

II. MÉTODOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS ENSILAJES

Marisol González Yáñez

INTRODUCCIÓN

En general, la calidad de los ensilajes de pradera puede mejorarse mediante el uso de los siguientes métodos :

1. Maquinaria usada y tamaño de picado.
2. Premarchitamiento.
3. Uso de aditivos.

1. Maquinaria usada y tamaño de picado

El forraje destinado a ensilaje puede cortarse directamente con una cosechadora de forraje, generalmente con una chopper sin repicador tipo Tiki, e impulsado a un coloso, o cortar con una segadora, secar parcialmente en el campo mediante premarchitamiento y luego recoger el forraje con otra máquina antes de ensilar.

En los comienzos, cuando se inició la confección de ensilaje, el forraje era de largo tamaño de picado y se usaba maquinaria que no laceraba ni cortaba el material fresco. En cambio, actualmente el forraje fresco que va a ser ensilado está sujeto a gran tratamiento mecánico, y así es posible obtener un material finamente picado de aproximadamente 10 mm. de largo, antes de ser ensilado. Este gran desarrollo en los últimos treinta años ha tenido varios beneficios en el producto final, pero el costo de la maquinaria para ensilar ha aumentado enormemente (Castle, 1982; Thomas *et al.*, 1982).

Con la introducción de la Chopper sin repicador (tipo Tiki), la compactación del material fresco se hizo más fácil y generalmente se obtuvieron en el silo temperaturas menores a 25°C (McDonald *et al.*, 1966). Luego, con la introducción de la cosechadora de forraje, la confección de ensilaje se simplificó y mejoró la calidad del ensilaje, debido a que es más fácil compactar el material que ha sido cortado, golpeado y lanzado por la cosechadora de forraje. Además, se liberan más rápidamente saponinas que contienen carbohidratos y otros nutrientes importantes para la proliferación de las bacterias ácido lácticas, ayudando así a comenzar la fermentación en forma inmediata (Stirling *et al.*, 1963; McDonald *et al.*, 1966; Castle, 1982).

Se ha establecido que al aumentar el tamaño de picado, normalmente se produce un mejoramiento en las características fermentativas en minisilos de laboratorio (Gordon ,1989c), pero algunas veces no se ha detectado ningún mejoramiento (Castle, 1982). Gordon (1982) también encontró diferencias en las características fermentativas del ensilaje, las cuales se reflejaron en el pH, nitrógeno amoniacal y ácidos orgánicos de éste cuando el forraje era cortado mediante chopper con repicador, cortadora de precisión que daba un largo tamaño de picado, y cortadora de precisión, que hacía un pequeño tamaño de picado.

Algunos investigadores han establecido que con un pequeño tamaño de picado, se produce un aumento en la digestibilidad del ensilaje, mientras otros no han encontrado efecto alguno (McDonald *et al.*, 1965; Gordon, 1982). Por otro lado, también aumenta la ingestión de ensilaje al tener un tamaño de picado más pequeño, sobre todo cuando el contenido de materia seca es menor a 30%.

2. Premarchitamiento

Los ensilajes con alto valor nutritivo, pueden confeccionarse ya sea en forma directa o por premarchitamiento, siempre y cuando el forraje fresco usado posea una alta digestibilidad y se adopte una buena tecnología para ensilar (Wilkins, 1986).

El objetivo del premarchitamiento es remover agua del forraje fresco, aumentar la calidad fermentativa del ensilaje y producir una mayor ingestión (Castle, 1982) y tiene varias ventajas de acuerdo a Thomas y Golightly (1983) y que son las siguientes:

- Aumenta la concentración de CHS en el forraje fresco.
- Reduce la pérdida de efluente.
- Disminuye la actividad de los clostridios (Henderson *et al.*, 1972; Demarquilly y Gouet, 1988).
- Aumenta la velocidad de cosecha y de alimentación al producir mayor capacidad de los colosos.
- Reduce el tamaño del silo requerido.

En general, el premarchitamiento disminuye el número de colosadas por ha, tiene pérdidas de campo más altas que el corte directo, pero también produce menos pérdidas por almacenamiento y produce muy poco efluente (Castle, 1982; Thomas y Golightly, 1983; Castle y Watson, 1984; Zimmer y Wilkins, 1984; Wilkins, 1986). No obstante, produce beneficios dudosos en términos de producción de leche como ha sido establecido por varios investigadores (Thomas y Golightly, 1983; Castle y Watson, 1984; Wilkins, 1984; Mo, 1985, Gordon, 1989c).

Es deseable una meta de premarchitamiento de 24 horas, para llegar a un contenido de materia seca de aproximadamente 25% M. S. en el forraje al ensilar, a fin de obtener una buena fermentación, una alta digestibilidad y lo menos posible de efluente (Castle, 1980), y un manejo más fácil para no tener altas pérdidas de volumen (Thomas y Golightly, 1983). Un ensilaje de pradera bien fermentado a un contenido de 22 - 25% M.S., y ensilado con un aditivo efectivo, puede ser tan bueno como un ensilaje de maíz para producción de leche (Cabon y Riviere, 1989).

Para una pradera con bajo contenido de CHS en base a materia seca, el premarchitamiento aumenta el contenido de CHS en base a materia verde, a fin de alcanzar el valor crítico del 3% en la materia verde (Wilkins, 1986; Wilkins, 1988; Van Vuuren *et al.*, 1989).

El premarchitamiento concentra los CHS en el pasto, permitiendo producir un ensilaje estable a un pH alto en forma natural (Castle, 1982; Castle y Watson, 1984; Zimmer y Wilkins, 1984).

El efecto del premarchitamiento en general, es producir una mejor fermentación y mayores consumos de ensilaje en base a materia seca, pero los cuales no siempre se reflejan en una mayor producción de leche (Castle y Watson, 1982; Thomas y Golightly, 1983; Castle y Watson, 1984; Wilkins, 1986). De esta forma, el premarchitamiento frecuentemente produce una menor eficiencia de conversión (Wilkins, 1986). Más aún, Wilkins (1984) encontró que no había efecto en producción de leche en vacas lecheras alimentadas con ensilaje premarchito comparado con ensilaje sin premarchitar, y cuando al ensilaje sin premarchitar se le agregó un aditivo, la producción de leche fue de 0,9 kg/día más alta con el ensilaje sin premarchitar. Gordon (1989c), también encontró una disminución del 3% en la producción de leche con un ensilaje premarchito más un aditivo, comparado con ensilaje sin premarchitar más un aditivo. Otros trabajos de Gordon (1989c), han establecido una disminución de 5% en producción de leche con ensilaje premarchito.

Bajo buenas condiciones de premarchitamiento, la ingestión del ensilaje es generalmente mayor que aquél con un ensilaje sin premarchitar, pero bajo malas condiciones de premarchitamiento debido a malas condiciones climáticas, puede suceder lo contrario (Castle y Watson, 1984; Bertilsson, 1987). Por otro lado, las ganancias de peso diario de vacas lecheras también aumentan al recibir ensilaje premarchito comparado con ensilaje sin premarchitar (Castle y Watson, 1984).

3. Uso de aditivos

Usualmente se puede obtener un ensilaje de satisfactoria calidad fermentativa sin usar aditivos, especialmente si se ensila ballicas, y si han sido premarchitas por un corto período, cortadas con chopper y bien compactadas y selladas. Sin embargo, al usar un aditivo se obtiene una serie de beneficios siempre y cuando se apliquen a forraje tierno, pues su acción es casi nula o nula en forraje de alto contenido en materia seca o sobremaduro. En general, los aditivos para ensilaje controlan y/o mejoran la fermentación en el silo, reducen las pérdidas y mejoran la calidad nutritiva de los ensilajes para uso animal (Castle, 1982). A pesar de ello, los aditivos aún siendo muy eficientes no solucionan fallas del ensilaje como corte tardío o un pobre sellado.

En casos cuando el premarchitamiento no es posible o con forrajes bajos en contenido de materia seca (MS), y en carbohidratos solubles en agua (CHS), y en condiciones climáticas adversas, la posibilidad de obtener una buena preservación de los ensilajes puede aumentarse utilizando un aditivo que sea efectivo (Weddell *et al.*, 1990).

Un objetivo del uso de aditivos para ensilaje es mejorar la preservación impidiendo la fermentación causada por clostridios, y en algunos casos suprimir la fermentación en el silo (Wilkins, 1988).

Thomas y Golightly (1983) sugieren el uso del nivel de CHS para determinar si se hace necesario el empleo de un aditivo para ensilaje. Un contenido de CHS menor a 3% de la materia verde, indica la necesidad de un aditivo, y menor a 2% indica el uso de un alto nivel de aditivo para obtener una buena fermentación (Wilkins, 1986; Wilkins, 1988). Por ejemplo, cultivos con un 15% M.S. deben tener un contenido en CHS de 20% base M.S., mientras que con 25% M.S. deben tener un contenido de 12% de CHS base M.S. (Wilkins, 1986; Wilkins, 1988; Van Vuuren *et al.*, 1989).

Thomas y Golightly (1983) han propuesto un sistema de estrellas y puntaje para aplicar aditivos a ensilaje y que se basa en las especies forrajeras empleadas, en la fertilización de nitrógeno aplicada, en el porcentaje de M.S. del cultivo, en el valor D del cultivo, en el tipo de máquina cosechadora utilizada y en la estación del año.

El éxito en el uso de aditivos ha sido obtenido con el desarrollo de aplicadores comerciales, los cuales aplican un exacto contenido de aditivo en forma uniforme al forraje. De esta forma, un aplicador simple y libre de problemas es parte esencial del equipo ensilador. Para obtener una mezcla efectiva, el aditivo debe entrar en la máquina cosechadora en el punto de máxima turbulencia. Para la mayoría de los aditivos líquidos aplicados en el rango de 2,2 - 5,0 l/ton, el aplicador consiste en un recipiente de aditivo invertido, con un sistema simple de funcionamiento y de detención y un flujo variable de control. Este equipo debe requerir poco mantenimiento y debe durar un tiempo largo. En general, los aplicadores deben ser simples de usar, tener un mínimo de partes móviles y deben aplicar el aditivo en una forma exacta y uniforme (Thomas y Golightly, 1983).

Nuevas formulaciones de aditivos comerciales aparecen regularmente en el mercado y siempre hay nuevos productos químicos usados como aditivos. Sin embargo, la elección de un aditivo en particular debe efectuarse después de considerar ciertas condiciones (Thomas y Golightly, 1983, Weddell et al., 1990) que son las siguientes:

Escoger un aditivo basado en resultados publicados de investigación en producción animal.

Siempre considerar el costo: beneficio del uso de un aditivo y relacionarlo con el aumento de producción del ganado que puede ser alimentado en comparación a un ensilaje control sin aditivo.

Aplicar el producto de acuerdo a las especificaciones del fabricante y no a un nivel menor o mayor que el recomendado.

Algunos de ellos son peligrosos para ser aplicados. En esos casos es importante seguir acuciosamente todas las indicaciones recomendadas por el fabricante.

4. Tipos de aditivos

Existen varias clasificaciones de aditivos. De acuerdo a McDonald et al., (1981), los aditivos para ensilajes pueden clasificarse en cuatro categorías principales:

Estimulantes:

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

Inhibidores:

Restringen el crecimiento de los microorganismos dependiendo del nivel agregado. Como ejemplo tenemos el ácido fórmico y el formaldehído.

Inhibidores de deterioro aeróbico:

Controlan el deterioro causado por aire cuando el ensilaje se abre y queda expuesto. El producto más conocido es el ácido propiónico.

Nutrientes:

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

También existen otras clasificaciones similares de aditivos establecidas por varios investigadores (Thomas y Golightly, 1983; Demarquilly, 1985; Wilkins, 1988; Weddell et al., 1990).

Vanbelle et al. (1985) han clasificado los aditivos biológicos en tres grupos principales:

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

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

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

Estimulantes de la fermentación

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

Fuentes de carbohidratos

Éstas proveen carbohidratos que son utilizables por bacterias ácido lácticas. Son beneficiosas cuando se requiere azúcar adicional (Henderson, 1987), como es el caso de pasto tierno altamente fertilizado con nitrógeno, forraje rico en tréboles, pasto ovillo y leguminosas (MacDonald et al., 1981); Weddell et al., 1990).

Sacarosa y glucosa, pueden ser agregados para mejorar la fermentación, pero la melaza es usada en forma comercial siendo más barata (McDonald, 1981).

La melaza es un subproducto de la remolacha azucarera y tiene un contenido de materia seca de 700-750 g/Kg y un contenido de CHS de aproximadamente 500 g/Kg M.V., de los cuales el 65% es sacarosa. Además, es una de las más baratas y más utilizables fuentes de carbohidratos en muchas partes del mundo, y no presenta ningún peligro ya sea de manejo o de aplicación (Arnould, 1984; Wilkins, 1988). Sin embargo, una desventaja al añadir melaza es que puede tener una fermentación menos

eficiente por parte de bacterias heterofermentativas, produciendo menor contenido de ácido láctico (McDonald y Whittenbury, 1973; Demarquilly y Gouet, 1988).

La melaza fue ampliamente utilizada como aditivo para ensilaje hasta que los ácidos aparecieron en el mercado. Actualmente, con el interés de la seguridad en aditivos y el desarrollo de aplicadores que agregan melaza al forraje cortado antes de recogerlo, está siendo utilizada nuevamente. La dosis de aplicación varía de 10 a 20 kg/ton forraje con el más alto nivel de aplicación para forraje en estado vegetativo y de mucha hoja. Aplicada en cantidad de 20 kg/ton forraje verde, la melaza aumenta el contenido de CHS en la M.V. en 1%. Es importante sí asegurarse que sea aplicado en forma homogénea sobre el forraje (Castle, 1982; Wilkins, 1986; Wilkins, 1988). En leguminosas con bajo contenido en CHS y con corte directo, es importante aplicarla aún en niveles más altos, de 40 a 50 kg/ton forraje a fin de adquirir un nivel adecuado de CHS (McDonald, 1981; Arnould, 1984). Al agregar melaza a la alfalfa en cantidad de 40 g/Kg forraje, Carpintero et al., (1969), obtuvieron una mejor fermentación con un mayor contenido de ácido láctico, un menor pH, un menor contenido de nitrógeno amoniacal (N-NH₃), un menor nivel de ácido láctico y un nivel más alto de CHS residuales que los encontrados en el ensilaje sin tratar. En varios experimentos en los cuales se agregó melaza, ésta aumentó el contenido de M.S. y ácido láctico y disminuyó el pH y niveles de N-NH₃ (McDonald, 1981).

Enzimas

Las enzimas son por definición productos orgánicos originados y usados por organismos vivos a fin de aumentar la velocidad de una reacción química, sin estar presentes en el producto final (McDonald et al., 1981). Son proteínas complejas de alto peso molecular y que requieren de una sustancia específica para actuar y son específicos al catalizar la reacción de un sustrato solamente. Ellas reciben su nombre sistemático de acuerdo al producto sobre el cual actúan (McDonald et al., 1981).

Existe una serie de factores que afecta la actividad de las enzimas, y de acuerdo a McDonald et al., (1981) son : la concentración del sustrato, la concentración de la enzima, temperatura y acidez. Las enzimas se utilizan como aditivos para ensilaje, a fin de romper la celulosa y hemicelulosas que forman las paredes celulares de las plantas. Este proceso se denomina enzimolisis y envuelve la partición de los carbohidratos estructurales en sus monómeros (glucosa en caso de celulosa, y pentosas y hexosas en el caso de hemicelulosas). Estos azúcares son entonces utilizables por las bacterias ácido lácticas presentes en el forraje y pueden fermentar en la misma forma que los azúcares de ellos. (McDonald et al., 1966a; Wittenbury et al., 1967; McDonald y Whittenbury, 1973; McDonald, 1981; Setala, 1989; Van Vuuren et al., 1989).

Las enzimas más comúnmente usadas son mezclas comerciales de enzimas que degradan celulosa y hemicelulosas (Arnould, 1984; Vanbelle et al., 1985; Henderson, 1987; Demarquilly y Gouet, 1988; Setala, 1989; Weddell et al., 1990). Es importante sí, que estas enzimas no tengan una acción proteolítica y que liberen carbohidratos que puedan ser fermentados rápidamente (Demarquilly y Gouet, 1988).

En la naturaleza existen varios organismos que producen celulosas, siendo los actinomicetes y hongos los principales (Coughlan, 1985).

Las celulosas y hemicelulosas vendidas comercialmente provienen de cepas seleccionadas de hongos, principalmente Trichoderma viride, Trichoderma reesei, Aspergillus niger y Aspergillus oryzae (Henderson y McDonald, 1977; Henderson et al., 1982a; Coughlan, 1985; Henderson, 1987). Las enzimas derivadas de T. viride y T. reesei son las más activas y aquéllas de A. niger las menos activas (Henderson y McDonald, 1977; Henderson et al., 1982a; Coughlan, 1985).

Celulasas

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

Hemicelulasas

Las hemicelulasas son también enzimas derivadas de una cadena seleccionada de hongos y han demostrado un alto grado de especificidad para una clase de polisacáridos llamados galactomananos.

Uso corriente de enzimas

Como las celulosas derivadas de cadenas seleccionadas de hongos son muy caras, muchas enzimas comerciales contienen mezclas de celulasas y hemicelulasas derivadas de procesos industriales (Arnould, 1984). Las comerciales se venden en forma líquida o en polvo. Como ambas vienen en forma concentrada, deben ser diluidas en agua justo antes de ser aplicadas al forraje a ensilar, de forma de obtener una distribución uniforme en el material a ensilar (Nakashima et al., 1988; Van Vuuren et al., 1989).

Las compañías comerciales proclaman los tres puntos principales relacionadas con el uso de enzimas como aditivos para ensilaje de pradera:

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

Sin embargo, en la mayoría de la literatura extranjera se ha encontrado sólo una mejoría en la fermentación pero no una mejoría en la digestibilidad y/o energía metabolizable, encontrándose aún en estudio lo referente al cambio en los carbohidratos estructurales (Henderson, comunicación personal).

Efecto de las enzimas en la composición química de los ensilajes

En general la agregación de una enzima (celulasa y/o hemicelulasa), aumenta la conservación del ensilaje por un aumento de la fermentación bacteriana lo cual aumenta el contenido de ácido láctico del ensilaje y disminución del ácido butírico (Nakashima et al., 1988). Las preparaciones de enzimas degradantes de la pared celular parecen ser más efectivas cuando se agregan a forraje joven ensilado con

bajos contenidos de M.S. (Van Vuuren et al., 1989). En casos en que los CHS son un factor limitante como en las leguminosas, la agregación de una celulasa puede ser beneficiosa en proveer CHS extra en una hidrólisis de la pared celular para las bacterias ácido lácticas (Henderson et al., 1982a).

De acuerdo con Raurama et al., (1987a) sólo pequeñas diferencias en fermentación se obtienen entre ensilajes sin tratar e inoculados o tratados con enzimas si la pradera tiene 20% M.S. y más de 15% CHS en la M.S. (equivalente a más de 30 g Kg M.V.).

Efecto de las enzimas sobre la digestibilidad

Huhtanen et al., (1985) encontraron una disminución en la digestibilidad de la fibra cruda y un aumento en la digestibilidad del extracto etéreo y de la materia orgánica al agregar enzimas a los ensilajes de pradera. Sin embargo, Raurama et al., (1987a), encontraron una disminución de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO) al agregar enzimas.

Van Vuuren y Spoelstra (1987), y Van Vuuren et al., (1989), han establecido que la materia orgánica digestible (MOD) no se afecta al agregar enzimas, pero Chamberlain y Robertson (1989), encontraron un aumento de la MOD en ovinos que recibían ensilaje tratado con enzimas comerciales, que contenían celulasa y hemicelulasas.

Algunas veces, la digestibilidad de un ensilaje tratado con enzimas parece disminuir debido al hecho que la celulosa ataca la parte más digestible de la fibra primero, dejando la fracción menos digestible en el ensilaje (Huhtanen et al., 1985).

Inoculantes

Se ha establecido que las bacterias ácido lácticas se encuentran en pequeñas cantidades en las plantas en crecimiento y que las que se encuentran presentes no son todas eficientes y del tipo homofermentativo. Por estas razones, los inoculantes bacterianos conteniendo bacterias ácido lácticos homofermentativas, son agregados a cultivos destinados a ensilaje para iniciar una rápida fermentación ácido láctica (McDonald, 1981; Henderson y McDonald, 1984). Estos inoculantes se agregan para suplementar las bacterias ácido lácticas normalmente presentes y se agregan solas o con melaza o enzimas para proveer de sustrato. Para que los inoculantes sean efectivos, deben ser agregados en cantidad de 10^5 a 10^6 unidades formadoras de colonias por gramo de pradera y el material ensilado debe contener un adecuado nivel de CHS (McDonald, 1981; Vanbelle et al., 1985; Weddell et al., 1990). Cuando hay un déficit de CHS en el material a ensilar, la fermentación es pobre independientemente del uso de inoculantes bacterianos; aún con una muy eficiente conversión de CHS en ácido láctico, se hace insuficiente para una buena preservación (Pahlow, 1984b; Seale et al., 1986; Wilkins, 1986). Los inoculantes bacterianos tampoco compensan una falta de CHS en el material a ensilar (Pahlow, 1984b), pero parece ser que un efectivo inoculante puede reducir el contenido crítico de CHS de 3 a 2% en base a fresco para una buena preservación (Wilkins, 1986). Si un pasto bajo en CHS se ensila con un inóculo de bacterias ácido lácticas y sin una fuente de CHS, el contenido de CHS es rápidamente consumido. Esto es seguido de un aumento en el contenido de nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$), un aumento del pH y del ácido acético (Setala et al., 1986b).

Cuando los inoculantes son eficientes pueden ser casi tan eficientes como el ácido fórmico (Demarquilly, 1985), pero tienen la ventaja de ser más seguros para ser manejados.

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

Debe tener un crecimiento vigoroso y debe ser capaz de competir y dominar con otros microorganismos presentes.

Debe tener una vía homofermentativa, de modo de producir el máximo nivel de ácido láctico a partir de hexosas que son utilizables en forma inmediata.

Debe ser tolerante a condiciones ácidas y ser capaz de producir un pH final de al menos 4,0 lo antes posible a fin de inhibir la presencia de otros microorganismos.

Debe ser capaz de fermentar glucosa, fructosa, sacarosa y especialmente pentosas.

No debe producir dextrano a partir de sacarosa o manitol a partir de fructosa.

No debe actuar sobre los ácidos orgánicos.

Debe tener un rango de crecimiento a temperaturas hasta 50°C.

Debe ser capaz de crecer en un material de alto contenido de M. S.

No debe tener actividad proteolítica.

Además de producir ensilajes bien fermentados, los inoculantes bacterianos parecen suprimir las enterobacterias y restringir las levaduras, prolongando así la estabilidad aeróbica del ensilaje (Pahlow, 1984a; Pahlow, 1986; Henderson, 1987; Lindgren *et al.*, 1988).

El Lactobacillus plantarum es uno de los organismos más eficientes para ser incluidos en inoculantes comerciales, ya sea solo o en combinación con P. acidilactici o S. faecium (Demarquilly, 1985; Henderson, 1987; Pettersson, 1988). Sin embargo, algunas cepas de L. plantarum son lentas para producir ácido láctico hasta que el pH baje a menos de 5,0; de modo que es útil incluir S. faecalis o P. acidilactici, los cuales son activos en el rango de pH de 5,0-6,5 (McDonald, 1981, Vanbelle *et al.*, 1985; Pettersson, 1988). Cuando el pH baja a menos que 5,0, dan paso al L. plantarum. Cuando L. plantarum más P. acidilactici y L. plantarum más P. pentosaceus se agregan en cantidad de 10⁶ bacterias por gramo de forraje de bajo contenido en M. S., los ensilajes tratados resultan con mejor calidad fermentativa y valor nutritivo que los ensilajes sin tratar (Henderson, 1987).

Muchos trabajos se han efectuado con inoculantes en silos grandes. Sin embargo, algunos trabajos han producido mejoramientos en la calidad nutritiva, digestibilidad y desarrollo animal al agregar inoculantes a ensilajes de gramíneas o leguminosas (Owen, 1986; Haigh et al., 1987; Henderson, 1987; Gordon, 1989a, Gordon 1989b, Gordon, 1989c).

Las cepas homolácticas de bacterias ácido lácticas *S. faecalis*, *S. faecium* y *L. casei* producen el isómero levogiro del ácido láctico, el cual no produce riesgo de acidosis en vacas lecheras como sucede con la ingestión de excesivo ácido láctico en forma del isómero dextrogiro, el cual es producido por todos los otros aditivos biológicos (Vanbelle et al., 1985; Raurama et al., 1987a).

Enzimas más inoculantes

Actualmente muchas compañías comerciales están produciendo mezclas de inoculantes y enzimas, las cuales tienen actividad celulolítica y hemicelulolítica. Cuando se agregan BAL homofermentativas junto con una enzima, ellas hacen el uso más eficiente de los azúcares que se producen. Lamentablemente, estos productos raramente contienen suficientes enzimas para liberar una adecuada cantidad de azúcar (Arnould, 1984; Demarquilly, 1985; Setala, 1989).

Inhibidores de la fermentación

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

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

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

Acidificantes

- Ácidos minerales

El uso de ácidos minerales como aditivos para ensilaje fue desarrollado por Virtanen en los años 1920 y conocido como proceso AIV. Originalmente el ácido AIV (mezcla de ácidos clorhídrico y sulfúrico) fue aplicado en cantidad suficiente para bajar el pH a 3,6. A este pH la actividad biológica no está completamente inhibida, debido a que las levaduras pueden crecer y la respiración continúa, pero está marcadamente reducida. Para solucionar problemas con ingestiones pobres y con producción animal, el ensilaje fue neutralizado antes de ser ofrecido a los animales (McDonald y Wittenbury, 1973; McDonald, 1981; McDonald, 1982; Pettersson, 1988).

- Acido sulfúrico

El interés en usar ácidos minerales como aditivos para ensilaje se ha ido disminuyendo debido a problemas de manejo y salud animal, y ha sido centrado más

bien en el uso de ácidos orgánicos débiles como el ácido fórmico (McDonald; 1981; Henderson, 1987; Pettersson, 1988).

El ácido sulfúrico se emplea en mezcla con formaldehído. El ácido sulfúrico disminuye el pH y el formaldehído actúa como un inhibidor de la fermentación y protege a la proteína de la excesiva degradación en el silo y en el rumen (McDonald, 1981). No obstante los problemas de manejo y corrosión, el ácido sulfúrico es ampliamente utilizado especialmente en Irlanda. Es más barato que el ácido fórmico y aplicado en solución al 45% volumen/volumen, en cantidad de 2 a 3 lt/ton pasto ha producido una efectiva conservación del ensilaje y resultados similares en desarrollo animal a los obtenidos con ensilaje tratado con ácido fórmico. (Flynn y O'Kiely, 1984, citado por Wilkins, 1986; Henderson, 1987; Wilkins, 1988; Gordon, 1989). Sin embargo, algunos animales recibiendo ensilajes tratados con ácido sulfúrico han desarrollado una deficiencia de cobre, por lo cual requirieron una suplementación de cobre (Gordon, 1989c).

Ácidos orgánicos

De los ácidos orgánicos usados en aditivos comerciales para ensilaje, el ácido fórmico es el principalmente utilizado.

- Ácido fórmico

El uso del ácido fórmico al comienzo no fue exitoso debido al empleo de forraje de tamaño muy largo y a una pobre distribución del ácido. Con la introducción de la cosechadora de forraje y un containier y aplicador adecuados, el uso del ácido fórmico se intensificó (McDonald, 1981; Castle, 1982). El ácido fórmico asegura la preservación del ensilaje mediante los efectos combinados del ácido agregado además del ácido producido durante la fermentación (Wilkins, 1988) y por el efecto bactericida de la molécula sin disociar (McDonald, 1981). Sin embargo, las levaduras son tolerantes a altas concentraciones de ácido fórmico (McDonald, 1981). El ácido fórmico también tiene un efecto de inhibir la respiración de la planta, el cual se refleja en temperaturas más bajas en el ensilaje durante el almacenamiento (McDonald, 1981; Castle, 1982).

El efecto del ácido fórmico en la composición química de los ensilajes depende del nivel aplicado, del contenido de M. S. del forraje ensilaje y de las especies forrajeras (McDonald, 1981). El ácido fórmico comercial tiene una concentración de 850 g/Kg y se aplica generalmente sin diluir sobre el forraje en cantidad de 2,3 l/ton (2,8 kg/ton) equivalente a 2 l/ton (2,4 kg/ton) de ácido fórmico puro. Cantidades altas como 3,0-5,0 l/ton se emplean en caso de forrajes difíciles de ensilar (McDonald, 1982; Demarquilly, 1985; Wilkins, 1986) y en general niveles crecientes de ácido fórmico disminuyen la proteólisis y la deaminación (McDonald, 1981).

Al aplicar 2,8 g/kg de ácido fórmico a un forraje al 200 g/kg M.S., el pH inmediatamente baja a un pH de alrededor de 4,9; con un forraje de 170 g/kg M.S., el pH baja a aproximadamente 4,6. En general, para forrajes tiernos se requieren más altos niveles de ácido fórmico para obtener un pH similar, debido a la alta capacidad buffer de los forrajes tiernos. Como las leguminosas tienen una alta capacidad buffer, éstas necesitan mayores niveles de ácido fórmico para producir una satisfactoria baja en el pH (McDonald, 1981; McDonald, 1982).

Al aplicar niveles crecientes de ácido fórmico (2,3-5,8 l/ton forraje) a forrajes bajos en M. S. y bajos en CHS, se produce ensilajes bien conservados. Al aplicarlo a forraje premarchito o en cantidad mayor a 5 l/ton restringe la fermentación y preserva los CHS residuales y produce una inhibición parcial de la proteólisis (Henderson y McDonald, 1976; Huhtanen *et al.*, 1985; Henderson *et al.*, 1989). Una alta aplicación de ácido fórmico a la alfalfa (4,5 l/ton) asegura un ensilaje bien preservado y con una fermentación satisfactoria (Henderson *et al.*, 1982a). También parece ser que la aplicación de ácido fórmico tiende a producir más efluente en el ensilaje (Whittemore y Henderson, 1977).

Setala *et al.*, (1986a) usaron solución AIV II (80% ácido fórmico y 2% ácido ortofosórico) y lo aplicaron en nivel bajo a forraje cortado para ser ensilado en forma directa y comparado con ensilaje sin aditivo, tratado con un solo inoculante, con una mezcla de inoculantes o con una celulosa. La mejor calidad de ensilaje fue en el caso del tratado con solución AIV II. Raurama *et al.*, (1987a), encontraron que la misma solución AIV II aplicada en dosis de 5,2 l/ton pasto ovido/timothy con 20% M. S. y con un contenido de CHS de 15% en la M.S., redujo el pH inmediatamente, aumentó las BAL, disminuyó la temperatura en el silo, disminuyó el contenido de aminas y aumentó la DMO, comparados con los tratamientos con y sin tratar, con inoculante y con celulosa.

En un segundo experimento, Raurama *et al.*, (1987b), usando los mismos tratamientos y la misma aplicación de solución AIV II, encontraron una disminución de las enterobacterias al primer día del ensilaje, sólo la mitad de las bacterias fueron heterofermentativas, y el ensilaje tuvo un menor contenido en ácido láctico comparado con los contenidos de ácido láctico en los otros tratamientos.

- Sales de ácidos

El metabisulfito de sodio es una sal usada a veces como aditivo para ensilaje. Al disolverse en agua, se forma bisulfito de sodio, promoviendo las condiciones anaeróbicas en el silo. En general, esta sal reduce el crecimiento de las bacterias del ensilaje, pero los resultados no han sido siempre positivos (Carpintero *et al.*, 1969; McDonald, 1981; Pettersson, 1988). Las sales de ácidos orgánicos contienen bases fuertes y ácidos débiles y al aplicarlas al forraje no producen una baja inmediata del pH. Las sales usadas más comúnmente como aditivos para ensilaje son mezclas de formiatos con nitrito de sodio y hexametilentetramina (Pettersson, 1988).

Wilkins (1988), ha reportado que al usar sales de ácidos orgánicos se produce un débil efecto antimicrobiano que aquél de los ácidos orgánicos y son por ende menos efectivos que los ácidos libres. La excepción es el acrilato (sal del ácido acrílico), que ha demostrado ser efectivo en alfalfa y ballica, pero que no está comercialmente en uso.

El tetraformiato de amonio es una sal del ácido fórmico y es más segura de manejar y menos corrosiva que el ácido fórmico. Sin embargo, es menos efectiva que el ácido y debe ser aplicada en una dosis más alta (McDonald, 1981). Los formiatos de sodio y de calcio también han sido utilizados como aditivos para ensilaje, el primero aplicado junto con el esterilizante nitrito de sodio, el cual ha demostrado proteger al ensilaje de bacterias peligrosas durante las primeras etapas del ensilaje. La combinación de sales ha demostrado también algunas mejorías en la calidad fermentativa, pero los resultados han sido variables (McDonald, 1981).

Woolford (1984), no obtuvo efecto sobre BAL, levaduras o mohos a pH 6,0 al utilizar formiato de sodio o formiato de amonio, aún cuando a dicho pH hubo alguna inhibición de bacterias indeseables. A pH 5,0 hubo un aumento del efecto antimicrobiano utilizando estas sales en particular respecto a conformes, clostridia y bacilli y contra alguna BAL heterofermentativa. Esta tendencia persistió a medida que el pH bajaba. Al aplicar sales de ácidos orgánicos con sus correspondientes ácidos, el efecto antimicrobiano de las sales se extiende a mohos y levaduras. La mezcla sería más efectiva que los ácidos solos y sería más segura su aplicación (Woolford, 1984).

Esterilizantes

Formaldehído

El formaldehído es un conocido esterilizante vendido comercialmente como formalina y contiene 40% de gas formaldehído en solución acuoso. Tiene dos propiedades importantes para un aditivo para ensilaje: primero, tiene un efecto bacteriostático, y segundo, protege la proteína de la planta de la degradación en el silo y en el rumen (McDonald, 1981). La dosis de aplicación de la formalina es crítica. A bajos niveles (2,2 l/ton) puede producir una fermentación clostridial y en dosis de 4,5 l/ton y mayor puede disminuir la producción de N-NH₃ y ácidos de la fermentación, pero puede disminuir la disponibilidad de proteína para el animal (Castle, 1982; Wilkins, 1988). Si se aplica en alta cantidad, también puede inhibir los microorganismos ruminales y si el ensilaje es ofrecido a vacas lecheras la formalina puede pasar a la leche (McDonald, 1981). Wilkins *et al.*, (1973) ha sugerido que la dosis de aplicación del formaldehído debe estar en relación al contenido proteico del forraje ensilado. Se ha recomendado una dosis de aplicación de formaldehído de 30-50 g/kg proteína cruda como aditivo para ensilaje de gramíneas y de 100-150 g/Kg proteína cruda para alfalfa sin premarchitar. Para una gramínea de 14 g/kg M.S., la aplicación de formalina deberá ser de 2,0-3,4 l/ton, pero a este nivel existe una alta probabilidad de fermentación clostridial. Por ello, la formalina debe mezclarse con un ácido orgánico antes de ser aplicada.

Los dos ácidos más comúnmente utilizados en combinación con formalina son sulfúrico y fórmico y se hace necesario el uso de un agente anti-polimerizante debido a que estos ácidos polimerizan la formalina. El ácido inhibe el crecimiento de microorganismos indeseables mientras que el formaldehído protege a la proteína de degradación en el silo (McDonald, 1981; McDonald, 1982). Se sugiere que la mezcla de 2,8 l/ton ácido fórmico y un bajo nivel de formaldehído de alrededor de 19 g/kg proteína cruda es la mejor combinación para utilizar como aditivo para ensilaje de gramíneas (McDonald, 1981). Haigh *et al.*, (1987) sugiere que el contenido de CHS necesarios para una exitosa conservación con ácido fórmico más formalina es de alrededor de 15 g/Kg pradera. Más aún, al aplicar ácido fórmico más formalina a una pradera de bajo contenido en M.S., y bajo contenido en CHS, aumenta la conservación del ensilaje y mejora los aumentos de peso.

El paraformaldehído ha sido utilizado como aditivo para ensilaje. Es un polímero del formaldehído que contiene 82-99% de formaldehído (McDonald, 1981). En general, el uso de formaldehído reduce la proteólisis del ensilaje y la degradabilidad de la proteína del silo en el rumen y mezclado con un ácido como el ácido fórmico, es un

aditivo efectivo, reduciendo la producción de amonio y actividad de las levaduras, siempre y cuando el formaldehído sea aplicado en la dosis exacta. Sin embargo, el uso de formaldehído como aditivo para ensilaje ha sido prohibido en muchos países debido al hecho que parece tener propiedades cancerígenas (Henderson, 1987)

Inhibidores de la deteriorización aeróbica

Muchos ensilajes bien preservados del tipo láctico y aquellos ricos en CHS como los ensilajes de pradera, premarchitos y los ensilajes de maíz son inestables. Contrariamente, ensilajes pobremente conservados como aquéllos ricos en proteína y ácido butírico son extremadamente estables (Demarquilly, 1985). Los inhibidores de deteriorización aeróbica se agregan para prevenir que el ensilaje se descomponga una vez expuesto al aire (Weddell *et al.*, 1990). El ácido propiónico es el aditivo más común de este tipo (McDonald, 1981).

Ácido propiónico

El ácido propiónico ha sido ampliamente empleado como inhibidor de deteriorización aeróbica en ensilajes. Este ácido parece inhibir la mayoría de los microorganismos responsables de causar deteriorización aeróbica en ensilajes, pero no todos ellos y solamente es efectivo al aplicarlo en dosis alta (McDonald, 1981; Weddell *et al.*, 1990).

Otros inhibidores de deteriorización aeróbica

Otros inhibidores de la deteriorización aeróbica que han sido empleados son ácidos grasos volátiles como el ácido caproico, pero ha sido utilizado sólo en experimentos de laboratorio (McDonald, 1981).

Otros productos usados, incluyen el ácido sórbico, el ácido acrílico y su sal sódica que se han empleado en ensilaje de maíz, compuestos no nitrogenados como urea y amonio, que también han sido utilizados en ensilaje de maíz, isobutirato de amonio y algunos antibióticos (McDonald, 1981).

En general, el problema en el uso de inhibidores de deteriorización aeróbica aún cuando han demostrado ser efectivos en su alto costo (McDonald, 1981; Weddell *et al.*, 1990). Sin embargo, mientras continúa la búsqueda de un producto adecuado y con costo: efecto, existen algunas prácticas que se pueden adoptar al ensilar, a fin de prevenir la deteriorización aeróbica. Para ello Woolford (1990) recomienda efectuar lo siguiente:

No ensilar forraje con mohos, debido a que el proceso de ensilaje no detoxifica los productos que son dañinos.

El forraje debe tener un premarchitamiento corto a fin de minimizar los microorganismos aeróbicos.

El silo debe ser llenado rápidamente y el forraje ser bien compactado.

Debe utilizarse un aditivo efectivo para ensilajes y el silo debe ser bien sellado.

Al abrir el silo debe extraerse sólo la cantidad de ensilaje requerida diariamente para cada animal y utilizando un equipo especial para cortar a fin de prevenir la infiltración de aire.

El silo debe mantenerse cubierto en los períodos entre raciones.

Absorbentes

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

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

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

Muchos productos han sido ensayados como absorbentes ya sea en experimentos en silos de diferente forma (Offer y Al-Rwidah, 1989a; Offer y Al-Rwidah, 1989b). La paja de cebada picada, ha demostrado ser la más eficiente, seguido de granos secos, subproducto de destilería y coseta seca melazada en cubos, mientras que una capa inferior de fardos de paja fue inefectiva en controlar las pérdidas por efluente.

La dosis de aplicación de los absorbentes varía de acuerdo al contenido de M. S. del forraje, siendo menor con un alto contenido de M.S. del forraje y aumenta al aumentar el contenido de humedad del forraje (Offer, 1989c; Weddell *et al.*, 1990). Esto algunas veces produce un problema al reducir el volumen de pasto que puede almacenarse en el silo. Para inclusiones de paja de 60 y 75 kg/ton pasto, éste se reduce en aproximadamente 75 y 80%, respectivamente comparado con valores correspondientes de 37 y 23%, respectivamente para coseta en cubos (Offer y Al-Rwidah, 1989b).

El contenido de CHS de algunos absorbentes como coseta melazada en cubos o a granel ayudan al proceso de la fermentación (Offer y Al-Rwidah, 1989a). Al emplear estos absorbentes, el ensilaje se conserva bien y presenta un bajo valor de pH, bajo valor de N-NH₃ y bajo contenido de ácido butírico (Offer y Al-Rwidah, 1989a; Offer y Al-Rwidah, 1989b).

Los absorbentes también tienen algún efecto en el valor nutritivo del ensilaje como asimismo en el desarrollo animal. La cebada aplastada y los subproductos de la remolacha azucarera mejoran la digestibilidad de la materia orgánica expresado en base a materia seca (valor D); mientras que la paja picada de cebada disminuye el valor D, disminuye el contenido de proteína cruda y afecta la digestibilidad de la materia orgánica del ensilaje y la energía digestible (Offer y Al-Rwidah, 1989a; Offer y Al-Rwidah, 1989b). Un aumento en la ingestión de ensilaje y un aumento de peso, se observaron en terneros que recibían ensilajes que contenían coseta a granel, mientras que terneros que recibían paja picada de cebada, incorporada al ensilaje, presentaban ingestión reducida y menores aumentos de pesos (Offer y Al-Rwidah, 1989b).

Los problemas asociados con absorbentes son el volumen del absorbente, la necesidad del flujo de caja para comprar el material con anticipación y la inflexibilidad para suministrar el ensilaje sin poder separar el absorbente. Por otro lado, las ventajas al utilizar un absorbente son la reducida producción de efluente y un mejoramiento en el valor nutritivo y desarrollo animal al utilizar subproductos de remolacha azucarera.

5. Justificación del uso de aditivos

El uso de aditivos para ensilaje de pradera está recomendado bajo ciertas condiciones. Este es el caso de condiciones climáticas adversas (con exceso de humedad ambiental), forraje muy tierno (muy bajo en materia seca) y en especies con bajo contenido de CHS (leguminosas en general).

De lo anterior se desprende que el contenido de CHS del forraje es un factor fundamental a usar para decidir la necesidad del uso de un aditivo. En general, puede decirse que contenidos de CHS menores al 3% del peso fresco implicarán la necesidad imperiosa de usar un aditivo, y al tener un contenido muy bajo de CHS (menor que 2%), una alta dosis de aditivo va a ser necesaria para asegurar una buena fermentación (Thomas y Golightiy, 1983).

Sin embargo, si se decide usar un aditivo, siempre es importante consultar resultados de instituciones no comerciales e independientes que muestren el efecto del aditivo sobre la fermentación y sobre el comportamiento animal (en términos de producción de leche o carne, aumentos de peso y eficiencia), comparado con ensilajes confeccionados sin aditivos.

En el Reino Unido, país donde los aditivos son muy utilizados debido a que tienen condiciones climáticas adversas y que poseen forrajes con bajo contenido de CHS, se utiliza mucho como guía el sistema basado en estrellas (*) para decidir si se justifica o no su uso, y que considera los siguientes parámetros :

- Especie forrajera.
- Fertilización nitrogenada empleada (Kg/ha/corte).
- Contenido de materia seca (%).
- Valor D (%).
- Tipo de maquinaria empleada.
- Estación del año.

Cada parámetro tiene un número de estrellas diferentes, y al final, la suma de éstas determinará el uso o no de un aditivo (Thomas y Golightiy, 1983).

A modo de ejemplo, si deseamos ensilar una pradera con las siguientes características :

- Pradera en mezcla donde predomina la Ballica perenne.
- Se ha aplicado menos de 50 kg N/ha/corte.
- Contenido de M.S. menor a 20%.
- Valor D mayor a 65%.
- La maquinaria para ensilar disponible es chopper con repicador.
- La estación del año es primavera.

Al colocar los datos en la columna del número de estrellas y de acuerdo al Cuadro 1 tenemos lo siguiente :

Cuadro 1. Guía para el uso de aditivos.

Ítem	* * * * *	* * * *	* * *	* *	*	Número de estrellas del ejem.
Especies	Ballica Perenne	B.perenne/ o princ. B.Perenne	B.perenne/ T. Blanco	—	Leguminosa	4
Fertilización N Kg/ha/Corte	-	-	< 50	50-100	>100 ó Legum.	3
M.S. (%)	>25%	-	20-25	-	< 20	1
Valor D (%)	-	< 60	60-65	> 65	-	2
Tipo Cosechadora	Precisión	Con repicadora	Corte directo s/repic. (Tiki)	Vagón forraj.	-	4
Estación del año	-	-	Primavera y Verano	-	Otoño	3
TOTAL						17

Fuente : Thomas y Golightly (1983).

El mismo Cuadro nos establece lo siguiente :

Nº Total estrellas	Riesgo de mala fermentación	Uso de aditivo
Sobre 20	Bajo	Dosis recomendada a usar sólo como seguro.
15 - 20	Medio	Dosis recomendada.
Menor a 15	Alto	Consultar al fabricante para mayor dosis de aplicación.

Fuente : Thomas y Golightly (1983).

En el ejemplo anterior, dado que el puntaje total de estrellas fue 17, se busca en el Cuadro, donde se establece que existe un riesgo medio de mala fermentación, y que por lo tanto sería aconsejable el uso de un aditivo en la dosis recomendada normalmente.

CONCLUSIONES

Referente a los métodos para mejorar la calidad de los ensilajes se concluye lo siguiente :

Un ensilaje de buena calidad puede ser realizado utilizando corte directo, premarchitamiento y sin aditivos, en caso de tratarse de ballicas anuales o perennes predominantes en la pradera, cortadas al momento adecuado (en contenido de M.S. P. C., valor D del forraje fresco, maquinaria apropiada y en excelente estado de funcionamiento). Además, debe hacerse rápido (3 a 3,5 días como máximo), bien compactado, bien sellado y bien cubierto y protegido.

Cuando no es posible obtener lo anterior y si además hay factores adversos (bajo contenido de CHS, especie forrajera baja en CHS, bajo contenido de materia seca, alto valor D, maquinaria inadecuada, etc.), la posibilidad de obtener un buen ensilaje se ve aumentada con el uso de aditivos efectivos. Sin embargo, previo a ello debe calcularse el puntaje de acuerdo al número de estrellas recomendado en el Reino Unido.

En caso de usar premarchitamiento, debe tenerse presente que esta técnica mejora enormemente la composición química de los ensilajes y aumenta su ingestión por los animales, además detener ventajas de acarreo y preservación. Sin embargo, su uso se justificaría más en producción de carne, donde produce mayor ingestión y mayores aumentos de peso, pero no en producción de leche, donde produce mayor ingestión y mayores aumentos de peso, pero no produce una mayor producción de leche, por lo cual su eficiencia en lechería es menor a un ensilaje no premarchito.

El uso de los aditivos dependerá de las alternativas con buenos resultados obtenidos por instituciones independientes a empresas comerciales que los expenden en el mercado.

En caso de elegir un aditivo, se recomendará uno de tipo biológico, que actualmente son muy usados en Europa y Estados Unidos por facilidad de manejo, no corroer equipo ensilador y por no ser peligrosos para el hombre.

Además, la próxima legislación de la CE, eliminará varios de los aditivos actualmente en el mercado internacional, por no cumplir con las normas que se exigirá, por lo cual cobrarán mayor importancia los aditivos biológicos como enzimas e inoculantes o mezclas de ambos.

LITERATURA CITADA

- ARNOULD, R. (1984). Ensilage et conservateurs biologiques. *Cultivar*, 168:122-125.
- BERTILSSON, J. (1987). Effects of conservation method and stage of maturity upon the feeding value of forages to dairy cows. 3.- Wilting and cutting time for silage. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 17: 123-131. In: *Nutr. Abstr. & Reviews*, 58(5): 298[2305].
- CABON, G. and RIVIERE, F. (1989). Comparison of maize silage and ryegrass silage as a winter feed for dairy cows. 4 years of results in France. In: *Silage for milk production* (C.S.MAYNE, ed.) British Grassland Society. Occasional Symposium N°23, pp. 199-202.
- CARPINTERO, M.C.; HOLDING, A.J. and McDONALD, P. (1969). Fermentation studies on lucerne. *J.Sci.Fd.Agric.*, 20: 677-681.
- CASTLE, M.E. (1982). Making high quality silage. In: *Silage for milk production* (J.A.F. ROOK and P.C. THOMAS, eds.) Technical Bulletin 2. NIRD-HRI. Printed in the College of Estate Management, Reading, pp. 105-122.
- CASTLE, M.E. and WATSON, J.N. (1984). Silage and milk production: A comparison between unwilted and wilted grass silages. *Grass and Forage Science*, 39: 187-193.
- COUGHLAN, M.P. (1985). The properties of fungal and bacterial cellulases with comment on their production and application. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 3: 39-109.
- CHAMBERLAIN, D.G. and ROBERTSON, S. (1989). The effects of various enzyme mixtures as silage additives on feed intake and milk production of dairy cows. In: *Silage for milk production* (C.S. MAYNE, ed) British Grassland Society. Occasional Symposium N° 23, pp. 187-189.
- DEMARQUILLY, C. (1985). Recent changes in silage production. In: *Symposium Silage: New Biological Aspects*. (Sanofe Sante Animale, ed). Paris, France (18 January 1985), pp 125-135.
- DEMARQUILLY, C. and GOUET, P. (1988). Les methodes modernes d'ensilage. *Biofutur.*, July 1988, pp. 98-100.
- GONZÁLEZ, M. (1990). Polysaccharide-degrading enzymes as additives for silages. Tesis M. Phil. Universidad de Edimburgo (Escocia, Reino Unido), 223 p.
- GONZÁLEZ, M. (1991). Aditivos para ensilajes. *Boletín Técnico N°172, Estación Experimental (INIA)*, 31 p.
- GORDON, F.J. (1982). The effects of degree of chopping grass for silage and method of concentrate allocation on the performance of dairy cows. *Grass and Forage Science.*, 37: 59-65.
- GORDON, F.J. (1989a): An evaluation through lactating cattle of a bacterial inoculant as an additive for grass silage. *Grass and Forage Science.*, 44:169-179.
- GORDON, F.J. (1989b). A further study on the evaluation through lactating cattle of a bacterial inoculant as an additive for grass silage. *Grass and Forage Science*, 44:353-357.

- GORDON, F.J. (1989c). The principles of making and storing high quality, high intake silage. In: Silage for milk production (C.S. MAYNE, etc. Occasional Symposium N°23, British Grassland Society, Malvern, Worcestershire, 31 October and 1 November 1988, pp. 3-19.
- HAIGH, P.M.; APPLETON, M. and CLENCH, S.F. (1987). Effect of commercial inoculant and formic acid +/-formalin silage additives on silage fermentation and intake and on liveweight change of young cattle. *Grass and Forage Science*, 40:405-410.
- HENDERSON, A.R.; McDONALD, P. and WOOLFORD, M.K. (1972). Chemical changes and losses during the ensilage of wilted grass treated with formic acid. *J.Sci. Fd. Agric.* 23: 1079-1087.
- HENDERSON, A.R. and Mc DONALD, P. (1976). The effect of formic acid on the fermentation of ryegrass ensiled at different stages of growth and dry matter levels. *Journal of the British Grassland Society*, 31:47-51.
- HENDERSON, A.R. and Mc DONALD, P. (1977). The effect of cellulase preparations on the chemical changes during the ensilage of grass in laboratory silos. *J.Sci.Fd. Agr.*, 28:486-490.
- HENDERSON, A.R.; Mc DONALD, P. and ANDERSON, D. (1982a). The effect of a cellulase preparation derived from *Trichoderma viride* on the chemical changes during The ensilage of grass, lucerne and clover. *J.Sci.Fd.Agric.*, 33:16-20.
- HENDERSON, A.R. and McDONALD, P. (1984). The effect of a range of commercial inoculants on the biochemical changes during the ensilage of grass in laboratory studies. *Research and Development in Agriculture*, 1:171-176.
- HENDERSON, A.R. (1987). Silage making: Biotechnology on the farm. *Outlook on Agriculture*, 16:89-94.
- HENDERSON, A.R.; ANDERSON, D.H.; NEILSON, D.; HUNTER, E.A. and PHILLIPS, P. (1989). The effect of a high rate of application of formic acid during ensilage of ryegrass on silage dry matter intake of sheep and cattle. Winter Meeting. British Society of Animal Production. Summary of Papers. Scarborough, England, 13-15 March. Paper N° 155.
- HUHTANEN, P.; HISSA, K.; JAAKKOLA, S. and POUTIAINEN, E. (1985). Enzymes as silage additive. Effect on fermentation quality, digestibility in sheep, degradability in sacco and performance in growing cattle. *Journal of Agricultural Science in Finland*, 57:284-292.
- LADISCH, M.R.; LING, K.W.; VOLOCH, M. and TSAO, G.T. (1983). Process considerations in the enzymatic hydrolysis of biomass. *Enzyme Microb. Technol.*, 5:83-103.
- LINDGREN, S.; BROMANDER, A. and PETTERSSON, K. (1988). Evaluation of silage additives using scale-model silos. *Swedish J.Agric.Res.*, 18:41-49.
- McDONALD, P.; STIRLING, A.C.; HENDERSON, A.R. and WHITTENBURY, R. (1965). Fermentation studies on wet clover. *J. Sci. Fd. Agric.*, 16: 549-557.
- McDONALD, P.; WATSON, S.J. and WHITTENBURY, R. (1966). The principles of silage. *Zeitschrift fur Tierphysiologie, Tierernahrung und Futtermittelkunde*, Vol.21(2) : 103-110.

- McDONALD, P. and WHITTENBURY, R. (1973). The ensilage process. In: Chemistry and Biochemistry of Herbage. G.W. BUTLER and R.W. BAILEY, (eds) Academic Press Inc. London Ltd. Vol 3 pp 33-60.
- McDONALD, P. (1981). The biochemistry of silage. John Wiley, Chichester, U.K., 226 p.
- McDONALD, P.; EDWARDS, R.A. and GREENHALGH, J.F.D. (1981). Animal Nutrition. 3rd Edition. Longman House, Burnt Mill, Harlow Essex, U.K., 479 p.
- McDONALD, P. (1982). Silage fermentation. Trends in Biochemical Sciences, 7:164-166.
- MO, M. (1985). Wilted grass versus harvested immediately. Small differences in results from cattle trials. Norsk Landbruk, 104: 8-9. In: Dairy Sci. Abstr., 48: 273 [2304].
- NAKASHIMA, Y.; ORSKOV, E.R.; HOTTEN, P.M.; AMBO, K. and TAKASE, Y. (1988). Rumen degradation of straw. 6.- Effect of polysaccharidase enzymes on degradation characteristics of ensiled rice straw. Anim. Prod., 47:421-427.
- OFFER, N.W. (1989). Silage effluent-Are absorbents the answer? College Contact, Advisory Service, Lowground, Scottish Agricultural Colleges, Summer 1989, pp 8-9.
- OFFER, N.W. and AL-RWIDAH, M.N. (1989a). The use of absorbent materials to control effluent loss from grass silage: experiments with drum silos. Research and Development in Agriculture, 6:71-76.
- OFFER, N.W. and AL-RWIDAH, M.N. (1989b). The use of absorbent materials to control effluent loss from grass silage: experiments with pit silos. Research and Development in Agriculture, 6:77-82.
- OWEN, T.R. (1986). New developments in silage additives. In: Developments in Silage 1986 (B. STARK and J.M. WILKINSON, eds) Marlowe: Chalcombe Publications, U.K., pp 31-43.
- PETTERSSON, K. (1988). Ensiling of forages. Factors affecting silage fermentation and quality. Ph.D. Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala (Sweden), 64 p.
- PAHLOW, G. (1984a). Oxygen dependent changes of the microflora in silages with addition of Lactobacillus inoculant. Landwirtsch. Forsch., 37, Kongressband, 17-22 September, Karlsruhe.
- PAHLOW, G. (1984b). Studies on the effect of a bacterial starter on fermentation losses, chemical composition and microbial changes in silage. 7th Silage Conference, 4-6 September, Belfast (Ireland). Session 1, Paper 2.
- PAHLOW, G. (1986). Advances in establishing silage stability. Pioneer Forage Symposium, Iowa (USA), 13-14 March. In: Int. Res. Advances in Forage Preservation. Pioneer Hi-Bred. Int. Micr. Genética Div. Johnston, Iowa (USA). Hrsg., pp. 71-86.
- RAURAMA, A.; SETALA, J.; MOISIO, T.; HEIKKILA, T. and LAMPILA, M. (1987b). The effects of inoculants and cellulase on the fermentation and microbiological composition of grass silage. II Microbiological changes in the silages. Journal of Agricultural Science in Finland, 59:371-377.

- SEALE, D.R.; HENDERSON, A.R.; PETTERSSON, K.O. and LOWE, J.F. (1986). The effects of addition of sugar and inoculation with two commercial inoculants on the fermentation of lucerne silage in laboratory silos. *Grass and Forage Science*, 41:67-70.
- SETALA, J.; MOISIO, T.; RAURAMA, A.; SIVELA, S.; TOIVONEN, V. and LAMPILA, M. (1986b). Development of fermentation in low sugar grass ensiled with inoculants. *Proceedings of Eurobac Seminar, Sweden, October 29.*, pp. 1-3.
- SETALA, J. (1989). Enzymes in grass silage production. *Food Biotechnology*, 2:212-225.
- STIRLING, A. and WHITTENBURY, R. (1963). Sources of the lactic acid bacteria occurring in silage. *J. Appl. Bact.*, 26: 86-90.
- THOMAS, C. and GOLIGHTLY, A. (1983). Winter feeding. In: *Milk from grass*. (C. THOMAS and J.W.O. YOUNG, eds) ICI-ARC Billingham Press Limited., pp. 21-28.
- VANBELLE, M.; BERTIN, G. and HELLINGS, P.H. (1985). Recent developments in biological methods of silage conservation. In: *Forage Conservation. International Symposium, Brno, Czechoslovakia, September 23-25*, pp. 104-114.
- VAN VUUREN, A.M.; BERGSMA, K.; FROL-KRAMER, F. and VAN BEERS, A.C. (1989). Effects of addition of cell-wall degrading enzymes on the chemical composition and the in sacco degradation of grass silage. *Grass and Forage Science*, 44:223-230.
- VAN VUUREN, A.M. and SPOELSTRA, S.F. (1987). Effects of cellulase treatment on in sacco degradation of grass silage. *Gent*. 52: 1703-1705.
- WEDDELL, J.R.; HENDERSON, A.R. and FRAME, J. (1990). *Silage additives 1990*. Scottish Agricultural Colleges. Technical Note T213.
- WHITTEMORE, C.T. and HENDERSON, A.R. (1977). The digestibility of grass silage by sows. *J.Sci.Fd.Agric.*, 28:506-510.
- WILKINS, R.J. (1984). Efficiency of silage systems - a comparison between unwilted and wilted silages. In: *EUROWILT. Landbauforschung Volkenrode, Sonderheft 69*, pp. 5-12.
- WILKINS, R.J. (1986). The ensiling of grass: effects of wilting and additives. Paper presented to the PROCISUR Conference on Forage Conservation Strategies, Remehue, Chile, August, 19 p.
- WILKINS, R.J. (1988). The preservation of forages. In: *Feed Science* (E.R. RSKOV, ed). Elsevier, pp.231-255.
- WILKINSON, J.M.; CHAPMAN, P.F.; WILKINS, R.J. and WILSON, R.F. (1973). Inter-relationships between pattern of fermentation during ensilage and initial crop composition. *Proceedings 14 th Internaciona Grassland Congress, Lexington*, pp.631-634.
- WITTENBURY, R.; McDONALD, P. and BRYAN-JONES, D.G. (1967). A short review of some biochemical and microbiological aspects of ensilage. *J.Sci.Fd.Agric.*, 18:441-444.

- WOOLFORD, M.K.(1984). The antimicrobial spectra of some salts of organic acids and glutaraldehyde In respect to their potential as silage additives. Grass and Forage Science, 39:53-57.
- WOOLFORD,M.K. (1990). The detrimental effects of air on silage. J.Appl.Bact., 68:101-116.
- ZIMMER, E. and WILKINS, R.J. (1984). Efficiency of silage systems : a comparison between unwilted and wilted silages. In: EUROWILT. Landbauforschung Vlkenrode, Sonderheft 69, pp.88.