenado sea muy largo, se produce un mayor intercambio gaseoso en el ensilado, y se prolonga la acción de los microorganismos indeseables, lo que lleva a obtener una masa irregular del ensilado y mayores pérdidas de bordes. A mayor tiempo de llenado, mayor es el riesgo de pérdidas por

acción de levaduras y hongos al momento de abrir el silo. La confección de un ensilado no debe exceder de cinco días.

MICROBIOLOGÍA DEL ENSILADO

En los pastos frescos los microorganismos más importantes son las bacterias y hongos aerobios, pero conforme progresan las bacterias aerobias en el ensilado, se sustituyen por bacterias que pueden crecer sin que exista oxígeno. También existen levaduras que, por ser anaerobias facultativas (es decir, que se desarrollan tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas), pueden mantenerse y crecer en los ensilados (Elizalde, 2005).

Las bacterias ácido lácticas, que también son anaerobias facultativas, se encuentran en los cultivos en crecimiento en pequeña cantidad. Pueden clasificarse en dos grupos: bacterias ácido lácticas homofermentativas y bacterias ácido lácticas heterofermentativas.

Una vez ensilado el forraje, las bacterias ácido lácticas siguen multiplicándose, fermentando los carbohidratos hidrosolubles con producción de ácidos orgánicos, principalmente láctico, que rebajan el pH, con el contenido de humedad. Los ácidos inhiben el crecimiento de otras bacterias hasta que, aproximadamente a un pH de 3.8 a 4, cesa la actividad microbiana, permaneciendo estabilizado el producto mientras se mantengan las condiciones de anaerobiosis (Elizalde, 2005).

Si no se consigue un pH estable, los clostridios sacarolíticos que se encuentran esporulados en el cultivo original, se multiplican y fermentan el ácido láctico y los carbohidratos hidrosolubles residuales con formación de ácido butírico, lo que determina la elevación del pH. En este momento se activan los clostridios proteolíticos menos resistentes a ácidos, causando un nuevo aumento del pH como consecuencia de la producción de amoníaco.

Los clostridios son muy sensibles a la falta de agua, y precisan condiciones de mucha humedad para su multiplicación rápida. Con respecto a los forrajes muy húmedos (esto es, aquellos cuyo contenido de materia seca es de 15 %), incluso alcanzándose un pH de 4, puede o no inhibirse su actividad (Jiménez y Moreno, 2005).

Otro grupo de microorganismos que se encuentran en los forrajes recolectados, que pueden multiplicarse en el silo, corresponden a bacterias coliformes, entre las que destacan las bacterias ácido acéticas, debido a que este ácido es uno de los productos principales al

fermentarse los azúcares (Jiménez Y Moreno, 2005). El pH óptimo para las bacterias coliformes es aproximadamente de 7, por lo que suelen activarse en las fases iniciales de la fermentación, mientras el pH resulta favorable para su multiplicación.

COMO SE CONSERVAN LOS FORRAJES ENSILADOS

El conocimiento de lo que ocurre cuando las plantas se ensilan es de gran utilidad para el productor, por que la información que tenga sobre este proceso, así sea en forma elemental, le permitirá mejorar la razón de ciertas prácticas fundamentales para obtener un forraje de buena calidad. Además, lo capacitará para interpretar los resultados y hacer innovaciones en futuras oportunidades por propia iniciativa, si aquellos no fueran tan buenos como se esperaba (Águila y Franco, 1979).

Cuando se coloca el material en un silo, los trozos de plantas todavía están vivos y respiran por algún tiempo. En este proceso de respiración se consume oxígeno atrapado en la masa y se produce su reemplazo por anhídrido carbónico que la planta expelle. La espiración origina liberación de energía en forma de calor, lo cual eleva rápidamente la temperatura del material almacenado. El grado de elevación de la temperatura depende, en consecuencia, de la medida en que todos los trozos de planta continúen respirando, lo cual a su vez esta en relación con la cantidad de aire al alcance de estos.

Más adelante, los microorganismos (bacterias) que no requieren el oxígeno del aire para vivir, toman posesión del medio y atacan los azúcares que todas las plantas tienen en mayor o menor cantidad. Si esta etapa evoluciona normalmente, y la cantidad de azúcar es adecuada, estos microorganismos convierten a los azúcares en ácidos orgánicos, láctico principalmente (el mismo de las leches ácidas), hasta llegar a un nivel tal que las propias bacterias no pueden tolerar. De esta forma se paraliza toda vida microbiana dentro de la masa ensilada, y así se puede conservar de manera indefinida si no hay penetración del aire al interior. Todo este proceso dura aproximadamente 21 días, tiempo necesario para la transformación de todo el azúcar presente en el ácido láctico.

Fallas en la etapa anterior conducen a la obtención de ensilajes de mala calidad, según su naturaleza y magnitud. Una respiración demasiado activa y prolongada origina un aumento exagerado de la temperatura, que pueda alcanzar y sobre pasar los 60 grados centígrados. La presencia de aire por largo tiempo o de manera indefinida, favorece el desarrollo de hongos u otros microorganismos que producen putrefacciones. Y finalmente, una insuficiencia en la cantidad de ácido láctico formado, permite que ciertos microorganismo indeseables lleven vida activa y originen transformaciones indebidas como la aparición de ácido butírico, causante del malar olor e indicativo de que se han producido cambios que bajan la calidad del forraje (Águila y Franco, 1979).

CAMBIOS BIOQUÍMICOS DURANTE EL PROCESO DE ENSILAJE

Respiración

Cualquier planta que se desarrolle en estado normal posee la facultad de convertir los compuestos sencillos, dióxido de carbono y agua, en una serie de compuestos complejos de carbono y otros elementos (Hiriart, 1984). El anhídrido de carbono constituye 0.03 % de la atmósfera terrestre, es absorbido por las hojas y representa la única fuente de carbón que existe en los azúcares, almidones, grasas y proteínas de las plantas. El agua, por su parte, es absorbida por sus raíces. La energía necesaria para convertir estas materias primas brutas en otros compuestos, como azúcares, proviene de la energía radiante de la luz, a la que se agrega la intervención del pigmento verde, la clorofila, de las hojas. Este es, a grandes rasgos, el proceso denominado fotosíntesis o asimilación del carbono, donde la energía absorbida se almacena en la macromoléculas que constituyen los tejidos estructurales y en la reserva alimenticia de las plantas (Romero, 2004).

La fotosíntesis predomina durante los periodos de crecimiento activo, pero la respiración es más importante en ausencia de luz. Cuando la planta ha sido cortada o separada del suelo o de su ambiente nutrimental, pronto cesa la fotosíntesis; sin embargo, la respiración continúa dentro de las células vivas. Esto quiere decir que el material vegetal está consumiéndose, y se produce en consecuencia cierta cantidad de calor. Las pérdidas tienen lugar principalmente en los carbohidratos (azúcares y almidones), cuando menos al principio y, en cierto modo, también se ven afectadas las grasas y proteínas. Si existe suficiente producción de oxígeno, los carbohidratos más sencillos, como la glucosa, pueden ser totalmente convertidos en agua y dióxido de carbono (Romero, 2004).

Eso es lo que sucede cuando el pasto se deja expuesto al aire. Si se amontonan en hacinas, el calor producido aumenta rápidamente la temperatura, pero si se deja en capas más delgadas, como cuando se hace heno, el calor se dispersa con rapidez. El aumento en la temperatura, no es tan notorio si las condiciones climáticas no son adecuadas, pues el pasto cortado pronto se seca hasta un punto en que declina ese tipo de respiración. Los cambios ulteriores que tienen lugar pueden producir al principio un ascenso en la temperatura debido a la respiración de las células que aún están vivas, pero cuando el pasto ha sido cortado convenientemente, tal aumento de temperatura no será excesivo.

La pérdida total de MS debido al desmenuzamiento y a la respiración de la hoja, aún en buenas condiciones climáticas, llega hasta 20 %; la pérdida del valor nutritivo es mayor porque los nutrientes más fácilmente digeribles son los que sufren mayormente la descomposición. Una pérdida ulterior, de casi 5 %, pueden tener lugar en las orillas a causa de una descomposición posterior de los forrajes debido a la fermentación. Naturalmente, las pérdidas varían con el tipo de cosecha, con las condiciones existentes durante la preservación, y con el hacinamiento y la destreza o habilidad del agricultor al enfrentarse a cualquier emergencia (Romero, 2004).

Tratándose del ensilaje, las condiciones son totalmente distintas. En este caso, la cosecha recién cortada puede dejarse secar sobre la tierra, aunque se recomienda llevarla rápidamente al silo. Esto significa que a menos que el producto cosechado sea muy tieso o muy elástico, el material húmedo se asienta en el fondo y el oxígeno es excluido del interior de la masa. Esto dependerá, por su puesto, del porcentaje de humedad de la cosecha, del estado de madurez de la planta y de la mayor o menor compactación de la masa ensilada.

El material muy mojado o de hoja corta fácilmente se vuelve compacto, con lo que se elimina el aire, pero en las plantas secas habrá una retención de cierta cantidad de aire y no caerán al fondo tan fácilmente. Sin embargo, cuando existe una cantidad adecuada de oxígeno, tal que no interfiera con la respiración, ocurre una serie de cambios en los cuales el oxígeno necesario para la combustión proviene de compuestos que tienen este elemento.

Esta clase de cambio, en el cual la oxidación es incompleta, se llama respiración anaerobia normal, porque en los compuestos intermedios producidos se retiene una parte considerable de la energía original.

De esta manera, cuando un cultivo se ensila, la respiración aerobia continúa un cierto tiempo en las células vivas, produciéndose agua y dióxido de carbono y gran cantidad de calor, el aumento de la temperatura dependerá de la cantidad de oxígeno disponible, es decir, del grado de compactación de la masa ensilada. Después, la respiración disminuirá y la compactación impedirá la entrada de aire, con lo cual se acumulará dióxido de carbono. Esta respiración termina al morir las células, y en consecuencia finaliza la oxidación parcial o respiración anaeróbica (Watson, 1965).

Enzimas

En cualquier planta los cambios están influenciados por la presencia de ciertas sustancias llamadas enzimas, secretadas por la materia viva, y que tienen la propiedad de acelerar las acciones químicas. Dicho de otra manera, son catalizadores tan específicos que solo intervienen en una reacción particular cuando las condiciones son apropiadas.

La enzima y el material que forma parte de una reacción (sustrato), se han comparado a una llave y a una cerradura: la llave es necesaria para hacer girar a la cerradura, igual que la enzima es necesaria para acelerar el cambio químico del sustrato.

Las enzimas pueden ser envenenadas por ciertas sustancias tóxicas. Se destruyen a temperaturas cercanas a los 80° C, pero siguen activas después de la muerte del organismo que las ha producido. Por tanto, los cambios de oxidación pueden continuar en el silo después de haber cesado la respiración normal (Marshall y McCullough, 1982).

Microorganismos

Al morir las células del material vegetal ensilado, su contenido de carbohidratos, grasas y proteínas pueden difundirse fuera de la masa y convertirse en alimento para los numerosos microorganismos presentes. Las condiciones óptimas para el desarrollo de estos

microorganismos varían entre límites amplios: algunos crecen mejor y otros no pueden crecer en presencia de oxígeno, y otros en su ausencia se desarrollan más (Hiriart 1998). Esto da como resultado que el desarrollo de diferentes grupos quede predeterminado por la forma en la que el cultivo se ensila.

Entre los microorganismos que requieren oxígeno se encuentran las levaduras y los mohos, que tienen poca relevancia excepto en los casos superficiales de la masa ensilada; pero si el aire penetra al interior del silo, entonces los mohos entran y descomponen el producto.

Ácidos orgánicos

Cuando los carbohidratos experimentan los efectos de la respiración aeróbica, dan origen a ácidos orgánicos, entre otras sustancias. Los ácidos orgánicos encontrados comúnmente en el ensilaje son el acético, propiónico, butírico y láctico. Los tres primeros son volátiles y en su conjunto se denominan ácidos volátiles del ensilaje; el ácido láctico no se volatiliza fácilmente denominándose así ácido no volátil.

El ácido acético es el responsable del olor y sabor a vinagre, y el ácido propiónico tiene propiedades similares. El ácido butírico posee un olor desagradable; abunda en la mantequilla rancia y es en gran medida el responsable del olor desagradable del silo mal preservado. El ácido láctico se encuentra en la leche agria y posee un sabor ácido marcado, pero agradable. Al hacer el ensilaje es conveniente que se produzca una cantidad considerable de ácidos, pero también es deseable que predomine el láctico, o cuando menos que el butírico esté ausente (Hiriart 1984).

Ácido láctico

Las bacterias desempeñan una función preponderante en el proceso de ensilaje, debido a que producen enzimas y atacan a una gran variedad de compuestos orgánicos complejos. La energía necesaria la obtienen de la descomposición de estos compuestos hasta sustancias más sencillas, donde la actividad de los microorganismos queda como una función de la temperatura y la acidez del medio. Las bacterias que producen ácido láctico a partir de los carbohidratos son los lactobacilos; se encuentran profusamente distribuidos en la naturaleza y a veces su presencia se descubre incluso en el cultivo verde. Las especies de bacterias en

el ensilado se desarrollan mejor entre 20 y 25 °C, y lo hacen mejor a bajas concentraciones de oxígeno o bien en su ausencia. Todas producen ácido láctico a partir de la glucosa, aunque diversos azúcares son fermentados también, produciéndose así otros ácidos además del láctico.

Las características más importantes de los lactobacilos, desde el punto de vista de la preservación de la cosecha, es que soportan una acidez mucho mayor que otros organismos. De modo que cuando un cultivo se ensila las bacterias de ácido láctico comienzan a proliferar casi inmediatamente sobre los azúcares fermentables de la savia vegetal, produciéndose tal cantidad de ácidos que las bacterias indeseables no puedan desarrollarse. Los grados de acidez se expresan convenientemente en unidades de potencial de hidrógeno (pH). El valor 7 representa la neutralidad. De 7 a 14 aumenta la alcalinidad y debajo de 7 aumenta la acidez en el ensilaje hasta de pH 4.4, mientras que a pH 4 la acidez es muy marcada (Hiriart 1998).

Ácido butírico

Entre las bacterias perjudiciales se incluye el grupo de las que producen ácido butírico. Al igual que las formadoras de ácido láctico, crecen entre los 30 y 40 °C de temperatura, pero a diferencia de los lactobacilos no se desarrollan cuando la acidez es de 4.2. por tanto, los lactobacilos tienen un buen comienzo y producen ácido láctico para bajar el pH del silo hasta 4.2, se inhibirá el crecimiento de los organismos productores de ácido butírico. Esto es justamente lo que acontece en la práctica, pues raramente se encuentra ácido butírico en un ensilaje cuyo pH sea menor que 4.2 (Flynn, 1981).

Proteólisis

La proteólisis es la descomposición de las proteínas, y en el ensilaje todo concurre para que esta se presente. Las bacterias productoras de ácido butírico se encuentran en el suelo en forma de esporas o células latentes. Si aparecen en el ensilaje es por contaminaciones provenientes del suelo, y comienzan a crecer muy lentamente en comparación con los lactobacilos. Aunque no tienen oportunidad de desarrollarse bien, a partir de los

carbohidratos producen diversos ácidos volátiles, hidrógeno y anhídrido carbónico, y atacan el ácido láctico convirtiéndolo en ácido butírico y gases.

Una característica específica de las bacterias productoras de ácido butírico es que descomponen las proteínas. Existen enzimas vegetales que convierten las proteínas en aminoácidos en un proceso análogo al que se realiza durante la digestión de los alimentos en el animal. Cuando se encuentra esta condición durante la manufactura del ensilaje, se considera que es un proceso de digestión previa; como los aminoácidos son nutrientes valiosos, no se pierde el valor nutritivo de la proteína (McDonald, 1988).

Sin embargo, las enzimas proteolíticas formadoras de ácido butírico producen amonio y compuestos amoniacales a partir de las proteínas. Tales sustancias de carácter básico son de dudoso valor nutritivo para animales e incluso algunas pueden ser dañinas, y como neutralizan los ácidos producen el desarrollo de las bacterias del ácido butírico, siendo también responsables de los malos olores (Watson, 1965). De hecho, se verifica una putrefacción asociada a la formación de ácido butírico. No es raro, entonces, que el ensilaje mal hecho tenga un olor parecido a una mezcla de mantequilla rancia y pescado descompuesto, debido a que las bacterias del ácido butírico han fermentado los carbohidratos y atacado las proteínas.

Varios factores son igualmente responsables de la actividad de las bacterias del ácido butírico, aunque el más común es que no se alcance la acidez adecuada por un lento desarrollo de los lactobacilos. La causa más lógica para ello es una deficiencia de carbohidratos más fácilmente fermentables en la cosecha, condición que frecuentemente presentan los pastos jóvenes o las leguminosas antes de la floración, por que estos cultivos contienen un alto porcentaje de proteínas y proporcionalmente menor cantidad de carbohidratos solubles (Demarquilly, 1973). De esta manera, la formación de ácido láctico puede ser demasiado lenta para impedir el crecimiento de los organismos del ácido butírico. También es posible que los cultivos de hojas abundantes se compacten tan rápidamente que las condiciones anaeróbicas se vuelvan aeróbicas, y favorezcan así el desarrollo de los organismos del ácido butírico. Además, es posible que una lluvia fuerte percole a través de la masa ensilada y arrastre el ácido láctico producido.

Todas esas contingencias pueden evitarse. Al añadir azúcar a una cosecha rica en proteínas, puede asegurarse que habrá suficientes carbohidratos disponibles para que se desarrollen rápidamente los lactobacilos. La fuerte compactación de la masa de las capas del fondo, por otro lado, puede evitarse al llenar más levemente el silo, con el fin de permitir un ligero acceso de aire y una elevación gradual de temperatura antes de continuar el llenado. Éste, por último, debe completarse de manera que el agua no pueda infiltrarse a través de la masa ensilada. Adicionalmente, cuando se tiene una cosecha como el maíz, rica en azúcares, los lactobacilos proliferan rápidamente y pronto constituyen la microflora dominante, alcanzándose un grado de acidez que impide el desarrollo de microorganismos indeseables.

Otros cambios

Ácidos. Hay otros ácidos no volátiles, además del láctico, así como algunos volátiles, además del butírico. El ácido acético se produce durante la fermentación y normalmente abunda en un ensilaje bien hecho; en ciertos casos las cantidades de ácido acético y láctico son equivalentes. Si la acidez es alta, los ácidos se encuentran principalmente como ácidos libres; si la acidez es baja, se encontrarán mayormente en combinación con las bases. En el ensilaje defectuoso, una porción de ácido butírico no se encuentra en estado libre.

Alcohol. Ya se mencionó que se producen muchas sustancias intermedias durante la fermentación de los carbohidratos; el ejemplo más común es la formación de alcohol cuando el azúcar es atacado por las enzimas de la levadura. Los productos principales en la fermentación de los carbohidratos son los ácidos orgánicos y algo de alcohol. La cantidad de este último no llega al 1 %, porque casi siempre se combina con los ácidos orgánicos y forma ésteres de olor agradable.

Color. Diversos cambios tienen lugar en el ensilaje y uno de los más notorios es la alteración de color de la cosecha ensilada. A veces esta adquiere un tinte marrón o negro, a causa de que la temperatura fue bastante alta y los compuestos orgánicos se carbonizaron. Comúnmente esto ocurre cuando el material seco o en estado de caña no queda bien

apretado, en cuyo caso un exceso de aire puede producir una oxidación más intensa, produciéndose excesivo calor. De hecho, aunque la temperatura se haya mantenido en un nivel moderado, habrá un cambio en el color verde del forraje y a veces dorado. Esto se debe a la acción de los ácidos orgánicos sobre la clorofila, que pierde su magnesio y tiende a un color castaño o moreno (Watson, 1965).

Material mineral. Otra fracción del cultivo verde susceptible de modificarse durante el ensilaje es el material mineral. Parte de los minerales pueden perderse por lavado, pero una gran proporción permanecerá inalterada o simplemente formará parte de una nueva combinación, y así siempre tendrá valor en la nutrición animal.

Moho. Cuando un ensilaje se vuelve mohoso a causa del crecimiento de hongos, tiene lugar un profundo cambio. Los ácidos orgánicos son neutralizados y descompuestos por el amoníaco producido durante la destrucción de la proteína. De hecho, no quedan ácidos libres ni combinados y el producto se vuelve mohoso e imposible de comer. El material mohoso se encuentra principalmente en las capas superficiales del ensilaje, pero si el proceso fue bien realizado, llegará únicamente a los 2 o 3 centímetros de espesor. En un ensilado bien terminado el espesor de ensilaje mohoso superficial es de menos de 2 centímetros, aún cuando suele ser considerable (15 a 30 cm) en el exterior del almiar, porque es imposible compactar suficientemente la cosecha para impedir que penetre el aire.

Velocidad de los cambios. Los cambios descritos ocurren rápidamente en el silo y pueden observarse a las 24 horas de haberse llenado, hasta alcanzar su máximo a los siete días.

Naturalmente, la velocidad de las reacciones depende de las condiciones del cultivo y del tiempo. Una cosecha de cereales que ha llegado a la época de espigamiento y que se pica antes de ensilarla, liberará gran cantidad de jugo fácilmente fermentable, de modo que el ataque de los lactobacilos comienza inmediatamente con la producción de ácidos y una disminución en el valor del pH. La liberación de aminoácidos de las proteínas, motivada por acciones enzimáticas, se lleva a cabo también en los primeros días, en los cuales se inicia invariablemente la formación de alcohol. Por tanto, la fermentación rápida es particular notable en los ensilajes de maíz, o en un cultivo mixto de avena y leguminosas.

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRITIVO

La composición química corresponde a las determinaciones de los principales nutrientes presentes en el ensilaje. Es común que este análisis indique los antecedentes del contenido de materia seca, como base para la formulación de raciones, debido a que esta materia seca contiene la proteína, los minerales, las vitaminas y la fibra (McDonald, 1988). Esta información es clave para la estructuración de la ración base; según ella, se pueden calcular las necesidades de concentrado u otro suplemento o complemento para el ganado.

Además del análisis composicional del forraje, es necesario determinar el consumo, la digestibilidad y la eficiencia con que se utilizan los nutrientes digeridos para establecer el valor nutritivo de tal forraje. Las mediciones de consumo se hacen normalmente a nivel experimental; sin embargo, el productor puede descubrir fácilmente si su ganado acepta consumir un forraje o no sin tener que hacer medidas complejas. En cuanto a la digestibilidad, es decir, la fracción de alimentos que no es recobrada en las heces y que por tanto es aprovechada por los rumiantes, puede determinarse a nivel de laboratorio o con animales. En ambos casos se requiere la intervención del especialista y su utilidad radica en que se conoce la proporción del alimento que realmente es utilizado por el animal, y de ahí se puede inferir la eficacia de la utilización de cada nutriente contenido en un determinado forraje (Hiriart, 1984).

El valor nutritivo del ensilado dependerá, en primer término, de los cambios provocados por la actividad de las enzimas vegetales y microbianas durante el periodo de conservación. Un ensilaje bien hecho debe conservar, en elevada proporción, el valor nutritivo de la

planta que se utilizó en su preparación y ser apetecido por toda clase de ganado. En la práctica, sin embargo, siempre habrá que esperar una pérdida en su valor como forraje, causada por transformaciones que se producen en el curso de la fermentación, incluso en los casos en que se emplean técnicas altamente perfeccionadas de elaboración (Goic e Hiriart, 1981).

Si la planta que se usó como materia prima es de alto valor nutritivo, el ensilaje que resulte también deberá serlo, con las limitaciones que se han señalado. Por tanto, la mejor materia prima para ser ensilada es el forraje proveniente de pradera de buena composición botánica, en el que las gramíneas y leguminosas se presentan en proporción adecuada. No obstante, en la práctica no es fácil conseguir ensilajes de igual valor nutritivo que el material original cuando se ensilan plantas forrajeras, especialmente leguminosas puras, porque estas no poseen un nivel adecuado de azúcares para transformarlos en ácido láctico, y así aumentar la acidez del silo hasta el grado requerido que es de 4.5 (Lancaster, 1977). De ahí que en muchos países sea más sencillo obtener un buen forraje ensilando maíz en lugar de especies forrajeras típicas. Sin embargo, estas últimas tienen más posibilidades que aquel de ser convertidas en forraje de mejor calidad por medio del ensilaje, con la condición de que se adopten algunos de los procedimientos innecesarios para el caso del maíz, como es una compactación adecuada, agregación de melaza, tamaño de picado y no se requiere de muchos cuidados debido a su alto contenido de hidratos de carbono que le permiten una adecuada fermentación.

De hecho, incluso en los casos de los ensilajes mejor preparados, el forraje que resulta necesitará algunos ajustes para compensar ciertas deficiencias que son propias de las plantas utilizadas. Ensilajes de pastos, que siempre tienen un alto contenido de proteína y minerales, requerirán complementarse con otros forrajes o granos de avena. Por el contrario, ensilajes hechos con plantas abundantes en azúcares, como maíz y sorgo entre otros, necesitarán suplementos de materias con altos porcentajes de proteína (Hiriart, 1998). Los ensilajes bien elaborados no deben producir trastornos en el ganado, aunque se consuman por periodos prolongados y sin complementarse con otros forrajes.

COMO OBTENER UN ENSILAJE DE BUENA CALIDAD

Obtener ensilajes de buena calidad solo se logra si cada una de las etapas que intervienen en su elaboración se atiende con todo cuidado, y si además se dispone de un silo apropiado (Zimmer, 1980). Ensilar con éxito no es una labor que se pueda improvisar; las improvisaciones, el uso de técnicas defectuosas, equipos y medios inadecuados, conducirán inevitablemente al fracaso.

Sin embargo, no debe pensarse que la adopción del sistema de ensilaje que aquí se refiere es difícil e impracticable. Los aspectos y etapas que se describen a continuación son las más importantes, y ceñirse a ellas permitirá a los interesados lograr un forraje de calidad satisfactoria, mejor de la que se obtiene actualmente en la generalidad de los casos.

Por otra parte, no debe olvidarse que las experiencias y la observación constante de los resultados hacen posibles que los granjeros mejoren aún más las técnicas a utilizar, con consecuencias favorables en la calidad del ensilaje. Esta es una necesidad ineludible en toda empresa ganadera o lechera, pues disminuirá el uso de suplementos o de concentrados y bajarán los costos de alimentación del ganado, incrementando los beneficios.

En el orden en que suceden en la práctica, los siguientes aspectos son los más destacados que tienen que ver con calidad de un forraje.

Materia prima

Las plantas que se utilicen para el ensilado son de gran importancia, tanto para asegurar su correcta transformación, que es lo que significa ensilar, para tener la certeza de que su valor como forraje es adecuado. Si la materia prima es deficiente en más de un aspecto, también el ensilaje que se elabore con ella lo será (Watson, 1965).

Estado de corte

Una buena materia prima puede perder gran parte de su valor si se corta en un estado de crecimiento no apropiado. En general, existen más posibilidades de obtener un forraje deficiente por cosecha tardía que por cosechar prematuramente, y cada especie sola o mezclada tiene un momento de cosecha bien definido. Así, los rendimientos, el contenido de humedad y la composición química del forraje dependen de que la cosecha se realice en el momento justo (Watson, 1965).

A medida que una planta madura se hace más leñosa y menos digestible, y en general se reduce el contenido de sus componentes químicos de mayor importancia, como las proteínas, algunas vitaminas e incluso los hidratos de carbono (azúcares).

También, conforme avanza su madurez pierde humedad y como resultado su picado se hace menos efectivo y más difícil la compactación en el silo (Watson, 1965).

Picado de las plantas

Es necesario picar las plantas cosechadas para conseguir los mejores resultados en el ensilado; reducir las plantas a pequeños trozos facilita enormemente la compactación y ayuda, por consiguiente, a una más completa eliminación del aire. Esto da por resultado una respiración más reducida y una temperatura moderada durante todo el proceso de fermentación con las ventajas ya mencionadas.

El tamaño de partícula del forraje a ensilar dependerá del cultivo que se trate por ejemplo para el caso de las gramíneas (maíz de 3 a 5 cm) y para las leguminosas (alfalfa de 2 a 3 cm), como se muestra en el (cuadro 5) alo referente al capítulo de praderas y plantas para ensilar (Rodríguez, 1983).



Figura 2. Picado y cosecha de las plantas(Romero, 2004).

Pero el picado no solamente influye en ese aspecto, sino también en otro muy importante, acelera la formación de ácido láctico durante las primeras etapas del proceso, hasta el extremo de que se forma varias veces más ácido durante las primeras 100 horas, en comparación con la misma planta no trozada. La importancia de este aspecto estriba en que, como se ha señalado, la acidez es uno de los agentes más importantes de la preservación, porque a mayor acidez menor actividad microbiana dentro de la masa ensilada.

Plantas como maíz, sorgo, avena-vicia y trébol rosado, solo o en mezclas, requieren un picado tan fino como sea posible (Watson, 1965).

Forma de llenado

Los silos tipo torre tienen una sola forma de llenarse, Se realiza por medios de contenedores, mediante capas de forraje picado, que pueden variar entre 20 y 30 cms de altura. En cambio, los procedimientos que se usan con frecuencia para llenar silos bajos,

como el trinchera, el canadiense, son altamente defectuosos. La práctica común de llenar silos bajos es distribuir el material en una capa uniforme en toda su extensión. El resultado es que un volumen considerable de forraje queda expuesto al aire un tiempo prolongado y sujeto de una respiración activa; esta, al elevar notablemente la temperatura, afecta la calidad del ensilaje (Watson, 1965).

Rapidez del llenado

Para llenar el silo lo más rápido posible se recomienda utilizar transportes de volteo, para agilizar su descarga en el silo y otro punto muy importante para la rapidez del llenado, es el tiempo de traslado del forraje del campo de cosecha hasta el silo este se debe reducir en el menor tiempo posible.

Un silo debe de llenarse lo más rápido posible; tanto su construcción como los diversos implementos que se usen, deben contribuir a lograr este propósito en la más amplia medida. la carga rápida de un silo influye mucho en la calidad del ensilaje, debido a que esta íntimamente relacionada con el tiempo de respiración de los trozos de la planta. Mientras más pronto se complete el silo y se procede a su sellado, más rápido termina la respiración, tan perjudicial por sus consecuencias. Toda paralización o interrupción prolongada de la labor de llenado del silo debe ser considerada nociva para la calidad del forraje en las superficies que queden expuestas al aire, y asta donde este influya en la masa interior (Watson, 1965).

Compactación y distribución uniforme

La compactación puede realizarse con un tubo de concreto o con un tambo lleno de agua; para silos con capacidad superior a 20 toneladas, debe utilizarse un tractor. Para lograr una distribución uniforme se hacen capas de 20 a 30 cms de altura como se muestra en la figura 8.

Una compactación enérgica en todos los casos es imprescindible, con el fin de eliminar la mayor cantidad posible de aire atrapado en la vegetación que se esta ensilando. Es fácil

compactar cuando se trabaja con forrajes que tienen cierto grado de humedad. También lo es si el silo tiene cierta o mucha altura, como el tipo torre, en comparación con la compactación en silos bajos.

La distribución uniforme del material a medida que llega al silo, también es importante para conseguir una buena comprensión. Con esto se evita la presencia de bolsillos de menor densidad de forraje, que posteriormente pueden originar deformaciones de masa ensilada que posibiliten la penetración de aire al interior (Rodríguez, 1983).



Figura 8. Compactación y distribución del forraje en el silo (Rodríguez, 1983).

Final y sellado del silo

La parte final del ensilado es crítica sobre todo en silos de construcción baja, como los silos tipo parva, canadiense o trinchera. En estos es conveniente que al último material colocado en el silo se le dé cierta forma, con el fin de prever daños que puedan ser causados por la lluvia. Así, a la parte superior del silo bajo debe dársele una comba, de manera que el agua se deslice por los costados. De este modo, al asentarse posteriormente el material, el agua no quedara debajo de él en ningún caso, evitándose que una gran cantidad de líquido pudiera penetrar al interior del silo, afectándolo.

Los silos trinchera deben llenarse por lo menos un metro sobre el nivel del suelo en la parte central, bajando hacia los costados. El propósito es impedir que la masa se contraiga quede

por abajo del terreno. Esta disposición es mucho más importante en silos ubicados en zonas de grandes precipitaciones pluviales (Rodríguez, 1983).

Tan pronto concluye el llenado del silo debe procederse a su sellado, es decir, a disponer lo necesario para que la última capa del material que se colocó quede aislada rápidamente del ambiente. Lo ideal es que se haga el mismo día en que se terminó la labor de ensilar; si se ha trabajado por secciones, cada una de ellas tiene que ser sellada el mismo día que se completó. Para este fin se utiliza el plástico que sobra cuando se aísla el suelo y las paredes del silo, o en caso necesario, con capa adicional de plástico, procurando un cierre hermético, que impida la filtración de aire y agua a la masa forrajera.

La excesiva humedad de los ensilajes se debe al agua adicional originada por la percolación de las lluvias, a la falta de drenaje en los costados o bien al agua propia del forraje en el momento de ser cosechado. Para prevenir la primera, el silo puede ser sellado con plástico, lo que no solo evita la humedad excesiva sino también impide la incorporación de aire, y favorece la fermentación anaeróbica (Goic e Hiriart, 1979).

ASPECTOS QUE INDICAN LA CALIDAD DEL ENSILAJE

En forma práctica puede tenerse una buena idea sobre la calidad de un ensilaje por el aspecto, el olor y el color que presenta (Wilkins, 1974).

Color verde olivo. Este color se encuentra en ensilajes que se han obtenido con una buena respiración de los trozos verdes de las plantas utilizadas, e implica que la temperatura máxima no rebasó los 30 grados centígrados. Este color se encuentra además en ensilajes elaborados con plantas tiernas. Su olor es generalmente agradable, ligero o definitivamente alcohólico. Comúnmente se trata de ensilajes de buena a excelente calidad.

Color amarillento. Una degradación del color verde hacia el amarillo o marrón claro en todo el perfil del silo, es indicativa de que en la masa se produjo una elevación perjudicial de la temperatura, hasta alcanzar 40 grados centígrados. El olor puede no ser acentuado, sino indefinido, sin ser agradable. En los silos con este color a veces hay un alto porcentaje de tallos leñosos que no fueron bien compactados. En ocasiones el color amarillo se presenta en forma de bolsillos o capas húmedas, en medio de una masa de características diferentes; su olor es entonces desagradable a causa de una proporción elevada de ácido butírico; ensilajes de color amarillo a marrón claro, sin ser definitivamente malos, son indicativos de una pérdida de su valor nutritivo, por lo que pueden clasificarse como de una calidad intermedia o regular.

Color marrón oscuro. Se presenta en ensilajes obtenidos con una elevada temperatura, fruto de una compactación insuficiente como resultado de haber cosechado las plantas en un estado sobre maduración, con alta producción de tallos leñosos, groseramente picados. Este color siempre va acompañado de un acentuado olor a tabaco, a veces dulzón, indicio de que por exceso de temperatura (más de 60 grados centígrados) se produjo una caramelización de los azúcares de la planta. Su valor como forraje es habitualmente malo,

con una gran pérdida de valor nutritivo, que afecta principalmente la digestibilidad de la proteína.

Color negro. Este color se encuentra en ensilajes elaborados en muy deficientes condiciones técnicas. Las mayorías de las veces se trata de forrajes sin picar o cosechado con sobre maduración excesiva. Como forraje no tiene ningún valor nutritivo, y no deben de consumirlo los animales.

CLASIFICACIÓN DE LOS ENSILADOS

(UACH, 1985). Hace una clasificación de ensilados e incluye los siguientes:

Ensilados de fermentación láctica

Se trata del tipo de ensilados más corrientes, producido a partir de gramíneas y cultivos de cereales forrajeros sin premarchitar, en el que las bacterias ácido lácticas dominan la fermentación (UACH, 1985). los ensilados de fermentación láctica se caracterizan por tener un pH entre 3.7 y 4.2, y un alto contenido de ácido láctico. En los ensilados de gramíneas el contenido de ácido láctico se sitúa entre 8 y 21% de la MS, aunque puede ser mayor si los ensilados se hacen con forrajes abundantes en carbohidratos solubles. los ensilados de fermentación láctica suelen tener cantidades menores de ácido acético, así trazas de los ácidos propiónico y butírico. La capacidad buffer de estos ensilados es alta, en tanto que el contenido de carbohidratos solubles es bajo. La digestibilidad de los ensilados de fermentación láctica es semejante a la de los productos originales.

Un inconveniente de los ensilados de fermentación láctica consiste en que, al ser suministrado ad libitum a los rumiantes, determinan consumos menores de materia seca que los forrajes del mismo tipo fresco o henificados.

Ensilados de fermentación acética

Producido a partir de gramíneas y cultivos de cereales premarchitados. Los ensilados de fermentación acética contienen grandes cantidades de ácido acético y bajos niveles de ácido láctico. La desaminación de aminoácidos suele ser intensa, por lo que las concentraciones de amoniaco en estos ensilados son mayores que en los de fermentación láctica. Debido a la relación inversa existente entre los contenidos de ácido acético y el consumo de MS, puede suponerse que la ingestión de estos ensilados administrados ad libitum ocasionará un bajo consumo de MS en el ganado.

Ensilados de fermentación butírica

Producido a partir de plantas con bajo contenido de carbohidratos solubles. En este tipo de ensilados se produce una fermentación por clostridios. Normalmente, el pH oscila entre 5 y 6, conteniendo poca cantidad de ácido láctico y carbohidratos solubles. El producto de fermentación dominante suele ser el ácido butírico, aunque puede ser alto el contenido de ácido acético. Como consecuencia de la intensa degradación de aminoácidos provocada por los clostridios, los ensilajes de este tipo tienen grandes contenidos de nitrógeno amoniacal, el cual rebasa el 20 % del nitrógeno total. También se produce descarboxilación de aminoácidos con formación de aminas.

Como resultado de esos cambios, puede ser baja la utilización subsiguiente de los compuestos nitrogenados de los ensilados de fermentación butírica por los rumiantes. El consumo de MS por los animales es también bajo.

Ensilados premarchitos

Estos son producidos a partir de gramíneas y cultivos que al momento de la cosecha se les da un proceso de premarchitamiento, por un poco de tiempo. La técnica de premarchitar la planta tiene varios objetivos, entre ellos aumentar el contenido de MS del forraje, lo cual es indispensable en praderas ensiladas antes de la espigadura, y disminuir la intensidad de fermentación, con la que se logra un mayor consumo voluntario por parte del ganado (UACH, 1985).

Otra ventaja es que disminuyen o se eliminan las pérdidas por jugo de escurrido, a la vez que se neutraliza la acción de los clostridios (bacterias perjudiciales), que son muy sensibles a la ausencia de jugo en el ensilado. En cuanto a los silos trinchera, es preferible dejar premarchitar los forrajes hasta alcanzar contenidos de MS del orden de 28 a 32 %.

Los contenidos de energía bruta y metabolizable de ensilajes premarchitos son semejantes a los del producto original. Así, las principales ventajas del premarchitamiento consisten en el menor riesgo de que se produzcan fermentaciones butíricas, y en la menor producción de líquidos (UACH, 1985).

Ensilados deteriorados

La entrada continua de aire durante el periodo de conservación provoca la multiplicación de microorganismos aerobios, que degradan la materia orgánica para dar lugar a un producto pútrido, inadecuado para los animales. Este material desechable suele encontrarse en la superficie de los ensilados hechos en silos zanja o trinchera. El deterioro también se produce durante la administración del silo, debido a que el ensilado queda expuesto al aire durante algún tiempo. Los microorganismos responsables de tal deterioro son levaduras y bacterias, seguidos por hongos (UACH, 1985).

Ensilados sobrecalentados

Estos se producen al ensilar productos muy desecados, generalmente en silos trinchera o zanja, sin la debida compactación. Si la temperatura de la masa supera los 55 grados centígrados, la digestibilidad de la proteína puede reducirse. Los ensilajes sobrecalentados, que son de color marrón oscuro o incluso negros, puede resultar apetecibles para los animales, pero su valor nutritivo es bajo debido a la excesiva oxidación de los nutrientes solubles.

ADITIVOS

Los aditivos han sido, desde hace 75 años, una importante aplicación de la investigación y la propaganda en la producción y uso del ensilado (Marshall y McCullough, 1982).

A partir de la década de 1990, el uso de aditivos para mejorar las condiciones del proceso de ensilaje comenzó hacerse muy común. Existe un amplio rango donde escoger sustancias como aditivos y actualmente se dispone de un gran número de aditivos químicos y biológicos comerciales adecuados para el ensilaje.

Los aditivos para ensilajes pueden clasificarse en dos grandes grupos: 1. Estimulantes, como son inóculos contra la acción inhibidora de ácidos, y los azúcares, que estimulan la multiplicación de las bacterias ácido lácticas (Hogenkamp, 1999). 2. Inhibidores, este tipo de aditivos podrían, en teoría, usarse para todo tipo de forraje. Pero, en la práctica se usan generalmente sólo para cultivos con bajo contenido de carbohidratos hidrosolubles (CHS) y/o alta capacidad tampón (McDonald *et al.*, 1991)., Como lo son los ácidos y el formaldehído, que inhiben total o parcialmente el crecimiento microbiano (Hogenkamp, 1999).

Cuadro 2. Categorías de aditivos para el ensilaje (McDonald et al., 1991).

Tipo de aditivo	Ingrediente activo típico	Comentarios
Estimulantes de fermentación	BAC	Puede afectar la estabilidad aeróbica
	Azúcares (melaza)	
	Enzimas	
Inhibidores de fermentación	Ácido fórmico*	
	Ácido láctico*	
	Ácidos minerales	
	Nitritos	Inhibición de clostridios
	Sulfitos	
	Cloruro de sodio	
Inhibidores de deterioro aeróbico	BAC	
	Ácido propiónico*	
	Ácido benzoico*	
	Ácido sórbico*	
Nutrientes	Urea	Puede mejorar estabilidad aeróbica
	Amoníaco	Puede mejorar estabilidad aeróbica
	Minerales	
Absorbentes	Pulpa seca de remolacha azucarera	Para evitar perdidas por escurrimiento

	Paja	
--	------	--

*o su sal correspondiente.

Uso general de aditivos

En general, los aditivos se emplean para:

- Acelerar la acidificación del ensilado, al frenar la degradación del forraje para lo cual se usan ácidos orgánicos, como el fórmico; ácidos inorgánicos, como el fosfórico y el sulfúrico; inóculos de ácido láctico, etc.
- Servir de sustrato y fuente de energía a los microorganismos, al facilitar la fermentación, para lo cual se hace uso de granos, melazas, cosecha de remolacha, etc.
- Aumentar la proteína, como es el caso de la adición de urea a ensilajes de alta energía como el maíz.
- Controlar poblaciones de microorganismos indeseables y proteger las proteínas, para lo que se utilizan los formaldehídos.
- Retener jugos de escurrido de alto valor nutritivo, al usar caseta seca de remolacha, paja picada y tratada etc.
- Aumentar el consumo por partes de los animales, para lo cual a veces se usan saborizantes como la melaza.

Uso específico de aditivos

Dentro de los aditivos más utilizados en los ensilados se encuentran los siguientes:

Ácidos. Puesto que cuando se alcanza un grado de acidez elevado se paraliza la actividad microbiana dentro de la masa ensilada, se evitan transformaciones indeseables, resulta muy lógico el procedimiento de acidificar directamente el forraje en forma artificial para lograr el mismo efecto. Así, para aumentar la acidez del ensilado se ha recurrido a la agregación

de ácidos minerales diluidos. Sin embargo, ácidos como el clorhídrico y sulfúrico siempre presentan algún peligro en su manejo, por lo que es más utilizado el ácido fórmico en la dosis de 2.7 Kg por tonelada de forraje fresco (McDonald *et al.*, 1991).

Metabisulfito de potasio. En ciertos trabajos se le recomienda como un efectivo paralizante de la actividad microbiana del ensilaje. Al ser su aplicación sencilla, pues se trata de un producto cristalizado fácil de pulverizar, sin embargo su empleo resulta muy costoso. Dosis 1.5 Kg por tonelada de forraje fresco (FAO, 2005).

Sal común. Si hay alguna función que pudiera cumplir la sal, sería la de actuar como preservativo. La sal en realidad paraliza la acción microbiana, pero no en las dosis que suelen aplicarse al ensilaje, sino en una proporción mucho más elevada. Por tanto, en la proporción en que se emplea usualmente no cumple función alguna. Pero si la sal se agregara al forraje en la proporción debida para que actué como antimicrobiano, el forraje resultaría incomible para el ganado. Dosis 3.5 Kg por tonelada de forraje fresco (FAO, 2005).

Suero de queso. Este subproducto de la elaboración de quesos suele emplearse con la intención de mejorar la calidad de ensilajes. Se ha supuesto que su contenido de lactosa, el azúcar de leche, se transformaría en ácido láctico. Sin embargo, la proporción de lactosa en el suero es tan baja (0.3 %) que es obvio que en las cantidades en que este se agrega no puede surtir efecto alguno. Dosis de 15 litros por tonelada de forraje fresco (FAO, 2005).

Melaza. Se ha insistido bastante en recomendar el uso de melaza para elevar el contenido de azúcar a pastos que se han de ensilar. No obstante, es necesario definir si su aplicación aumenta la producción animal en tal proporción que se justifique su costo. Dosis 13 litros por tonelada de forraje fresco (Hiriart, 1998).

Materia seca. La adición de materias secas al forraje que se va a ensilar, con el fin de eliminar la humedad, no es descartable. Sin duda se obtiene un efecto superior si la MS que se agrega es rica en hidratos de carbono. Los productos que más frecuentemente se

aconseja incorporar son paja, heno de alfalfa o granos de coseta seca de remolacha (desperdicios). Dosis 45 Kg por tonelada de forraje fresco (Hiriart, 1998).

UTILIZACIÓN DEL ENSILADO

Es importante considerar que en el forraje ensilado permanecen en forma latente algunos microorganismos como levaduras y hongos, por lo que se recomienda que al utilizar el ensilaje solamente se hagan cortes verticales en el silo, y en lo posible solo de la cantidad del material que se ocupe durante el día, por que en la medida que el material ensilado esta expuesto al aire, ocurre un intercambio de gases y se produce una reactivación y multiplicación de esos microorganismos, lo que puede conducir a grandes pérdidas, por otra parte, es aconsejable empezar a consumir los primeros ensilajes confeccionados en el predio, ya que son de mayor calidad.

La principal limitante en producción animal es el consumo voluntario del forraje ensilado, que no alcanza más de 70 % del mismo forraje consumido como pradera, esto se debe a una interacción de productos de la fermentación, como ácidos, nitrógeno amoniacal, niveles de distintos ácidos producidos (Marshall y McCulloug, 1982).

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ENSILAJE

Los aspectos del ensilaje que representan más ventajas son los siguientes:

- En muchos países existen extensas áreas donde puede ser utilizado.
- Cuando se emplean equipos apropiados las pérdidas de campo son mínimas.
- Numerosas plantas son apropiadas para ser ensiladas.
- El forraje ensilado es consumido prácticamente en su totalidad por el ganado con mínimas posibilidades de selección.
- No se requieren construcciones especiales para el almacenamiento, ya que estas son económicas y fáciles de hacer.
- No hay peligro de combustiones espontáneas, como sucede con el heno.
- Suministra forraje succulento de calidad uniforme durante todo el año, principalmente en verano.
- Aumenta la capacidad de carga por hectárea en la finca.
- Es el método más práctico para conservar el valor nutritivo de un forraje.
- Conserva el buen sabor del forraje durante el tiempo de almacenamiento.
- Disminuye la utilización de alimentos concentrados.
- Permite utilizar variedad de equipo y maquinaria para su elaboración.
- Reduce las pérdidas de forraje en las acciones de recolección y manipuleo.

(Hiriart, 1998).

Sin embargo, el ensilaje presenta también las siguientes desventajas:

- Es escasamente manejable, lo que limita su empleo al predio en que se elaboró o en sus alrededores inmediatos.

- No existe posibilidad alguna de transportarlo a grandes distancias y por consiguiente de comercializarlo, como sucede con el heno.
- Comparado con el heno, el ensilaje contiene menos forraje útil por tonelada. De cada tonelada, por lo menos 750 kilogramos son de agua.
- Cuando se emplean técnicas defectuosas, especialmente durante su elaboración, puede llegarse a una pérdida total del forraje ensilado.
- Es voluminoso para almacenar y manejar.
- Se requieren equipos para volúmenes grandes y la mecanización es costosa.
- Se requiere la selección de forrajes apropiados.

(Hiriart, 1998).

FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO Y UTILIZACIÓN DEL SILO

Se puede decir que el consumo voluntario del ensilado viene regulado principalmente por la digestibilidad, la cual, a su vez, depende de la mayor o menor concentración de algunos productos finales de la fermentación, como la acidez total, el contenido de nitrógeno amoniacal, o el contenidos de aminas. También esta regulado por la estructura física del ensilado, principalmente por el contenido de en materia seca y por el tamaño de partículas de pasto a ensilar, lo que a su vez, de alguna manera, influye en el modelo de fermentación (Zimmer, 1979).

Por otra parte, el consumo de ensilado es siempre menor que el de pasto (Thomas y Chamberlain, 1982) o que la de heno de su misma digestibilidad (Wilkins, 1974), habiéndose sugerido varias aplicaciones a este hecho. Así, el consumo de ensilado se reduce cuando las condiciones no son idóneas, lo que se manifiesta por el alto contenido de nitrógeno amoniacal o la elevada acidez.

Otra característica propia del ensilado es que el tiempo de retención en el tracto digestivo del ganado es mayor que el del pasto o el heno, lo que de cierta manera indica que puede haber una restricción física al consumo de silo (Watson, 1965).

La correcta conservación que se consigue con una buena fermentación es, después de la digestibilidad, el factor más importante que determina la calidad del ensilado y por ende su consumo. Varios estudios correlacionaron negativamente el consumo voluntario con la presencia de nitrógeno amoniacal, ácido butírico o ácido acético, todos ellos productos típicos de una fermentación incorrecta, conocida como fermentación clostridica (Wilkins,

1974; Wilkins et al.,1978). También un alto pH, que da por resultado un silo alcalino indica que el silo ha sufrido una fermentación incorrecta, produciéndose silos no estables que disminuyen el consumo voluntario.

Se puede afirmar que una mala conservación del silo eleva el pH, promueve la presencia de cantidades importantes de amoníaco, y reduce la digestibilidad y el consumo de materia seca. Por consiguiente, el pH es un buen indicador de la calidad y del consumo del silo, aunque varía de acuerdo con el contenido de humedad del ensilado, pues este influye en su estabilidad.

Por otra parte, la concentración de ácidos libres a partir de un determinado nivel, especialmente en silos de cierta humedad, puede a su vez deprimir el consumo. En una serie de estudios realizados por (McLeod et la 1970). Y por (Thomas y Chamberlain, 1982), la adición de ácido láctico al silo redujo el consumo.

La presencia de ácidos libres parece ser la causa de determinados efectos ruminales o metabólicos que afectan al consumo, debido a que la infusión de ácido fórmico, láctico o acético en el rúmen llegó a deprimir el consumo voluntario (Hutchinson y Wilkins, 1971).

PERDIDAS DE NUTRIENTES DURANTE EL ENSILAJE

Pérdidas de campo

Son ocasionadas por la respiración de las plantas, con eliminación de carbohidratos solubles, materia seca y proteínas.

Si la cosecha y el ensilado se realizan el mismo día, las pérdidas son muy escasas; incluso después de un periodo de premarchitamiento de 24 horas, las pérdidas no superan más de 1 o 2 % de la materia seca. Si el premarchitamiento se prolonga por más de 48 horas, pueden producirse grandes pérdidas de nutrientes que dependen de las condiciones climáticas. Se han detectados pérdidas de 6 % después de un periodo de premarchitamiento de cinco días, y de 10 % después de ocho días en el campo. Los nutrientes más afectados son los carbohidratos solubles, así como las proteínas que se hidrolizan con formación de aminoácidos (Hiriart, 1998).

Pérdidas por oxidación

Estas pérdidas se deben a la acción de las enzimas de las plantas y microorganismos sobre sustratos del tipo de los azúcares que, en presencia de oxígeno, dan lugar a dióxido de carbono y agua. En silos que se llenan rápidamente y se cierran, el oxígeno retenido entre los tejidos tiene poca importancia y solo provoca pérdidas cercanas a 1 % de MS. La exposición constante de los forrajes al oxígeno, como suele ocurrir en las partes laterales y en la superficie superior de los ensilados, produce la formación de un producto fermentado incomedible. La determinación de estas pérdidas superficiales puede resultar errónea, y es posible que se alcancen pérdidas de hasta 75 % de la MS por esta causa (Hiriart 1998).

Pérdidas por fermentación

Aunque durante la fermentación tienen lugar importantes cambios bioquímicos, especialmente en los carbohidratos solubles y las proteínas, las pérdidas globales de MS y energía, subsiguientes a la actividad de las bacterias ácido lácticas, son bajas. Se considera que las pérdidas de MS son inferiores a 5 % y las pérdidas de energía bruta, debido a la formación de compuestos de alta energía como el etanol, son incluso menores.

En la fermentación por clostridios, como consecuencia de la formación de gases, dióxido de carbono, hidrógeno y amoníaco, las pérdidas de nutrientes pueden ser mucho mayores que en las fermentaciones lácticas (Hiriart, 1984).

Pérdidas por líquidos

La mayoría de los silos permiten la salida de líquidos que arrastran nutrientes solubles. Las cantidades producidas dependen en gran parte del contenido inicial de humedad del forraje, y aumenta lógicamente si penetra agua de lluvia al silo por un sellado deficiente. Los líquidos, azúcares, compuestos nitrogenados solubles, minerales y ácidos producidos en la fermentación, son sustancias que tienen un gran valor nutritivo y que pueden perderse con los jugos que escurren del silo. Los forrajes ensilados con niveles de MS del orden de 15 % pueden experimentar pérdidas de hasta 10 %, en tanto que forrajes premarchitos con niveles de hasta 30 % de MS, producen poca cantidad de líquidos, si es que lo producen (Hiriart, 1998).

OTRAS PÉRDIDAS

Pérdidas por respiración. Ocurren entre la descarga y el inicio de la fermentación, debido justamente a que los trozos de plantas siguen respirando durante un tiempo.

Pérdidas por putrefacción o superficie. Son producidas por ingreso de aire en las orillas superiores y en los costados del silo a causa de un sello deficiente.

Pérdidas por descomposición . Se producen cuando la superficie del silo esta abierta, una vez abierto el silo, se reactiva el proceso natural de descomposición del material, resultando en aumento de temperatura, cambio de las características físicas y pérdida de su valor nutricional. El volumen de pérdidas estimado en un silo abierto, puede variar de dos a cinco por ciento y depende del manejo que se le de, lo cual expone la superficie de consumo a la acción de hongos, bacterias y levaduras, con el consiguiente daño del material.

Pérdidas por suministro. Estas pérdidas suelen ocurrir después de concluido el ensilaje, cuando empieza a extraerse, en el lapso entre la extracción y el consumo. Para reducirlas, debe evitarse dejar mucho tiempo el material expuesto a la intemperie, y tratar de extraer justo lo que el ganado ha de consumir el mismo día (Hiriart, 1998).

EFLUENTES

Los efluentes son líquidos o jugos que se producen en el ensilado y que tienden a salir de él. La cantidad de efluentes producidos por un ensilaje depende de la humedad contenida en la pastura al momento del corte. Esta cantidad decrece considerablemente a medida que aumenta la MS, y puede llegar hasta más de 225 litros por tonelada para contenidos de MS de 15 %, como se observa en el siguiente cuadro (Elizalde, 1987).

Cuadro.3. Efluentes del ensilaje en función del contenido de materia seca.

Materia seca en porcentaje	Cantidad de efluente en l/ton
Menos de 15	225 a 450
15 a 20	135 a 225
Más de 25	Mínima

(Elizalde, 1987).

Las especies de pastos, los niveles de fermentación alcanzados, el estado de madurez y la mojadura por rocío y lluvia, son factores que inciden sobre el contenido de MS. La mayor parte del líquido es generado durante los primeros días después de que el pasto es ensilado, especialmente si esta mojado; luego empieza a bajar la cantidad gradualmente hasta cesar por completo entre las ocho y diez semanas, después de confeccionado el ensilaje. Se espera que escurra sobre 50 % del líquido durante la primera semana posterior a la confección del ensilaje, y sobre 75 % durante las primeras tres semanas (Elizalde, 1987).

Composición del efluente

El efluente del ensilaje tiene su origen en los jugos y savia de la planta, y su composición refleja en gran medida el material que se ensila. El efluente fresco de ensilaje aparece como

un líquido amarillento que tiene un olor agradable y aunque no tiene sólidos en suspensión, contiene una gran cantidad de sólidos disueltos (Elizalde, 1987).

Estos sólidos le confieren un contenido de MS que varía entre 4 y 10 %, siendo el nivel más usual entre 6 y 7 %.

Ensilajes con alto contenido de MS producen efluentes con alto contenido de MS y viceversa. Además los efluentes contienen carbohidratos solubles, ácidos orgánicos, minerales y varios compuestos nitrogenados. Así, una apreciable cantidad de nutrientes se pierden comúnmente por medio del efluente (Elizalde, 1987).

El efluente fresco tiene un pH de 4 a 5.5. Su contenido en ácidos orgánicos es un reflejo de la calidad de fermentación que ocurre en el ensilaje, compuesto fundamentalmente de ácido láctico y acético, con una pequeña proporción de otros ácidos como el butírico. Estos ácidos orgánicos pueden tener un efecto corrosivo en la estructura del silo.

El contenido de nitrógeno del efluente varía entre 0.1 y 0.5 % y consiste principalmente en aminoácidos y amidas con más de 10 % de nitrógeno en compuestos amoniacales.

Valor alimenticio del efluente

El ganado vacuno consume fácilmente el efluente de ensilajes de pasturas. El efluente es variable en su composición, pues ésta depende de varios factores, pero la composición típica de un efluente de pradera, desde el punto de vista de su valor alimenticio, se presenta en el cuadro 4.

El efluente del ensilaje tiene un valor energético, con base en la materia seca, similar a la cebada. El alto contenido de proteína cruda será mayormente degradado en el rumen, y, por tanto, es similar en su utilización con urea (Elizalde, 1987).

Cuadro. 4. Composición nutricional típica de un efluente de pradera.

PH	4.0
Materia seca (MS)	5.5 %
Energía metabolizable	2.98 Mc/kg de MS
Proteína cruda	26 %

Calcio	2.8 %
Fósforo	0.85 %

(Elizalde, 1987).

PRADERAS Y PLANTAS PARA ENSILAR

PRADERAS

De todos los recursos que se pueden emplear en la práctica para hacer ensilaje, las praderas tiene primera importancia por su amplia área de cultivo, por la calidad económica de su utilización y por que es posible conservarlas en forraje de igual calidad si se emplean técnicas apropiadas y una elaboración cuidadosa (Forbes, 1986). Un ensilaje bien hecho de especies forrajeras prácticamente iguala en valor nutritivo al forraje original. Para que este forraje constituya una materia prima de alto valor se requiere en primer término que tenga una composición botánica apropiada, y en segundo, que este libre de malezas, debido a que estas reducen su valor nutritivo. Lo primero se consigue cuando se usan mezclas de especies forrajeras, logrando así un buen manejo de los potreros que se van aprovechar, al seleccionar siempre los sectores de mejores características. Lo segundo se consigue en parte de la misma manera, y en parte al utilizar medios adecuados para el control de malezas.

En primavera las praderas siempre alcanzan su máximo rendimiento, que en la generalidad de los casos, es superior a las necesidades del ganado. Estos excedentes son los que se pueden transformar en ensilaje con gran ventaja económica, pero normalmente no son suficientes para satisfacer las necesidades de alimentación de los animales durante el invierno (Hispanista, 2004).

Por tanto, para disponer de todo el forraje que se precisa para el periodo invernal, habrá que sembrar praderas exclusivamente con este propósito, lo que no excluye que en ciertos momentos puedan utilizarse abiertamente en pastoreo. Praderas en estas condiciones

pueden dar un mínimo de dos cortes en la temporada, con un rendimiento total que puede fluctuar entre las 40 y 60 toneladas por hectárea (Hiriart, 1998).

Al estimar las posibilidades forrajeras de la pradera debe incluirse el ensilaje y el heno, este último donde no haya limitaciones para elaborarlo. Su estimación hace ver que no será suficiente el ensilaje y el heno para alimentar al ganado en el periodo crítico, solo entonces deberá echarse mano de otros recursos, que según las zonas, pueden ser maíz, sorgo, avenavicia, etcétera (Watson, 1965).

Composición de la pradera para ensilaje

Se ha señalado que un elevado porcentaje de leguminosas, como el trébol rosado, representan un material inadecuado para ser ensilado con éxito, cuando no se incluye ninguna gramínea. La razón está en que las leguminosas en general poseen un bajo contenido de azúcares, que son los que podrían suministrar el ácido láctico que se necesita para que el forraje se conserve en buenas condiciones. Pero un bajo contenido en azúcares también reduce el valor alimenticio de las leguminosas, pues este siempre es mejor cuando hay un nivel conveniente de azúcares, debido a que son una fuente de energía (McIlolyne, 1976).

Adicionalmente, es necesario elevar el contenido de hidratos de carbono de la materia prima que se ensila, para lo cual no se vislumbra otra forma práctica que no sea cambiar definitivamente la composición de las praderas tradicionales, es decir, bajar el porcentaje de leguminosas y aumentar el de gramíneas.

La inclusión de ballicos en los distintos tipos de praderas que se pueden cultivar, no significa que otras gramíneas deban ser descartadas definitivamente (Hiriart, 1998).

Estado de corte de la pradera

El mejor resultado se obtiene si la mezcla se corta antes de que se produzca la tendidura de la leguminosa, muy en especial si se trata de trébol rosado esta condición es fácil de cumplir en caso de superficies reducidas, pero más difícil cuando se refiere a grandes

extensiones (Álvarez et la, 1998). En este último caso, lo que importa es que el promedio de la vegetación se encuentre en el desarrollo apropiado. De cualquier modo, habrá de disponer lo necesario para acelerar la labor y evitar retrasos que provoquen la sobre maduración de la planta en el campo.

Así, en primavera y en el primer corte no es aconsejable, bajo ningún punto de vista, seguir la recomendación que hacen la mayoría de las publicaciones de cortar el trébol rosado con 50 % de florescencia.

En general, una cosecha de la pradera más temprana de lo usual, representa la posibilidad de un corte adicional del forraje en las áreas favorables, o una mayor disponibilidad de forraje fresco para pastoreo (Hiriart, 1998).

PLANTAS

Dentro de las plantas más utilizadas para ensilar se encuentran las siguientes:

Maíz

De todas las plantas apropiadas, el maíz es le que con más facilidad se transforma en un ensilaje de buena calidad, debido a que su contenido de hidratos de carbono permite que la acidez alcance el grado requerido. En Estados Unidos, el ensilado de maíz ocupa el primer lugar puesto que es la cosecha más generalizada.

En realidad, sólo a causa de errores fundamentales se puede llegar a un producto deficiente. Con el maíz no se necesitan tratamientos especiales: compacta bien en un silo y únicamente se requiere de una cosecha a tiempo. Sin embargo, su valor como forraje dista mucho de ser completo a causa de su composición química no del todo favorable. Es rico en hidratos de carbono, pero bajo en proteínas, minerales y algunas vitaminas, si se compara con leguminosas forrajeras. Esto quiere decir que no puede servir como alimento completo en animales de alta producción, sin un adecuado suplemento (Álvarez, 2005).

El momento más adecuado para cosechar el maíz para ensilar es cuando los granos pasan al estado lechoso, es decir, con el grano algo más duro que cuando el choclo se destina a consumo fresco. Este momento es naturalmente variable, porque todo depende del tiempo que se demore la labor de ensilar y de la extensión de la superficie sembrada. Convendrá, por tanto, empezar un poco antes del tiempo ideal para terminar algo después (Hiriart 1998).

Una cosecha tardía origina problemas de compactación en el silo a causa de la ya baja humedad de la planta, además de que tendrá un menor rendimiento y valor nutritivo.

Sorgo

El sorgo es una especie que transformada en ensilaje tiene un comportamiento muy similar al del maíz, con la adición de que al momento de la cosecha presenta una abundante producción de granos ya formados (Álvarez, 2005). El momento ideal para cosechar sorgo es cuando la mayor parte de los granos está en estado de pasta blanda, para asegurar el máximo valor nutritivo del forraje (Hutchinson, 1984).

El sorgo también se compacta bien y se conserva sin mayores problemas en todo tipo de silo, aunque por supuesto las pérdidas disminuyen mientras más perfeccionado sea el sistema (Hiriart, 1998).

Avena-vicia

El cultivo asociado con ambas especies es muy útil, porque cada una complementa el valor de la otra y a la vez se logra aumentar los rendimientos. El valor nutritivo de esta mezcla es algo menor que el maíz, y superior al del sorgo cuando este no alcanza a formar sus semillas. Cosechada en el momento oportuno y ensilado en buenas condiciones, la avena-vicia es consumida con agrado por todo tipo de ganado (Hiriart, 1998).

La cosecha de avena-vicia debe hacerse entre la florescencia y el estado de grano lechoso en la avena, y si es posible con el grano al tomar consistencia. Generalmente no puede esperarse un estado tan avanzado de crecimiento a causa de que la planta comienza a

amarillear y desecarse en la base, hecho que se relaciona con su valor nutritivo y con el grado de compactación que se puede obtener. En esta mezcla de avena y vicia hay más posibilidades de obtener un ensilaje de mala calidad por cosecha tardía que temprana.

El equipo más favorable para cosechar avena con vicia es la *chopper*, que hace una labor completa y eficiente. Para tener mejores resultados con esta mezcla, conviene destinarles silos en los que sea posible dar una compactación eficiente por el propio peso del forraje. Esto quiere decir que los silos destinados a guardar avena-vicia deben tener la mayor altura que cada caso permita (Hiriart, 1998).

Alfalfa

La alfalfa es un cultivo de amplia difusión, rico en materias nitrogenadas, y generalmente se convierte en heno (Watson, 1965). Su composición se altera en forma usual, siendo su relación de hojas a tallos de particular importancia. La hoja es siempre más rica en proteínas y más pobre en fibra que el tallo, de modo que el valor alimenticio del cultivo se reduce apreciablemente a medida que madura. Las etapas precoces de floración dan mayores rendimientos de nutrientes y proteína digestible por hectárea, por lo que tales etapas se consideran como el mejor momento del corte. Cortada en estas condiciones, la proteína bruta representa casi el 17 % y la fibra 33 % (McLeod, 1970).

La alfalfa se ha considerado siempre como un cultivo difícil de ensilar, a menos que se mezcle con una coseta (desperdicio) abundante en azúcares, como por ejemplo un cereal con grano en estado lechoso. La adición de melaza también asegura la formación de suficiente ácido láctico para preservar la cosecha (Hiriart, 1998).

Cuadro. 5. Recomendaciones para un buen manejo de las plantas para ensilaje.

Cultivo	Madurez	Humedad %	Tamaño de picado
Maíz	En estado lechoso del grano	65 - 70	3 – 5 cm
Alfalfa	Prebotón o 10% de floración	60 -70	2 – 3 cm
Cereales	Grano lechoso o pastoso blando	63 - 68	2 – 3 cm

(Rodríguez, 1983).

TIPOS DE SILOS

El ensilaje es guardado en una estructura llamada silo. Existen diversas clases de silos, la elección entre uno y otro depende de factores como tipo de explotación ganadera, recursos económicos disponibles, topografía del terreno y otros. La biomasa de un forraje en estado verde se encierra en un recipiente o lugar, en donde libre de aire sufre una acidificación y se transforma en ensilaje (Cedeño, 1970) .

Silo de torre

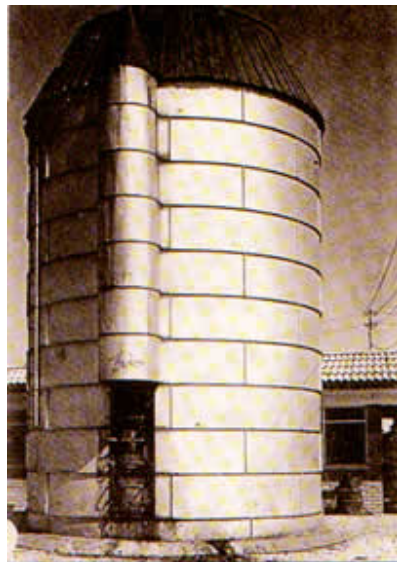


Figura 3. Silo de Torre (Jiménez y Moreno, 2005).

Se construye con diferentes materiales como ladrillo, bloques de cemento, cemento armado, piedra, láminas metálicas, entre otros. Tienen techo que proporciona una

buena protección contra la lluvia. Con relación a otros silos, presenta una mejor compactación del forraje, menores pérdidas superficiales del ensilaje pero produce mayores pérdidas por jugos exprimidos. Estos silos son más costosos y requieren maquinaria complicada para llenarlos y vaciarlos, por el momento el único método para llenar este tipo de silo, es mediante un elevador neumático de forrajes. El diámetro más usual de los silos torre es de 6 m, aunque existen de 4.5 m y 9 m. La altura interesa que sea lo mayor posible, de forma que se asegure un buen prensado, 15 m es lo más normal (Cedeño, 1970).

Silo de trinchera y bunker

Su construcción resulta más barata que la de los silos de torre. Se cargan y descargan fácilmente usando maquinaria más variada. Hay menos pérdidas por jugos exprimidos, pero por la mayor superficie expuesta a las condiciones ambientales, pueden aumentar las pérdidas. Se necesita de buena experiencia para llenarlo y lograr una buena expulsión del aire, la cual depende de la distribución del forraje, de la compactación y del tapado o sellado (Cedeño, 1970).

En general, son longitudinales, construidos sobre el piso, abiertos en uno o ambos extremos; las paredes en ladrillo, piedra o bloques de cemento deben ser ligeramente inclinadas para facilitar el apisonamiento.

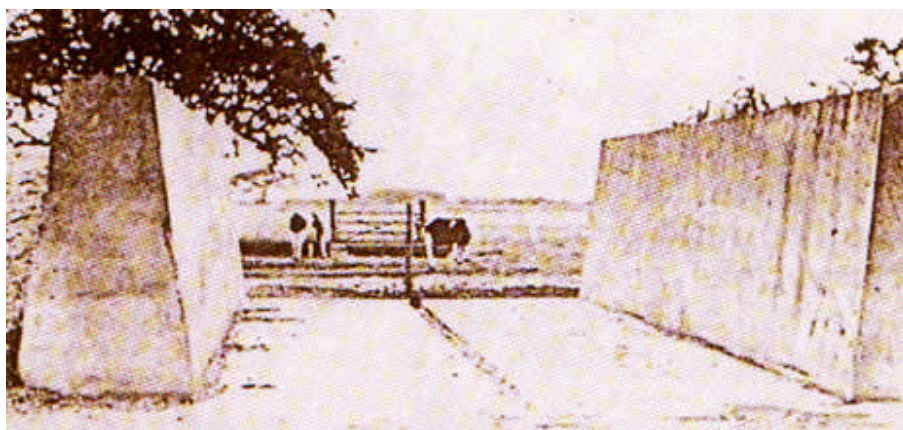


Figura 4. Silo de Bunker (Cedeño, 1970).

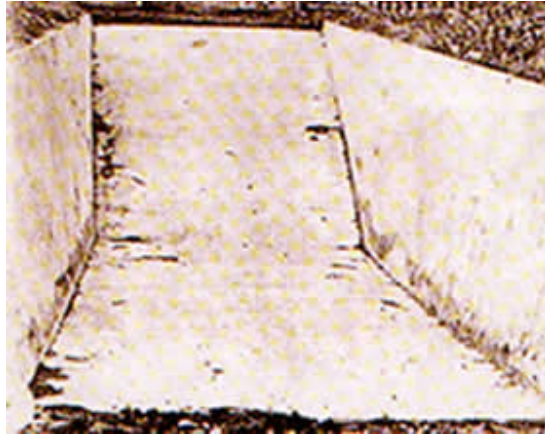


Figura 5. Silo de Trinchera (Cedeño, 1970).

Estos silos, en su variedad de zanja, son una excavación en el suelo con un plano inclinado en la entrada del silo para facilitar el acceso durante el ensilado y su explotación. Cuando su tamaño es pequeño, con una capacidad menor a 2 m^3 , su forma puede ser un paralelepípedo, usualmente con base rectangular. Las desventajas importantes del silo zanja son la necesidad de recubrir sus paredes para evitar el contacto con la tierra y tomar precauciones para asegurar que no penetre agua dentro del silo (Jiménez, 2000).

Silo de montón



Figura 6. silo de montón (Jiménez y Moreno, 2005).

Son hechos directamente sobre la tierra, no poseen paredes, el forraje se acumula en forma circular o trapezoidal ; el piso puede ser la misma tierra, estar cementado o cubierto por un plástico. En la medida que el forraje se va acumulando se compacta mediante pisoteo o se

utiliza un pisón, un rodillo u otro equipo. Una vez finalizado el proceso se cubre con plástico y se colocan materiales pesados encima para ayudar a la compactación (FAO, 2005).

Silo parva

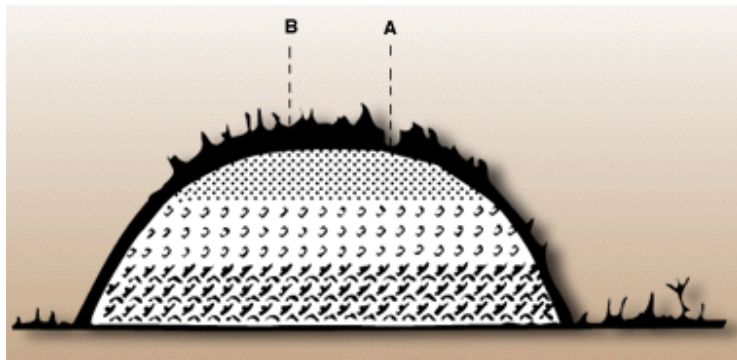


Figura. 7. Corte de un silo parva sellado con plástico (A) y luego con tierra u otros materiales (B) (FAO, 2005).

Son silos que no requieren una construcción permanente. Pero, también es el tipo de silo con mayor riesgo para que ocurran daños en el material de cobertura que protege al ensilaje y que es indispensable para mantener el ambiente anaeróbico, su tamaño va a depender del volumen de forraje a almacenar (FAO, 2005).

Tamaño del silo

El tamaño del silo se calcula de acuerdo al consumo diario de ensilaje y el número de días de consumo y sobre todo del número de animales que se desee alimentar. Por

ejemplo: Se tiene un equivalente a 30 vacas, cada una consume 15 Kgs de ensilaje diario y se requiere alimentarlas por 6 meses.

Procedimiento:

1. Kilogramos diarios de consumo: $15 \times 30 = 450 \times 180 \text{ días} = 81,000$ kilogramos.
2. Volumen que ocupan las 81 toneladas. (1M^3 pesa aproximadamente 600 Kgs.) entonces $81,000 \div 600 = 135\text{m}^3$.
3. Supóngase que se requiere conocer el largo de un silo tipo trinchera con una base menor de 3 metros y una base mayor de 4 metros con una profundidad de 2 metros.
 - a. Se saca la mitad de la suma de las dos bases $3 + 4 = 7 \div 2 = 3.5$ metros. Después se multiplica por la profundidad $3.5\text{m} \times 2 = 7$ metros cuadrados.
 - b. Para determinar el largo se divide el volumen del ensilaje que es de 135m^3 entre el número obtenido 7m^2 (que representa el área de la cara del silo). $135 \div 7 = 19.28$ metros de largo.

(Flores, 1983).

CONCLUSIÓN

La revisión bibliográfica de este trabajo se realizó sobre los diferentes temas más relevantes para la comprensión un una forma generalizada de lo que es el Ensilaje de lo cual se puede concluir de que el ensilaje tiene una gran importancia dentro de la actividad pecuaria como método de conservación de forrajes ya que constituye una herramienta útil y de amplia cobertura como fuente de alimentación base, para satisfacer los requerimientos nutritivos de los vacunos en el periodo crítico de invierno, en este trabajo se abarca todo lo inherente al ensilaje en un lenguaje sencillo, pero sin demérito de su rigor científico.

El entendimiento del proceso de ensilar forrajes y otros productos es de vital importancia en la producción animal, toda vez que se puedan conservar estos productos cuando existe abundancia de ellos o cuando se producen específicamente para este fin.

Hay que recordar que en el rubro de alimentación se invierten las mayores cantidades de recursos económicos en cualquier explotación pecuaria y el ensilaje o ensilado puede coadyuvar en la economía de la explotación haciéndolos muy redituables

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ **Águila Castro, H. Y Franco P. I., Silos y ensilajes. Boletín Técnico número 20, INIA, Estación Experimental Quilampu, Chile, 1979, Págs. 280.**
- ✓ Álvarez et al, 1998. (En línea), El Ensilaje, En: http://www.puc.cl/sw_educ/prodanim/digestiv/fii5b.htm (consulta: 05 nov. 2005).
- ✓ Álvarez T., 2005. (En línea), Pasturas de América, En: Ensilado de Maíz.,<http://www.pasturasdeamerica.com/conservación/ensilado_maiz.asp> (consulta: 10 octubre de 2005).
- ✓ Bertoia L. 2004. (En línea), Algunos conceptos sobre Ensilajes, En: <http://mejorpasto.com.ar/UNLZ/2004/TX3.htm> (consulta: 17 nov. 2005).
- ✓ Demarquilly, C., Composition chimique, caracteristiques fermentaires, digestibilité et quantite ingéré des ensilajes of faurrajes, Modofocations par rappor au faurraje vert inicial, Ann. Zootech., 22 (1), 1973, Págs. 195.
- ✓ Elizalde H., F., Efluentes del ensilaje, Boletín técnico número 121, INIA, Estación experimental Remehue, Osorno, Chile, 1987, Págs. 50.
- ✓ Elizalde F., 2005. (En línea), Efectos del Sistema de Cosecha de Ensilaje, En: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S03658072005000300005&script=sci_arttext&tlng=es (consulta: 25 enero 2006).
- ✓ Ede R. Y Blood T. F., Ensilado, Ed, Acribia España, Págs., 132.
- ✓ FAO., 2005. (En línea) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 1995, Introducción a la Conferencia sobre el Uso del Ensilaje en el Trópico, En: Agricultura http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/X8486S/x8486s03.htm (consulta: 10 octubre de 2005).
- ✓ Flores M. J. A., 1983. Bromatología Animal. Tercera Edición, Ed. Limusa, México. Pag. 270.
- ✓ Flynn, A. V., Factors affecting the feeding value of silage, en Haresing, W. (Ed.), Recent advances in animal nutrition, Butterworths, Londres, 1981, pp. 89.

- ✓ Goic M., I. e Hiriart L. M., Estimación de la calidad nutritiva de los ensilajes en la región de los lagos, Boletín técnico número, 48, INIA, Estación experimental Remehue, Osorno, Chile, 1981, págs. 115.
- ✓ Hiriart L. M., Ensilaje, composición química-calidad fermentativa-valor nutritivo, progreso agropecuario Carillanca, Chile, 1984, Págs. 190.
- ✓ Hiriart, L. M., Ensilados procesamiento y calidad. México, Trillas, 1998. Págs. 98.
- ✓ Hispanista, 2004. (En línea), Ensilaje Casero, En: <http://ensilajecasero.galeon.com/index.html> (consulta: 17 septiembre de 2005).
- ✓ Hutchinson, K. J., and Wilkins, R. J., The voluntary intake of silage by sheep, The effect of acetate on silage intake, J. Agric. Sci. (Camb.). 1984, Págs. 339.
- ✓ Jiménez F. Y Moreno J. 2005. (En línea), Ensilaje para la Conservación de Forrajes, En: <http://www.turipana.org.co/ensilaje.htm> (consulta: 14 octubre de 2005).
- ✓ Jiménez F., 2000. (En línea), Silos y Ensilaje, En: Tipos de Silos, < <http://200.13.202.26:90/pronatta/proyectos/pdf/971681088inf.pdf> > (consulta: 30 enero de 2006).
- ✓ Lancaster, R. J. and Brunwich, L. P. C., Comparison of formic acid with a formaldehyde and formic acid mixture as a additives for Lucerne silages, N. Z. J. Exp. Agric. 1977, Págs. 114.
- ✓ Marshall, E. y McCulloug, Alimentación práctica de la vaca lechera, Aedo, España, 1982, Págs. 224.
- ✓ McDonald, P., Nutrición animal, Acribia, España, 1988, Págs. 571.
- ✓ McIlolyne, W. A., Silage of beef production, Occasional publication, Agricultural Research Institute of Northern Ireland, 1976, Págs. 170.
- ✓ McLeod, D. S., Wilkins, R. J. y Raymond, W. F., The voluntary intake by sheep and cattle of silage differing in free acid content. J. Agric. Sci. (Camb.), 1970, Págs. 319.
- ✓ Ministry of agriculture, Fisheries and Food, silage, Bolletin number 37, Londres 1977. Págs 25.
- ✓ Rodríguez S. 1983. (En línea), Ensilaje, En: <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd12/texto/ensilaje.htm> (consulta: 25 enero de 2006).

- ✓ Romero L., 2004. (En línea), Silos y Ensilaje, En: Ensilaje, < http://www.lincolnonline.com.ar/popup_articulos.php?articulo_id=207&categoria_id=34 > (consulta: 9 febrero 2006).
- ✓ Salgueiro, J., Producción de carne con pastos y forrajes, Mundi prensa, España, 1990, Págs. 389.
- ✓ Thomas, P. C. Y Chamberlain, D. G., Silage as a foodstuff, en Rook, J. A. y Thomas, P. C. (Ed.), Silage for milk production, Boletín técnico num. 2 England, 1982, Págs. 101.
- ✓ Universidad Austral de Chile (UACH), Composición de los alimentos para el Ganado Zona Sur, Facultad de Ciencias A0.grarias instituto de producción animal, Valdivia Chile, 1985, Págs. 175.
- ✓ Watson, S. J., El ensilaje, Continental , México, 1965, Págs. 183.
- ✓ Wilkins, R. J., The nutritive value of silages, en Swan, H. y Lewis, D. (Ed.), Nutrition conference of feed manufactures num. 8, Butterwoth, Londres, 1974, págs. 189.
- ✓ Wilkins, R. J., Hutchinson, K. L., Wilson, R. F., y Harris, C. E., The voluntary intake of silage by sheep. I., Interrelationship between silage composition and intake. J. Agric. Sci. (Camb.) 77, 1971, págs. 531.
- ✓ Wilkins, R. J., Ferlon, J. S., Cook, J. E. y Wilson, R. F., A further analysis of a relationship between silage composition and voluntary intake by sheep, Proceeding of the 5th Silage Conference, Harkess Hannah Research Institute, Escocia, 1978, págs. 105.
- ✓ Zimmer, E., Efficient silage systems., en Thomas, C. (Ed.), Forrage conservation in the 80s, Occasional Symposium num. 11, Briti Grass Society, Inglaterra, 1980, págs. 197.

