

AVANCES EN LA CONSERVACION DE FORRAJES EN FORMA DE ENSILAJE

R. García-Trujillo y M. Esperance

**Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"
Perico, Matanzas, Cuba**

INTRODUCCION

La utilización de los ensilajes en las explotaciones bovinas de nuestro país se ha incrementado en los últimos años, produciéndose en la actualidad, más de 1 500 000 toneladas anuales de este producto. No obstante, tanto los trabajos de investigaciones, como los muestreos realizados en la producción, arrojan que la calidad de los silos que generalmente producimos solamente suplen los requerimientos de mantenimiento y 2 ó 3 kg de leche/vaca/día (Esperance y Ojeda, 1979) y las pérdidas que se producen superan el 30% del material ensilado en muchos de los ensilajes realizados (Esperance, Echeverría y Ojeda, 1979).

En los últimos años, en los países templados, se ha desarrollado un buen número de técnicas que han logrado incrementar sustancialmente la calidad de los ensilajes y obtener altas producciones de leche y carne (Castle y Watson, 1973 y Dulphy y Demarquilly, 1975).

El objetivo del presente trabajo no es hacer una amplia revisión de todas las técnicas desarrolladas en estos países, algunas de las cuales no están, desde el punto de vista práctico y tecnológico, a nuestro alcance, sino exponer cuales son los principales principios y técnicas utilizadas en estos países, que les han permitido obtener ensilajes de alta calidad y las cuales pueden ser de gran utilidad en nuestra práctica diaria o para la proyección en la introducción de algunas técnicas adecuadas a nuestras condiciones actuales.

Principales problemas que presentan los ensilajes

El proceso de conservación en forma de ensilaje presenta dos problemas principales en los cuales han estado centrados los trabajos de investigación en los últimos años, que son: las pérdidas de material que ocurren en los ensilajes a escala de producción y la disminución del valor nutritivo de estos en comparación con los forrajes de los cuales son fabricados o con los henos bien preparados de estos forrajes, inclusive cuando el ensilaje presenta una digestibilidad similar a los henos.

Las pérdidas, de materia seca (MS) y nutrientes de un ensilaje son producto de la respiración de las plantas, la fermentación bacteriana, los efluentes que emanan del silo y de la putrefacción; esta última favorecida por la contaminación con tierra, el contacto con el agua o el aire.

La magnitud de cada una de estas pérdidas depende del material que se utilice, así como de la tecnología empleada en la fabricación de los ensilajes. Un estudio muy comprensivo de estos factores fue el realizado por Hendrix (1960) citado por Zelter (1970) que se muestra en la figura 1. En esta se puede observar que en los ensilajes con buena tecnología, confeccionados con forrajes con un alto contenido de humedad, las pérdidas por efluentes y fermentación se reducen a medida que disminuye el contenido de humedad del material.

Los trabajos revisados por Zelter (1970) muestran que cuando la MS del material ensilado es menor a 20%, las pérdidas por efluentes pueden ser del orden del 10% de la MS, pero si el contenido de MS se eleva sobre el 25%, estas pérdidas pueden reducirse a menos de 1% debido a que el material no exuda líquido. Las pérdidas por fermentación (vegetal + bacteriana) también pueden ser reducidas por la extracción parcial del aire, principalmente en la primera fase de preparación del ensilaje, incrementando la fermentación láctica a través de una acidificación artificial (Zelter, 1970). El predesechado del material por encima del 30-35% incrementa considerablemente las pérdidas en el campo, mientras que las pérdidas del perímetro del silo se incrementan grandemente en los silos superficiales sin paredes laterales u otros resguardos (figura 1).

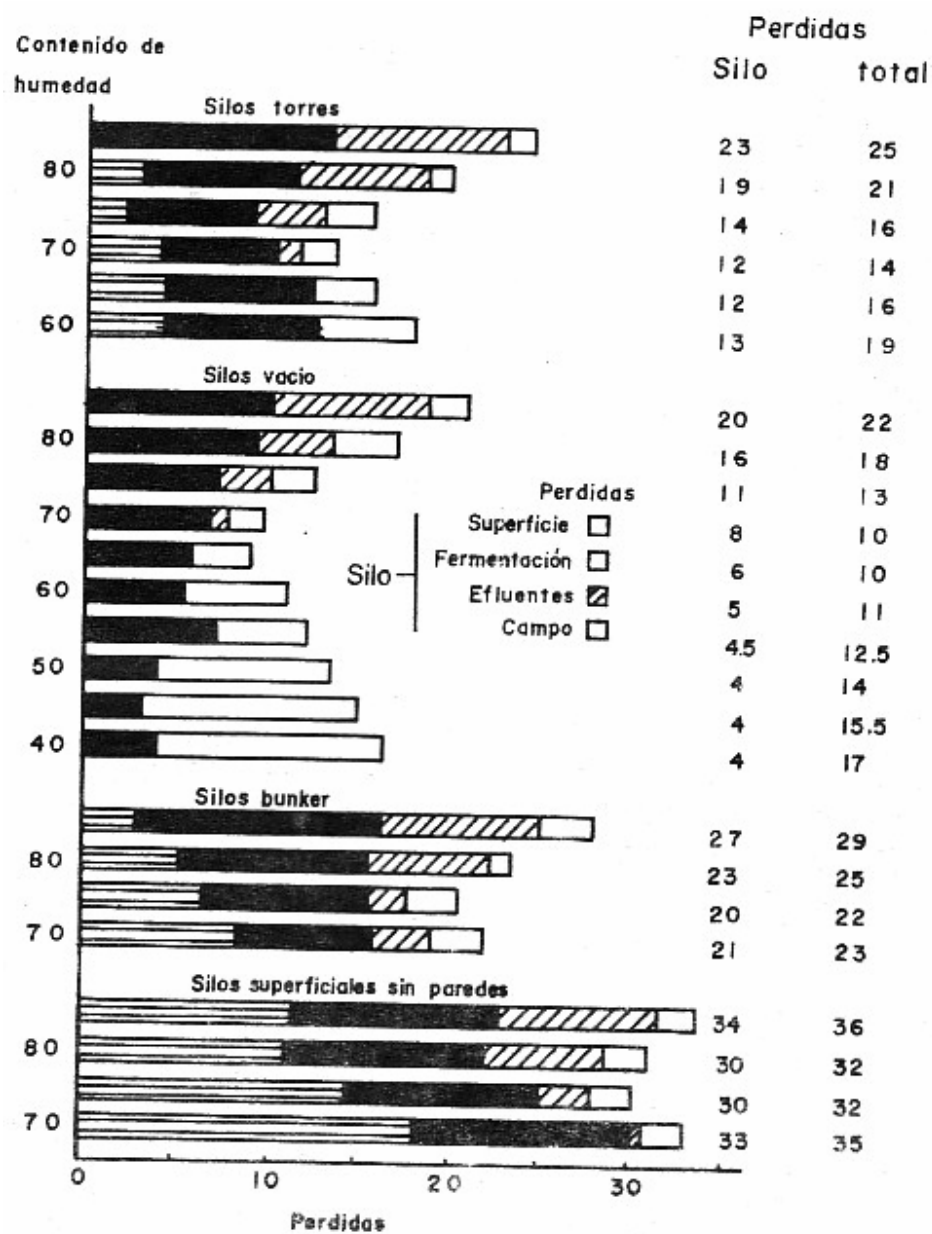


Fig. 1. Efecto de tipo de silo y contenido de MS sobre las pérdidas de MS (Hendrix, 1960).

Desde el punto de vista nutricional las pérdidas por fermentación, ya sea por respiración de la planta o por la acción bacteriana y las pérdidas por efluentes, tienen gran importancia ya que en ellas se escapan para el animal los nutrientes más digeribles de la planta, como los carbohidratos solubles y los compuestos nitrogenados. Además, durante la fermentación las proteínas se degradan en compuestos no nitrogenados (NH_3 , aminas) que son utilizados menos eficientemente por los rumiantes.

La magnitud de estas pérdidas es muy variable y han oscilado, inclusive para silos de producción en condiciones templadas, entre 22-64% (Sears y Goodhall, 1947; Brown y Heaney, 1951; Dodsworth, 1954; Brown y Smith, 1958; Culping, 1960 y Watson y Nash, 1960). No obstante, con el empleo de buenas técnicas de conservación, estas pérdidas han podido reducirse entre 9-13% en términos de MS en silos bunker o con paredes laterales, de 4-10% en silos torres (Gordon, Derbyshire y Jacobson, 1963) y hasta 5% en silos al vacío (Doutre, 1964; citado por Murdoch, 1966). Algunos de estos autores concluyen que para reducir estas pérdidas es necesario, utilizar forrajes tiernos, picarlos finamente, llenar los silos rápidamente, apisonar correctamente, así como cubrir los bordes y la parte superior de los silos con polietileno, a lo cual se le pudiera añadir, prevenir a los ensilajes de una excesiva fermentación o fermentaciones indeseables y reducir al máximo los efluentes.

Desde el punto de vista nutricional los ensilajes, principalmente aquellos que son fabricados directamente (sin un predesechado previo del forraje), se consumen en menor proporción que los forrajes de los cuales fueron fabricados o de henos de los mismos materiales bien fabricados (Harris y Raymond, 1963 y Demarquilly y Jarrige, 1970) y presentan una menor retención del nitrógeno consumido (Demarquilly, Grenet y Dulphy, 1977).

La reducción del consumo de MS es muy variable; reportándose por Demarquilly (1973) al analizar 87 pruebas con ovejas una media de 30% (1-64%). Los ensilajes predesechados previamente presentan una menor reducción del consumo en comparación con los forrajes e inclusive igual o superior a los henos bien preparados.

En este sentido Labadie (1968) al analizar 45 trabajos donde se compararon ensilajes predesechados a diferente grado encontró que era necesario un mínimo de 40% de MS en el forraje a ensilar, para lograr un comportamiento similar de los ensilajes predesechados a los henos bien preparados de estos forrajes (tabla 1).

Tabla 1. Comparación de ensilajes y henos en la producción de leche (Labadie, 1968).

% de MS ensilajes (rango)	Número de comparaciones	Consumo de MS del ensilaje (heno=100)	Leche corregida vaca/día (heno=100)	Cambio de peso vivo kg/día ensilaje	Heno
25 (20-30)	24	81	98	± 0,035	± 0,250
34 (30-40)	11	87	100	± 0,050	± 0,300
49 (40-60)	10	103	103	± 0,270	± 0,370

Las causas del bajo consumo de los ensilajes no predesechados, bien confeccionados, no está totalmente determinada, pero es atribuido a varias causales como:

1. Alta producción de ácidos orgánicos producidos como producto de la fermentación ocurrida en el proceso del ensilado, (Harris, Raymond y Wilson, 1966; McLeod, Wilkins y Raymond, 1970 y Andrieu y Demarquilly, 1974b).
2. Como producto de la degradación de las proteínas en compuestos nitrogenados no proteicos como aminos, amoniacos y otros que *per se* pueden reducir el consumo de los alimentos (Neumark, Bandi y Volcani, 1964).

3. A la modificación de la estructura de la planta producto del proceso de ensilado, la cual dificulta el proceso normal de rumiación, destrucción física de las partículas y pasaje a través del rumen (Michalet, 1975; Deswyson y Vanbelle, 1978).
4. A un suministro inadecuado de aminoácidos a las bacterias del rumen (Egan y Moir, 1965).

Por supuesto, cuando los silos presentan grandes pérdidas por fermentación y/o efluentes, hay una disminución del valor nutritivo debido a la pérdida de los elementos más digeribles de la planta y como producto de esto, se produce una mayor concentración de los carbohidratos estructurales menos digeribles.

Algunos de estos factores citados han sido revisados y analizados recientemente por Demarquilly y Dulphy (1977), llegando a la conclusión de que un incremento del ácido láctico, no reduce *per se* el consumo, pues al menos se han encontrado incrementos del consumo hasta valores de 10% de ácido láctico en la MS e inclusive, que posiblemente la concentración de ácidos grasos volátiles no sea directamente la causante de la disminución del consumo, sino un indicador de fermentaciones particulares que ocurren en otros compuestos como en las proteínas, cuya degradación produce compuestos que *per se* reducen el consumo voluntario como son las aminas o a través del deficiente suministro de aminoácidos en el rumen como ha sido reportado por Egan y Moir (1965). Más recientemente, Barry, Cook y Wilkins (1978a y b) han encontrado que la degradación de la proteína en aminoácidos no es tan importante en la determinación del valor nutritivo del ensilaje, pero que es imprescindible disminuir o prevenir la degradación de los aminoácidos por los clostridium proteolíticos, si se quiere obtener un silo que se consuma en altas cantidades, También encontraron estos autores que la desaminación (NH_3 y ácidos orgánicos) es un proceso menos importante en la obtención de ensilajes con alta

calidad que la descarboxilación (aminas y ácidos orgánicos). Bajo las condiciones de silo contaminado con tierra (presencia de clostridium) la suplementación con DL-Metionina mejoró el consumo de MS, reportándose resultados similares por Barry, Fennessy y Duncan (1973), los que al suplementar con DL-Metionina a ovejas que consumían ensilajes no tratados con formalina, incrementaron su consumo.

Finalmente Demarquilly y Dulphy (1977) proponen que para obtener buenos ensilajes que sean consumidos en una alta proporción y que produzcan buenas retenciones de N es necesario que presenten los siguientes parámetros.

Nitrógeno soluble como % del nitrógeno total	50%
Acido acético (g/kg MS)	25%
Otros ácidos grasos volátiles	Aprox. 0

Lo cual es posible obtenerlo a través de un picado fino del forraje, la reducción de la fermentación en el silo y/o una orientación láctica de la fermentación, lo puede lograr a través de un buen predesechado (35% de MS) o por la adición de un aditivo eficiente.

Métodos para obtener un ensilaje de calidad

Los trabajos realizados en los países templados han demostrado que para obtener un ensilaje de calidad es necesario observar los siguientes requisitos:

- Utilizar forrajes de alta calidad
- Trocear finamente el material.
- Controlar los procesos de fermentación del ensilaje u orientarlos a una fermentación láctica
- Observar un mínimo de medidas en la fabricación y conservación como:
 - Apizonamiento correcto
 - Realizar los silos lo más rápido posible

- Evitar la contaminación con tierra
- Tapar los silos correctamente

Calidad de los forrajes

Para obtener un ensilaje que sea consumido en una alta proporción no es suficiente solamente que se realice un buen proceso de conservación, sino que es imprescindible que el forraje utilizado para la confección del ensilaje tenga una alta ingestibilidad.

El efecto positivo que tiene una mayor calidad del forraje utilizado para la fabricación del ensilaje sobre el consumo y producción de leche ha sido reportado por Trimberger, Kennedy, Turk, Loosli, Reid y Slack (1955); Slack, Kennedy, Turk, Reid y Trimberger (1960); Murdoch (1965) y Dulphy (1977). Este ultimo autor encontró una estrecha correlación ($r = 0,83$) entre la calidad del ensilaje y la producción de leche al analizar 8 trabajos realizados por Dulphy y Demarquilly, y donde se obtuvo un incremento de 0,39 kg leche/día cada unidad de incremento de la digestibilidad (figura 2).

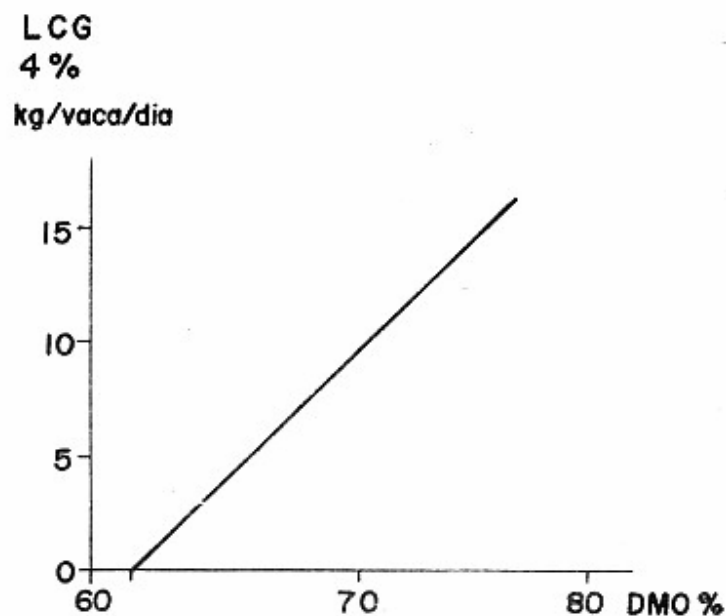


Fig. 2. Relación entre la digestibilidad de la materia orgánica y la producción de leche (Dulphy, 1977).

En la crianza de novillas Dulphy (1975) ha reportado incremento en el consumo de MS de 10,8% (1,66 a 1,84% PV) cuando la digestibilidad del forraje utilizado se incrementó en un 27,8% (60,6-77,5%) en ensilajes troceados finamente y preservados con ácido fórmico.

También en nuestras condiciones Esperance, Cáceres, Ojeda y Perdomo (1978) encontraron un incremento de la producción de leche de 1,4 kg/vaca/día al reducir la edad del pasto pangola ensilado de 64 a 42 días empleando un corte largo del material y como conservante 4 % de miel (tabla 2).

Tabla 2. Efecto de la edad del pasto pangola sobre la calidad del ensilaje y la producción de leche. Esperance y col. (1978).

	Edad (días)	
	42	64
Producción de leche kg/vaca/día	7,5	6,1
Consumo de MS (kg/vaca/día)	8,1	7,2
Digestibilidad MO %	53	42

En conclusión, la primera condición para obtener un ensilaje de elevado valor nutritivo es emplear en su producción forrajes de alta calidad.

Troceado del material

Las investigaciones realizadas muestran que un troceado fino (1-2 cm) del forraje utilizado en la preparación del ensilaje incrementa el consumo de éstos por los animales. Este incremento es producido, en parte, a consecuencia de una mejor conservación del material (Martín y Buysse, 1953; Buysse, 1961; Murdoch, 1965 y Dulphy y Demarquilly, 1973) debido a que el material picado fino facilita eliminar el oxígeno rápidamente de la masa ensilada y permite una mayor liberación de los jugos celulares, lo que posibilita un desarrollo rápido de las bacterias lácticas, la acidificación del medio y como consecuencia, el control del desarrollo de las bacterias butíricas (tabla 3).

Tabla 3. Influencia del troceado sobre las características del ensilaje, el consumo y comportamiento de ovejas, novillas y vacas (Dulphy y Demarquilly, 1973 y 1975a y b).

	Ovejas		Novillas (1 año)		Vacas	
	Largo	Corto	Largo	Corto	Largo	Corto
Características del ensilaje						
pH	4,56	4,10	4,13	4,07	3,78	3,67
Acido láctico	42,2	60,4	53,7	49,7	48,5	58,0
Acido acético	20,8	20,1	21,9	15,8	13,8	12,0
Acido butírico	24,3	2,7	3,4	3,1	0,8	0,0
N-NH ₃ (% total)	17,4	10,9	8,8	7,2	4,4	3,8
Consumo de MS g/kg P ^{0,75}	37,8	54,4	68,8	83,5	97,7	109,9
Producción de leche kg LC 4%/vaca/día					17,1	18,5
Ganancia de peso g/animal/día			721 (524-917)	824 (571-1040)	-3	±213

No obstante, el mayor incremento del consumo está dado en la reducción del tamaño de la partícula *per se*, ya que se ha observado que cuando los animales consumen ensilajes confeccionados con forrajes troceados largos se forman masas de estas partículas en el rumen que dificultan el pasaje de las partículas menores al abomaso (Campling, 1966 y Dulphy, Bechet y Thomson, 1975), además de presentarse dificultad en la regurgitación de estos materiales, lo que impide que se produzca una eficiente rumiación y por tanto la reducción de las partículas para mejor digestión y pasaje a través del rumen (Michalet, 1975 y Deswyson y Vanbelle, 1978).

Este efecto del troceado fino del ensilaje suministrado, a los animales sobre el consumo se muestra en el trabajo realizado por Dulphy y Demarquilly (1973), donde encontraron un gran incremento del consumo en ovejas cuando repicaban finamente los ensilados confeccionados forrajes troceados largos (tabla 4).

Tabla 4. Influencia del repicado fino del ensilaje sobre el consumo de MS en ovejas (Dulphy y Demarquilly, 1973).

	Ensilado picado corto	Ensilado picado medio Normal	Repicado	Ensilado picado largo Normal	Repicado
Consumo g/kg P ^{0,75}	56,7	46,2	51,4	37,8	50,3
Incremento sobre el normal %			11		33

En este grupo de experimentos se observó que el incremento del consumo debido al picado varió entre 11-33%, mientras que por una mejora de la calidad fue de 10-11%.

Los incrementos registrados en el consumo de MS en los ensilados picados cortos varia con el tamaño y tipo de animal, reportándose por Dulphy y Demarquilly (1973 y 1975a y b) incrementos de 43,9% en ovejas; 21,3% en novillas y 17,8% en vacas lecheras (tabla 3).

La disminución del efecto del troceado del ensilaje sobre el consumo, a medida que se incrementa el tamaño del animal, probablemente esté relacionada con el menor tamaño del esófago y el orificio retículo-omasal en los animales más pequeños como las ovejas y los bovinos jóvenes (Demarquilly y Dulphy, 1977).

Lo incrementos de la producción animal que se reportan en la tabla 3 por un troceado fino del ensilaje son del orden de los 103 g/animal/día más en los bovinos jóvenes en crecimiento, con un rango que oscila entre 90-202 g/animal/día y de aproximadamente 3 kg de leche/vaca/día si se tiene en cuenta las ganancias de peso vivo que registraron las vacas, lo que concuerda con los resultados. Belgas (citado por Dulphy, 1977) que reportan incrementos de 3,6 kg de leche/vaca/día por el efecto del troceado fino de los ensilajes. Además, el troceado fino del ensilaje disminuye los rechazos en la canoa por los animales.

Reducción de la fermentación o su orientación adecuada

Para lograr ensilajes de calidad es necesario que las fermentaciones que ocurran durante el proceso de ensilaje sean reducidas y/o sean orientadas correctamente,

favoreciendo, en este último caso, las fermentaciones lácticas con el fin de que no se produzcan productos indeseables como el butírico y evitar que se degraden las proteínas excesivamente. Para lograr esto se han empleado varias técnicas como son el predesechado del material antes de ensilar y el uso de diferentes sustancias conservantes.

Predesechado. El predesechado previo de los forrajes a ensilar con el fin de incrementar su contenido de MS por encima del 30-35%, ha sido una técnica muy útil para producir ensilajes de buena calidad (Steensburg, 1952; Gordon, Derbyshire, Jacobson y Humphrey, 1965; Alder, McLeod y Gibbs, 1969 y Jackson y Forbes, 1970).

El predesechado de los forrajes disminuye las pérdidas por efluentes o las reduce del todo (Murdoch, 1954; Castle and Watson, 1973; Bastiman, 1976), produce una baja fermentación, caracterizándose el ensilaje por tener bajo contenido de ácido láctico, un alto pH; sin embargo, la presencia de butírico y la degradación de las proteínas son bajas, (Murdoch, 1960; Gordon *et al.*, 1965), e incrementa sustancialmente el consumo voluntario de los ensilajes y la producción animal en comparación con los ensilajes no predesechados o los henos de los mismos forrajes bien confeccionados (Labadie, 1968, tabla 1; Harris, Raymond y Wilson, 1966; Alder, McLeod y Gibbs, 1969). No obstante, esta técnica presenta como desventaja que se pueden producir pérdidas sustanciales en el campo si el clima no es favorable y el tiempo es lluvioso (Dijkstra, 1957), los cuales reducirían o eliminarían beneficios del predesechado, es más difícil de organizar su confección que los ensilajes directos y se dificultan más su apisonamiento, siendo necesario cubrirlos con plástico para evitar la entrada de oxígeno y agua (Murdoch, 1966), los cuales pueden producir fermentaciones indeseables durante su almacenamiento.

Estas dificultades de los ensilajes predesechados han inducido al desarrollo de técnicas para fabricar ensilaje directamente, que produzcan resultados similares o mejores a éstos,

sobre todo en aquellos países donde abundan las lluvias en el período de confección de los ensilajes (Save y Breirem, 1969; Demarquilly, comunicación personal).

Conservantes. Las sustancias conservantes se pueden dividir en tres grupos: a) los que promueven las fermentaciones lácticas natural, como las mieles, otros carbohidratos y los cultivos de lactobacilos b) los aditivos químicos que basan su acción en una brusca disminución del pH inhibiendo de esta forma las fermentaciones, principalmente butírica y entre las que se encuentran los ácidos minerales como el clorhídrico, sulfúrico y sus mezclas, los orgánicos como el ácido fórmico y varias sales de éstos y otros ácidos y c) los que basan su acción en un efecto bactericida reduciendo los procesos fermentativos en general, como el formol y el metabisulfito de sodio.

Una gran gama de estos compuestos han sido utilizados en la conservación de los ensilajes, los cuales han sido revisados por Watson y Nash (1960); Murdoch (1961); Owen (1972) y Thomas (1978) entre otros; sin embargo, son muy pocos los que se han llegado a utilizar a escala de producción o presentan amplias perspectivas de utilización y entre los que se encuentran las mieles, metabisulfito de sodio (Bratzler, Covan y Swift, 1955; Murdoch y Holdsworth, 1958), las mezclas de ácido clorhídrico y sulfúrico desarrolladas por Virtanen (1937), conocida como AIV, el ácido fórmico (Save y Breirem, 1969), el formol o formalina (Wilking, Wilson y Cook, 1974), las combinaciones del ácido fórmico y formol (Baeure, Save y Nedkuitne, 1974).

De estos conservantes, en la actualidad el metabisulfito de sodio y las mieles han disminuido su uso por lo inconsistente de sus resultados y por la dificultad en esparcirlo en la masa ensilada, los ácidos minerales como el clorhídrico y sulfúrico y sus mezclas AIV, por lo peligroso de su manejo para el hombre (Owen, 1972; Dulphy y Journet, 1973; Wilson, 1973), presentando amplio uso el ácido fórmico y algunas mezclas o derivados de éste, mezclas de formol con otros ácidos y con muy buenas perspectivas las mezclas de

lactobacilos homofermentativos con carbohidratos solubles. Además, estos tres aditivos (ácido fórmico, formol, bacterias lácticas homofermentativas) son los únicos hasta el momento que, además de producir un buen preservado del ensilaje, incrementan consistentemente la retención del nitrógeno y el consumo de MS (Demarquilly, comunicación personal).

Ácido fórmico. La utilización del ácido fórmico en la fabricación de ensilajes data de los años treinta a propuesta de investigadores alemanes (Save y Breirem, 1969); sin embargo, los mayores éxitos en su utilización se han producido a finales de la década del 60 (Waldo, Smith y Gordon, 1968; Save y Breirem, 1969; Waldo, Keys y Gordon, 1969; Castle y Watson, 1970; Dulphy y Demarquilly, 1977). Actualmente se emplea masivamente en varios países europeos y por ejemplo, en Noruega en 1973 se utilizó 17 964 toneladas de ácido fórmico (85%) en la fabricación de ensilaje, ocupando el 95% de todos los aditivos utilizados (Baevre, Save, Nedkvitne, 1974), con lo cual se ensiló más de 4 millones de toneladas de forraje con este aditivo. En Irlanda del Norte en 1972 el 44% de los ensilajes producidos (1 082 millones de toneladas) se preservó con ácido fórmico y sus derivados (Jackson, O'Neill y Dawson, 1974) y en Inglaterra es uno de los conservantes más utilizados (Wilson, 1973).

El ácido fórmico tiene la propiedad de producir silos con bajos contenidos de ácido acético y butírico, así como reducir la fermentación de los azúcares y la degradación de las proteínas (Save y Breirem, 1969; Waldo, Keys, Smith y Gordon, 1971) (tabla 5).

El efecto conservante de este ácido no está dado solamente por la acción de disminuir el pH, sino también a través de una reducción de la respiración de la planta y las fermentaciones iniciales indeseables causadas por las bacterias coli-aerogenas (Save y Breirem, 1969), lo que explica la poca degradación de los azúcares y proteínas de estos ensilajes.

Tabla 5. Efecto de la adición de ácido fórmico sobre las características de los ensilajes.

Tratamiento	pH	NH ₃ % N total	Acidos orgánicos 5 MS			Azúcares % MS	Autor
			Láctico	Acético	Butírico		
0,5 % Acido fórmico	4,13	6,3	3,4	3,6	0,15	3,97	Waldo <i>et al.</i> , 1971
0 Acido fórmico	4,44	9,9	6,2	3,9	0,19	0,91	
3,5 litros/t Acido fórmico	3,96	7,1	5,5	2,0	0,16		Dulphy y Demarquilly, 1977
0 Acido fórmico	4,57	21,0	4,6	3,3	1,4		

Los investigadores noruegos han puntualizado que para que se logre una eficiente preservación con el ácido fórmico es necesario cortar finamente el forraje y aplicarlo durante la cosecha del pasto, para permitir una más íntima unión entre el conservante, y el forraje (tabla 6).

Tabla 6. Efecto del picado del forraje y el momento de aplicación del ácido sobre las características de los ensilados confeccionados con ácido fórmico. (Trabajos noruegos citados por Save y Breirem, 1969).

	No silos	Acido láctico	Acido acético	Acido butírico	NH ₃ -N % N total	pH
PL ¹ + Acido fórmico	8			0,19	11,6	
PL sin cons.	8			0,66	18,2	
PL+Acido fórmico	10			0,04	6,8	
PC ² sin conservante	10			0,21	9,8	
Sin aditivo	4	0,89	0,59	0,14	15,6	4,7
Acido fórmico aplicado en el silo Sol 1:20 L						
7 litros x 100 kg de forraje	4	1,42	0,12	0,04	9,0	4,0
Acido fórmico aplicado al cosechar 0,31 L/100 kg de forraje	4	1,55	0,12	0,05	6,9	4,0
PL ¹ = Picado largo PC ² = Picado corto						

Los ensilajes confeccionados con ácido fórmico son consumidos en mayor cantidad que los ensilajes sin conservantes y en cantidades similares a los ensilajes presecados. Sin embargo, tanto la ganancia de peso como producción de leche son superiores en los ensilajes preservados con ácido fórmico (tablas 7 y 8).

En términos generales, en la crianza de bovinos jóvenes, se han obtenido incrementos de ganancia de peso en 200-250 g/animal/día al comparar los ensilajes tratados con ácido fórmico y los no tratados. Estos trabajos muestran, además, que los ensilajes predesecados se consumen en mayor cantidad y producen aproximadamente 200 g más por animal/día cuando son tratados con ácido fórmico y a pesar de tener consumos

inferiores a los henos producen ganancias de peso ligeramente superiores, lo que sugiere una mayor calidad y eficiencia de utilización de estos ensilajes.

En las vacas lecheras (tabla 7) se observa un incremento en el consumo de MS de 10% aproximadamente con los ensilajes fabricados con ácido fórmico en relación con los no tratados e inclusive en ocasiones con los predesechados o tratados con otros conservantes, mientras que la producción de leche como promedio es superior en 1,1 kg/vaca/día (0,6-2,8); aunque esta respuesta disminuye cuando se utiliza una fuerte suplementación con concentrado 0,3 kg/vaca/día (0,1-0,7) igualmente a lo que sucede con los ensilajes predesechados altamente suplementados (Alder y col., 1969).

Esta alta eficiencia del ácido fórmico como conservante está muy relacionada con su propiedad de disminuir la degradación de las proteínas.

Formol. La utilización práctica del formol y sus mezclas con ácidos, principalmente en la conservación de los ensilajes, es reciente, ya que en la revisión realizada por Watson y Nash (1960) no se le vio posibilidad de ser utilizada en las condiciones de producción.

Los trabajos realizados por Wilkins, Wilson y Cook (1974) y Wilkins, Wilson y Wolford (1974) mostraron que los ensilajes preservados con formol (denominados ensilajes no fermentados) presentaban muy bajo contenido de ácidos orgánicos (5%), una baja degradación de la proteína, la cual se refleja en el bajo contenido de amoníaco del ensilaje (8%) y un incremento del consumo de MS de los ensilajes, pero sólo en aquellos forrajes que su contenido de nitrógeno era superior a 3% (18% PB), ya que cuando los forrajes presentaban un contenido menor a 2,5% de N en la MS, no se registraban incrementos del consumo de MS. Este efecto lo atribuyeron estos autores a que en los forrajes con alto contenido en N, el formol reacciona con las proteínas protegiéndola de la degradación excesiva en el rumen y neutralizando su efecto bactericida, pero cuando el contenido de proteína es bajo queda un excedente de formol libre, que actúa inhibiendo la actividad de la flora ruminal, además de que se puede producir un insuficiente suministro de nitrógeno a los microorganismos del rumen, producto de una baja degradación de las proteínas.

Tabla 7. Efecto de la conservación con ácido fórmico de los ensilajes sobre el consumo y ganancia de peso en novillas.

Tratamiento	No. de trabajos	Consumo de ensilaje % PV	Ganancia diaria g/animal/día	Autor
ED ¹ +0,5 % Ac.F. ²	3	1,82	6,92	Waldo y col., 1969
Heno		2,23	6,20	
ED+0,5 % Ac. F.	3	2,22	588	Waldo y col., 1971
ED		2,09	354	
ED+0,5 % Ac. F.	4	2,32	808	Waldo y col., 1973
EP ³ (37,4 % MS)		2,33	548	
ED + Ac. F.	2	2,37	814	Derbyshire
ED		2,34	624	y col., 1977
EP+ 1,1 % Ac. F.	2	2,57	814	Trabajo de Beltsbille
EP (36 % MS)		2,37	624	Citado por Dulphy, 1975
ED+ 3,51/t Ac. F.	3	1,70	706	Dulphy y Demarqui-
ED		1,55	507	lly, 1977a
ED+ 3,6 l/t Ac. F.	1	1,95	898	Dulphy y Demarqui-
ED+ 3,6 l/t Sylade		1,91	797	lly, 1977b

1 ED = Ensilaje Director

2 Ac. F. = Acido Fórmico

3 PD = Ensilaje Predesechado

La suplementación varió entre 0-1 kg de conc/animal/día

Tabla 8. Efecto de la conservación del ensilaje con ácido fórmico sobre la producción de leche de vacas lecheras.

Tratamiento al ensilaje	Consumo MS	Producción de leche kg	Autor
EP1 (47 % MS)	1,69 % PV	17,8	Derbushire y Gordon, 1970
EP + 0,5 % Ac. F2	1,86	18,3	
D3 + 0,4 % Ac. F.	1,86	19,4	
D + Ac. F.	9,2 kg	17,2	Fisher y col, 1971
D + Miel	9,5	16,4	
PD (29 % MS)	10	16,2	
D sin aditivo	9,1	16,5	Castle y Qatson, 1970a
D + 2,2 l/t Ac. F.	8,2 kg	17,9	
D sin aditivo	7,4	16,7	
PD	7,5	16,6	Castle y Watson, 1970b (2 experimentos)
D + 2,2 l/t Ac. F.	8,3-7,5	16,2-15,8	
D sin conservante	7,5-6,8	15,0-15,2	
D + Ac. F.			
Forraje/concentrado			
70:30	2,1 % PV	21,3	Derbyshire y col, 1976
60:40	1,8	21,8	
D sin conservante			
70:30	1,9	20,1	Yenes y Wernli, 1977
60:40	1,77	21,5	
D + 0,5 % Ac. F.			
Alta suplem.		15,7	
Baja suplem.		14,2	
D sin conservante			
Alta suplem.		15,0	Castle y col., 1977
Baja suplem.		11,4	
D + 2 l/t Ac. F.			
0 suplem.		15,1	
1,4 kg suplem.	15,1 kg	18,2	
D+ 2 l/t Sylade ⁴			
0 suplem.		13,3	
1,4 kg suplem.	13,7	18,1	
D + 4 l/t Sylade			
0 suplem.		13,7	
1,4 kg suplem.	13,7	18,0	

1 EP = Ensilaje predeseado 2 Ac. F. = Acido fórmico 3 D = Ensilaje directo 4 Sylade = Formol + sulfúrico

La cantidad de formol necesaria para evitar una depresión del control está en relación con el contenido de PB y el tipo de forraje utilizado. Para gramíneas como el ryegrass, Wilkinson, Wilson y Barry (1976) han sugerido un nivel crítico de 8 g, de formaldehído/100 g de PB, por encima del cual el consumo voluntario se deprime. Wilkins, Wilson y Wolford (1974) han recomendado aplicaciones entre 6,8-9,1 L de formol/t forraje, sin embargo consideran que en los pastos que tengan menos de 2,5% de N en la MS (15,6% PB) no debe emplearse el formol como conservante, mientras que Demarquilly, Grenet y Dulphy (1977) han encontrado en gramíneas que dosis iguales o superiores de 3,5 litros de formol/t de forraje, deprime el consumo de MS.

Algunos investigadores han tratado de eliminar el efecto depresivo de alta dosis de formol sobre el consumo adicionando urea a estos ensilajes en el momento de suministrarlo a los animales, para incrementar el suministro de N a los microorganismos del rumen, Lonsdale, Thomas y Haines (1977) reportaron un incremento del consumo en 25% cuando adicionaron urea a un silo confeccionado con 7-14 g de formaldehído/100 g de PB en terneros; Kaiser, Tayler, Gibbs y England (1977), de 14% en ensilajes de 3,4-5,2 g de formaldehído/100 g de PB en ovejas y Tayler, Aston y Daley (1979) de 12% con ensilajes con 3 g de formaldehído/100 g de PB en vacas.

En términos generales, el formol no parece ser un buen aditivo para las condiciones de producción por el momento, con excepción de aquellos forrajes principalmente leguminosas con más de 18% de PB, por lo difícil de ajustar en las condiciones prácticas de campo las dosis a emplear. No obstante, las características favorables que le imprime el formol a los ensilajes puede ser utilizada si éste se emplea en mezclas con ácidos.

En los últimos años se han utilizado varias mezclas de formol con ácido fórmico y sulfúrico principalmente, las cuales se emplean comercialmente en Europa con diversos

nombres como Sal-Kofa, Casco y Silofik entre otros en el caso de las mezclas con ácido fórmico y Sylade, que es la mezcla de formol con ácido sulfúrico más utilizada.

El interés en estas mezclas se basa en que los ensilajes mantienen una buena estabilidad debido a la acción del ácido sobre el pH del ensilaje y además, se logra una mayor disminución de la degradación de las proteínas por la acción bactericida del formol, inclusive en sus mezclas con ácido fórmico (Demarquilly *et al.*, 1977). Estos autores consideran que el uso del formol en las mezclas con ácido fórmico, desde el punto de vista económico es solamente justificable en bajas proporciones (1,5 L/t) y sustituyendo a parte del ácido fórmico y no en forma aditiva a las dosis de ácido fórmico recomendadas. Las mezclas de ácido fórmico y formol recomendadas por el grupo de Theix son de 1,5 L formol + 2 L ácido fórmico por tonelada de forraje para las gramíneas y de 2-2,5 L formol + 3 L de ácido fórmico/tonelada de forraje para las leguminosas (Dulphy, comunicación personal).

Lactobacilos. La utilización de lactobacilos en la conservación de los ensilajes se reporta al menos desde 1937 (Allen, Watson y Ferguson, 1937). Los resultados existentes hasta 1960 y revisados por Nash y Watson (1960) no arrojaban un efecto positivo de la inoculación de los ensilajes con bacterias lácticas, existiendo una gran variabilidad en los resultados, aunque algunos trabajos mostraron un efecto positivo de estos conservantes en plantas ricas en proteína cuando se le añadió algunas cantidades de carbohidratos solubles. Más reciente (Owen, 1972) al revisar la literatura producida desde 1960 hasta esa fecha, concluyó que la conservación de los ensilajes con bacterias lácticas podía reducir las pérdidas de MS y especialmente el de las proteínas, así como mejorar el comportamiento de los animales. Owen (1972) puntualizó que los beneficios de estos aditivos dependían probablemente de la inclusión conjuntamente con ellos de cantidades

mínimas de carbohidratos fermentecibles y sugería que debía ponerse más atención al tipo(s) de organismo a utilizar en los diferentes forrajes.

En estos últimos años en el Instituto de Investigaciones Zootécnicas y Veterinarias de Theix en Francia, se han desarrollado mezclas de lactobacilos homofermentativos con lactosa que aplicados en dosis equivalentes a inocular 10^7 lactobacilos/g de forraje, (Govet, comunicación personal) han producido muy buenos ensilados. Estas mezclas han incrementado el consumo de MS de los ensilajes por los rumiantes y la retención de nitrógeno (Demarquilly, comunicación personal) debido a la orientación láctica de la fermentación que producen y a la reducción de la degradación de la proteína. Dulphy y Demarquilly (1978) al estudiar un producto comercial denominado "Derasyl" basado en una mezcla de fermentos lácticos, enzimas y harina de trigo como fuente de carbohidrato soluble, encontró ganancias de peso de las novillas, iguales que las producidas por un ensilaje fabricado con ácido fórmico.

Medidas necesarias a observar durante el proceso de fabricación del ensilaje y su almacenamiento

Las pérdidas y calidad que se obtengan en los ensilajes están muy relacionados con la tecnología que se utilice en la fabricación de éstos (tipo de silo, tamaño, conservantes, tipo de maquinaria, otros), sin embargo, existen una serie de factores organizativos y de cuidado durante el proceso de fabricación y su almacenaje posterior que tienen una gran influencia en ambos parámetros (apisonamiento correcto, contaminación con tierra, fabricación rápida, evitar entrada de aire y agua al ensilaje).

Según el tipo de silo las pérdidas se incrementan en el siguiente orden: vacío, torre y bunker, siendo muy altas en los ensilajes superficiales sin paredes (figura 1). Como vimos anteriormente las pérdidas en los tres primeros tipos de silo se pueden reducir por debajo del 15% si se toman en cuenta una serie de medidas en la fabricación de éstos.

Apisonamiento. El apisonamiento de la masa a ensilar tiene como objetivo eliminar o reducir lo más posible el oxígeno, con el fin de disminuir la respiración de la planta, así como el desarrollo de bacterias aerobias y hongos. Las pérdidas que ocurren por la actividad de la planta y las bacterias son del orden del 8-9% pero puede ser reducida al 2-3% (Zelter, 1970), a través de la eliminación lo más rápido posible del oxígeno, favoreciendo con esto la fermentación láctica. La temperatura del ensilaje depende de la magnitud de estos procesos y aunque se ha recomendado que se mantenga entre 32-42°C para permitir el óptimo de crecimiento de los lactobacilos, se ha encontrado una mejor conservación del ensilaje cuando ésta se ha logrado reducir a 27°C (Murdoch, 1960). El troceado fino del forraje a ensilar ayuda grandemente a la consolidación del mismo y a la extracción del oxígeno produciendo una mejor fermentación y ensilajes con menor temperatura que los ensilajes fabricados de forrajes picados largos (Lancaster, 1959 y Nash, 1952), además de reducir el tiempo de apisonamiento necesario.

El troceado fino del material, así como mantener desde el inicio de la fabricación del ensilaje equipos en esta faena y no permitir que la temperatura se eleve, al menos, por encima de 42°C son los factores indispensables para reducir las pérdidas por un mal apisonamiento en los silos bunker y superficiales.

Contaminación con tierra. Mientras que las bacterias lácticas se encuentran en las plantas en cantidades pequeñas, en el suelo se encuentran grandes cantidades de esporas de clostridium, que son las bacterias que producen las fermentaciones butíricas y degradan las proteínas. Es por eso que la contaminación con tierra, de los ensilajes, produce una inoculación de las bacterias indeseables y en los silos que se fabrican con mieles, esta contaminación es mucho más grave, pues se le facilita a estas esporas un mejor medio para su crecimiento.

Uno de los métodos desarrollados en los países europeos para evitar la contaminación con tierra es evitar que los tractores y trailers que vienen del campo entren en los silos, ya que es muy difícil lograr que en la época en que se fabrican los ensilajes, los trailers vengan limpios de tierra. En Francia, en las zonas alomadas, paran los silos en los bordes de la loma tomando como una de sus paredes ésta y descargando los trailers desde la parte superior lateralmente o por la parte trasera (figura 3a), mientras que en la República Democrática Alemana a silos bunker de más de 1 000 toneladas le fabrican rampas laterales (figura 3b) manteniendo en ambos casos los equipos para apisonar y distribuir el forraje constantemente sobre el silo.

Rapidez en la construcción del ensilado y tapado. El objetivo de concluir los ensilajes rápidamente y taparlo con polietileno, se basa en crear lo más rápido posible las condiciones de anaerobiosis, así como evitar la entrada de agua al ensilaje para: en la primera fase garantizar un buen proceso fermentativo y durante el proceso de conservación evitar que se produzcan fermentaciones indeseables o se puedan lavar los ácidos con la consiguiente desestabilización del ensilaje e incremento de las pérdidas por efluentes (Murdoch, 1960).

Demarquilly (1977) puntualizó que la duración de la fabricación del ensilaje debe ser como máximo 3-4 días; no obstante, para silos de gran tonelaje esto pudiera ser de 6-7 días.

Varios trabajos muestran que en los silos no tapados las pérdidas se incrementan notablemente (Sear y Goodhall, 1947; Culpin, 1960; McLaughlin, Wilson y Bowden, 1978). Estas pérdidas están muy relacionadas con la renovación del oxígeno del interior de los ensilajes como lo indica el trabajo de Langston, Irvin, Gordon, Bouma, Wiseman, Melin, Moore y McCalmont (1958), los que encontraron que en los silos sellados inmediatamente después de terminado, el consumo de oxígeno era de 5 horas más, pero en los tapados

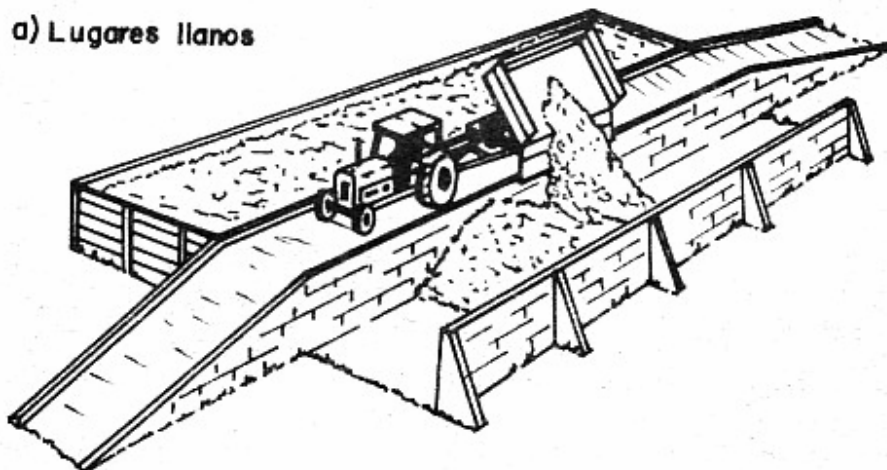
después de 48 horas de terminado se estaba consumiendo oxígeno durante más de 90 horas, lo que indica claramente que hubo una entrada de oxígeno en la masa ensilada. En el trabajo realizado por McLaughlin *et al.* (1978) al comparar silos cubiertos y no cubiertos encontró que las pérdidas fueron de 5,4 y 59% en los primeros 24 cm, de 3,1 y 22,1% de 24-50 cm respectivamente, siendo las diferencias menores y no significativas por debajo de 50 cm, aunque en los 2,1 m de profundidad de los silos las pérdidas fueron de 3,9 y 11,9% para los silos cubiertos y no cubiertos, respectivamente.

Murdoch (1966) ha puntualizado que estas pérdidas se reducen a medida que se incrementa el tamaño del silo, y cuando se realiza un proceso de llenado y consolidación eficiente, no obstante siempre las pérdidas por material desechable de la superficie de los ensilajes no tapados es muy superior al de los tapados.

CONCLUSIONES

La conservación de los forrajes en forma de ensilaje presentan dos principales problemas que son las pérdidas de MS y nutrientes durante el proceso de ensilaje y su ulterior almacenaje y la disminución de su valor nutritivo. En los países templados estas pérdidas en silos de producción ha alcanzado valores entre 22-64%; sin embargo, se han podido reducir a menos de un 15% utilizando silos bunker, torres o al vacío, y observando una serie de principios como: emplear forrajes tiernos, trocearlos finamente, llenar los silos rápidamente, apisonarlos correctamente, así como cubrir los bordes y partes superiores de los silos con un buen polietileno. Desde el punto de vista nutricional los ensilajes fabricados sin un buen predesechado presentan un menor consumo de MS y retención de nitrógeno, que los henos bien fabricados de los mismos forrajes producto, principalmente, de una alta degradación de la proteína que conlleva la formación de aminas, un suministro inadecuado de aminoácidos a los microorganismos del rumen, posiblemente una alta concentración de ácidos orgánicos en la masa ensilada, y si los

a) Lugares llanos



b) Lugares alomados

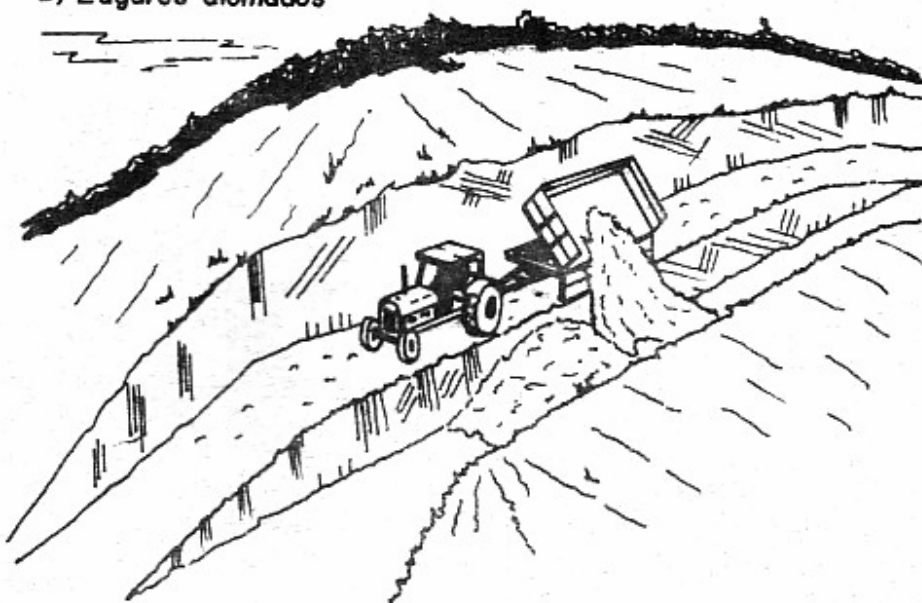


Fig. 3. Esquema de silos bunker confeccionados para laminación con tierra.

ensilados no han sido bien troceados, por la dificultad en la rumia y el paso de las partículas a través del tracto digestivo. Para eliminar o disminuir este efecto los países templados han desarrollado varias técnicas de conservación como ha sido el predesechado de los forrajes antes de ensilar por encima de 35% MS, picar finamente el forraje (1-2 cm) o en los ensilajes fabricados directamente emplear aditivos como el ácido fórmico, mezclas de éste con formol, mezclas de formol con ácidos orgánicos y más recientemente mezclas de lactobacilos homofermentativos con azúcares solubles. Todos estos procesos tienen como ventajas que incrementan sustancialmente el consumo voluntario de los ensilajes, retención de nitrógeno y la producción animal. No cabe duda, que aunque la diferencia entre los pastos y clima de los países templados y tropicales son bien diferentes, el empleo de muchas de estas técnicas pudiera incrementar sensiblemente el valor nutritivo de nuestros ensilajes y reducir sus pérdidas.

CONCLUSIONS

Ensilage has two principal problems: the loss of DM and nutrients and the decrease in the nutritive value of the forage. In temperate countries the loss of DM in production silos has ranged between 22% and 64%; nevertheless it has been possible to reduce it below 15% utilizing bunker, tower or vacuum silos and taking in account a series of rules such as the use of young forages, fine chopping, quick filling of the silos, correct tamping and covering of the top and borders with a good plastic. From a nutritional point of view, silages produced without a good prewilting have a lower retention of nitrogen and are less consumed than the good making hays from the same forages owing this mainly to a high level of protein degradation which implies amines formation, an inadequate supply of amino acids to the rumen microorganisms, possibly a high concentration of organic acids

in the silage and its chopping has not been good enough, to the difficulty for rumination and passing of silage particles through the rumen. To eliminate or reduce these effects, several conservation techniques have been developed in temperate countries, such as the prewilting of the forage up to a 35% of DM, the fine chopping (1-2 cm) the use of additives as formic acid, formic acid plus formol, organic acids plus formol, and more recently homofermentative lactobacillus with soluble carbohydrates. All those processes are advantageous with regard to the significant increase of voluntary intake of silages, nitrogen retention and animal production. Although there are great differences between temperate and tropical pastures and climates, the use of some of these techniques could significantly increase the nutritive value of our silages and reduce its losses.

REFERENCIAS

- Alder, F.E.; McLeod, D.S.L. & Gibbs, B.G. 1969. Comparative feeding value of silages made from wilted and unwilted grass and grass/clover herbage. **British Grassld. Soc. J.** 24:199
- Allen, L.A.; Watson, S.J. & Ferguson, W.S. 1937. The effect of the addition of various material and bacterial cultures to grass silage at the time of making a subsequent bacterial and chemical charges. **J. Agr. Sci.** 27:294
- Andrieu, J. & Demarquilly, C. 1974b. Valeur alimentaire du maïs fourrage. III. Influence de la composition et des caractéristiques fermentaires sur la digestibilité et l'ingestibilité des ensilages de maïs. **Ann. Zootech.** 23:27-43
- Barry, T.N.; Fennessy, P.F. & Duncan, S.J. 1973. Effect of formaldehyde treatment on the chemical composition and nutritive value of silage. III. Voluntary intake, liveweight gain, and wool without intraperitoneal supplementation with D-L Methionine. **N.Z. J. Agric. Res.** 16:64-68
- Barry, T.N.; Cook, J.E. & Wilkins, R.J. 1978. The influence of formic acid and formaldehyde additives and type of harvesting machine on the utilization of nitrogen in lucerne silage. 1. The voluntary intake and nitrogen retention of young sheep consuming the silage with and without intraperitoneal supplements of DL-Metionine. **J. Agric. Sci.** 91:701
- Baevre, L.; Save, O. & Nedkvitne, J. 1974. The effect of formaldehyde containing additives on the feeding value of silages. Department of Anim. Nutrition Agric. Univ. of Norway. Mimeo paper 45
- Bastiman, B. 1976. Factors affecting silage effluent production. **Expl. Husb.** 31:40
- Brown, W.O. & Heaney, J.H. 1951. The conservation of grassland herbage in lived trench silos. **Brit. Grassld. Soc. J.** Vol. 6. pp. 91-8

- Brown, W.O. & Smith, Y. 1958. Losses in the conservation of grassland herbage as molasses and metabisulphite silage in lived trench silos. **J. Agric. Sci.** Vol. 50. pp. 307-11
- Bratzler, J.W.; Cowan, R.L. & Swift, R.W. 1955. Preservation of grass silage with sodium metabisulphite. Bull 597. Pennsylvania State University. pp. 43
- Buysse, F. 1961. La hechage influence - Fil l'ensilage. **Revue de l'Agriculture**. 14:733
- Campling, R.C. 1966. The intake of hay and silage by cows. **Brit. Grassld. Soc. J.** 21:41-48
- Castle, M.E. & Watson, J.N. 1970a. Silage and milk production, a comparison between wilted and unwilted grass silages made with id without formic acid. **Brit. Grassld. Soc. J.** 25:278
- Castle, M.E. & Watson, J.N. 1970b. Silage and milk production, a comparison between grass silages made with and without formic acid. **Brit. Grassld. Soc. J.** 25:65-71
- Castle M, & Watson, J. 1973. Silage and milk production a comparison between wilted. grass silage made with and without formic acid. **Brit. Grassld. Soc. J.** 30:217-222
- Castle, M.B.; Retter, W.C. & Watson, J.N. 1977. Silage and milk production a comparison between additives for silage of high digestibility. **Brit. Grassld. Soc. J.** 32(3):157-164
- Culpin, C. 1960. Conservation of green fodder crops. Prog. Rep. Exp. Husb. Farms. pp. 2-9
- Demarquilly, C. & Jarrige, R. 1970. The effect of method conservation on digestibility and voluntary intake. Proc. 11th Int. Grassld. Cong. Surfers. Paradise. pp. 733-737
- Demarquilly, C. 1973. Composition chimique caracteristiques fermentaires, digestibilite et quantite in geree des ensilages de fourrages: modifications par rapport an forrage enitral. **Ann. Zootech.** 22:1-35

- Demarquilly, C.; Grenet, E. & Dulphy, J.P. 1977. The effect of addition of formic acid with or without formalin on the conservation quality, digestibility, nutritive value and nitrogen balance of direct cut silage. Proc. XIII Int. Grassld. Cong. Leipzig
- Demarquilly, C. 1977. Les principes de l'ensilage. L'Elevage No. 27 F
- Demarquilly, C. & Dulphy, J.P. 1977. Effect of ensiling of feed intake and animal performance. Int. Meet Anim. Prod. from temp. Grassld. Dublin. Pág. 53
- Derbyshire, J.C. & Gordon, C.H. 1970. Additional observations of milk cow response on formic acid silages. **Journal of Dairy Science**. 53:5-677
- Derbyshire, J.C.; Gordon, C.R. & Waldo, D.R. 1976. Formic acid as a silage preservative for milking cows. **J. Dairy Sci**. 59:278
- Derbyshire, J.C.; Waldo, D.R. & Gordon, C.H. 1976. Performance of dairy cattle on wilted formic acid silages. **J. Dairy Sci**. 59(7):1278-1285
- Deswyson, A. & Vanbelle, M. 1978. Haw chopping improves grass silage intake by sheep and heifers. Proceed. 7th Gen. Meet European Grassld. Fed. 1978. Merelbeke
- Dijkstra, N.D. 1957. The conservation of grass for feeding purposes in agriculture. **Netherl. J. Agric. Sci**. 5:271-283
- Dodsworth, T.L. 1954. Further studies on the fattening value of grass silage and on the effect of DM percentage of the diet on the DM intake in ruminants. **J. Agric. Sci**. Vol. 44. pp. 383-93
- Dulphy, J.P. & Demarquilly, C. 1973. Influence de la machine de récolte et de la finesse de hechage sur la valeur alimentaire des ensilages. **Ann. Zootech**. 22:199
- Dulphy, J.P. & Jouziet, M. 1973. Utilization des ensilages d'herbe par les vaches laitieres. **Fourrages**. 56:71
- Dulphy J.P. 1975. Les genisses apprécient l'ensilage d'herbe sil est bon. L'Elevage No. HS Dic. 1975

- Dulphy, J.P.; Becttet, G. & Thomson, E. 1975. Influence de la structure physique et de la qualité de conservation des ensilages de gramineés sur leur ingestibilité. **Annales de Zootechnie**. 24(1):81-94
- Dulphy, J.P. & Demarquilly, C. 1975. Influence de la machine de récolte sur la valeur des ensilages de gramineés pour les genisses de race laitière. **Ann. Zootech.** 24(3)
- Dulphy, J.P. & Demarquilly, C. 1975a. Influence de la machine de récolte sur la valeur des ensilages de gramineés pour les genisses de race laitière. **Ann. Zootech.** 24:351
- Dulphy, J.P. & Demarquilly, C. 1975b. Influence de la machine de récolte sur les quantités d'ensilage ingérées et les performances des vaches laitières. **Ann. Zootech.** 24:363
- Dulphy, J.P. 1977. Les ensilages d'herbe sont très bien valorisés par la vache laitière. S'ils sont bons. L'Elevage. No. HS
- Dulphy, J.P. & Demarquilly, C. 1977. Influence de l'addition d'acide formique sur la valeur des ensilages de graminées pour les genisses. **Ann. Zootech.** 26:45
- Dulphy, J.P. & Demarquilly, C. 1977a. Influence de l'addition d'acide formique sur la valeur des ensilages de graminées pour les genisses. **Ann. Zootech.** 26:45.57
- Dulphy, J.P. & Demarquilly, C. 1977b. Utilisation comparative par les genisses de 2 ensilages d'herbe conservés à l'acide formique Du An 'Sylade' Bull. Tech. **CRZV. Thies**. 31 7
- Dulphy, J.P. & Demarquilly, C. 1978. Utilisation comparée par genisses de 2 ensilages d'herbe conservés à l'acide formique ou au d'ersyl. **Bulletin Technique de CRZV de Thies**. No. 33. Pág, 5
- Egan, A.R. & Moir, R.J. 1965. Nutritional status and intake regulation in sheep. I. Effect of duodenally infused single doses of casein, urea and propionate upon voluntary intake of a low protein roughage by sheep. **Aust. J. Agric. Res.**

- Esperance, M.; Cáceres, O.; Ojeda, F. & Perdomo, A. 1979. Marco fermentativo, valor nutritivo y producción de leche de la hierba pangola ensilada con dos edades. II Reunión ACPA, Resúmenes. Pág. 37
- Esperance M.; Echeverría, N. & Ojeda, F. 1979. Estudio de la calidad de los ensilajes en breas de producción. II Reunión ACPA. Resúmenes. Pág. 201
- Esperance, M. & Ojeda, F. 1979. Metodología para la fabricación de ensilaje. Proyecto de aplicación de resultados. EEPF "Indio Hatuey". Perico, Matanzas, Cuba
- Fisher, L.J.; Lessard, J.R. & Lodge, G.A. 1971. Utilization of formic acid treated sorghum-sudan silage by dairy cows. **Can. J. An. Sci.** 15:2:371
- Gordon, C.H.; Derbyshire, J.C. & Jacobson, W.C. 1963. Feeding value of low-moisture alfalfa silage from conventional silos. **J. Dairy Sci.** 46:630
- Gordon, C.H.; Derbyshire, J.C.; Jacobson, W.C. & Humphrey, J.L. 1965. Effects of dry matter in low moisture silage on preservation, acceptability and feeding value for dairy cows. **J. Dairy Sci.** 48:1
- Harris, C.E. & Raymond, W.F. 1963. The effect of ensilage on crop digestibility. **Brit. Grassld, Soc. J.** 18:204-212
- Harris, C.E.; Raymond, W.F. & Wilson, R.F. 1966. The voluntary intake of silage. Proc. 10th Int. Grassld. Congr. Helsinki. 564.567
- Jackson, N. & Forbes, T.J, 1970. The voluntary intake by cattle of four silages differing in dry matter content. **Anim. Prod.** 12:591-599
- Jackson, N.; O'Neill, S.T. & Dawson, R. 1974. The composition and quality of grass silage made in Northern Ireland. An analysis of six years results (1967-1972). **Agricultural Research.** 22:45-50

- Kraiser, A.G.; Tayler, J.C.; Gibbs, B.G. & England, P. 1977. Effects of level of formalin at ensiling and urea at feeding on the performance of calves consuming red clover silage. *Grassld. Res. Inst. Ann. Rep.* Pág. 89
- Labadie, P. 1968. Utilization comparée des foin et de l'ensilage d'herbe dans l'alimentation des ruminants. Memoire de fin d'etudes ENITA. Burdeanx
- Langston, C.W.; Irvin, H.M.; Gordon, C.H.; Bouma, C.; Wiseman, H.G.; Melin, C.G.; Moore, L.A. & McCalmont, J.R. 1958. Microbiology and chemistry of grass silage. *Tech. Bull. U.S. Dep. Agric. No. 1187*
- Lancaster, R.J. 1959. Consolidation as a factor in silage fermentation. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 19:16
- Lonsdale, C.R.; Thomas, C. & Haines, M.J. 1977. The effects of urea on the voluntary intake by calves of silage preserved with formaldehyde and formic acid. ***Br. Grassld. Soc. J.*** 32:171
- Martin, J. & Buysse, F. 1953. Ensiling experiments with wilted lucerne and the influence of chopping on the preservation process, *Meded. Landb. Hogesch, Gent.* 17:565-591
- Martin, J. & Buysse, F. 1953. Proefnemingen over de inuloed van hakselen en voordrogen op het bewaring proces van groenvoeders. *Mededel handbouw Gent XVIII.* 565
- Michalet, Brigitte. 1975. Recherches sur les causes des variations des quantites d'ensilage d'herbe ingerées par les ruminants. These Doct. Ing. Université de Nancy
- Murdoch, J.C. & Holdsworth, M.C. 1958. The use of sodium metabisulphite in silage-making. ***Brit. Grassld. Soc. J.*** 13:55
- Murdoch, J.C. 1954. Seepage from silos. *Agriculture, Lond.* 61 pp. 224
- Murdoch, J.C. 1960. The effect of temperature on silage fermentation. *Proc. 8th Int. Grassld. Congr. Reading.* pp. 502-5
- Murdoch, J.C. 1961. A review of silage-making techniques. ***Brit. Grassld. Soc. J.*** 16:253

- Murdoch, J.C. 1965. The effect of length of silage on its voluntary intake by cattle. ***Brit. Grassld. Soc. J.*** 20:54-58
- Murdoch, J.C. 1966. Grass silage. ***Out Agric.*** 5:17
- McLaughlin, N.B.; Wilson, D.B. & Browden, D.M. 1978. Effect of a plastic cover on dry matter loss from a horizontal sils. ***Cand. Agric. Eng.*** 20:1
- McLeod, D.S.; Wilkins, R.J. & Raymond, W.F. 1970. The voluntary intake by sheep and cattle of silages differing in free acid content. ***J. Agric. Sci.*** 75:311
- Nash, M.J. 1952. Lacerated silage. ***Scot. Agric.*** 31:1
- Neumark, H.; Bondi, A. & Volcani, R. 1964. Amines aldehydes and keto-acids in silages and their effect on feed intake by ruminants. ***J. Sci. Fd. Agric.*** 15:487-492
- Owen, F.G. 1972. Silage additives on their influence on silage fermentation. Journal Serie. Nebraska Agriculture Exp. Sta.
- Save, O. & Breirem, K. 1969. Formic acid as a silage additive. Proc. 3rd General Meeting of the European Grassland Federation, Braunschweig, pp. 161
- Sears, P.D. & Goodoll, J.C. 1947. Silage studies. ***N.Z. J. Sci. Tech.*** (A) vol. 28 pp. 289-304
- Slack, S.T. Kennedy, W.K; Turk, K.L.; Reid, J.L. & Trimberger, G.W. 1960. Bull. Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. No. 957
- Steensburg, V. 1952. Making grass silage without additives. Proc. 6th Int. Grassld. Cong. Pennsylvania pp. 1159
- Taylor, J.C.; Anston, K. & Daley, S.R. 1979. Milk production from diets of silage and dried forage. 3. Effects of formalin treated ryegrass silage of high digestibility given *ad libitum* with and without urea. ***Anim. Prod.*** 28:171
- Thomas, J.W. 1978. Preservatives for conserved forage crops. ***J. Anim. Sci.*** 47:721

- Trimberger, G.W.; Kennedy, W.K.; Turk, K.L.; Loosli, J.K.; Reid, J.L. & Slack, S.T. 1955. Effect of curing methods and stage of maturity upon feeding value of roughages. Part. 1. Same level of grain. Bull. Cornell. Univ. Agric. Exp. Sta. No. 910
- Virtanen, A.I. 1937. Zentral b Bakter. 95-472
- Waldo, D.R.; Smith, L.W. & Gordon, C.H. 1968. Formic acid silage versus untreated silage for growth. **J. Dairy Sci.** 51:982
- Waldo, D.R.; Keys, J.E. & Gordon, C.H. 1969. Additional comparison of formic acid silage versus untreated silage. **J. Dairy Sci.** 52:9360
- Waldo, D.R.; Keys, J.E.; Gordon, C.H. 1970. Direct cut formic acid silage versus wilted silage for growth. **Journal of Dairy Science** (abs. p.140) pág. 677
- Waldo, D.R.; Keys, J.E.; Smith, L.W. & Gordon, C.H. 1971. Effect o formic acid on recovery, intake, digestibility and growth from unwilted silage. **J. Dairy Sci.** 54:1
- Waldo, D.R.; Keys, J.E. & Gordon, C.H. 1973. Preservation efficiency and dairy heifer response from unwilted formic and wilted untreated silage. **J. Dairy Sci.** 56:12
- Watson, S.J. & Nash, M.J. 1960. The conservation of grass and forage crops. Oliver and Boyd. Edinburgh
- Wilson, R.F. 1973. L'Ensilage au Royame-Unj. **Fourrages.** 56:189
- Wilkins, R.J.; Wilson, R.F. & Woolforse, M.K. 1974. The effects of formaldehyde silage fermentation. Proc. 5th Gen. Meet. Eur. Grassld. Fedn. Uppsala 1973
- Wilkins, R.J.; Wilson, R.F. & Cook, J.E. 1974. Restriction of fermentation during ensilage, The nutritive value of silage made with the addition of formaldehyde. Proc. 12th. Int. Grassld. Cong. Moscow
- Wilkinson, J.M.; Wilson, R.F. & Barry, T.N. 1976. Factors affecting the nutritive value of silage. **Outl. Agric.** 9:3

Yenes, P.F. & Wernli, K.C. 1977. Acido fórmico como aditivo en ensilaje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y niveles de concentrado para la producción de leche. I. Conservación del forraje. II. Valor nutritivo y producción de leche. **Avances en Producción Animal**. 2:71

Zelter, S.Z. 1970. Extent, nature, causes and nutritional significance of losses in forage during harvesting and conservation especially by ensilage. **La Revue de l'Elevage**. 48:45-66