

Hernán Chaverra Gil, Javier Bernal Eusse

El ensilaje en la alimentación del ganado vacuno



HERNÁN CHAVERRA GIL es Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional, sede de Medellín; MSc y PhD en mejoramiento y manejo de pastos y forrajes de la Universidad de Purdue, Estados Unidos.

En el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) se desempeñó como asesor de la gerencia general, director de planeación, subgerente y director de investigación, y director del programa nacional de pastos y forrajes e investigación de dicho programa. En dos ocasiones prestó sus servicios como asesor del ministro de Agricultura en las áreas de investigación y transferencia de tecnología agrícola. Recibió la Medalla del ICA y mención honorífica por los servicios prestados a la producción y también el Premio Nacional de Agricultura del ministerio del

En la Escuela de Graduados del ICA-Universidad Nacional dictó las cátedras de ecología de cultivos y de ecología, en la facultad de agronomía de Bogotá, y la de pastos y forrajes en la misma facultad y en la de Medellín, y en la facultad de medicina veterinaria de la Universidad Nacional.

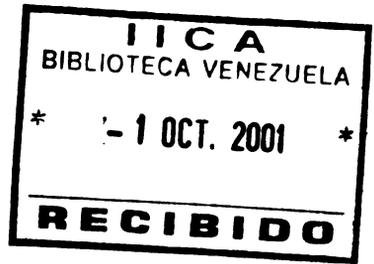
Es autor o coautor de aproximadamente 30 publicaciones en pastos y forrajes y de 40 en planificación de la investigación agropecuaria.

IICA
BIBLIOTECA VENEZUELA

* - 1 OCT. 2001 *

RECIBIDO

1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025



EL ENSILAJE EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO VACUNO

HERNÁN CHAVERRA GIL
JAVIER BERNAL EUSSE



110A
202

1

00007125

Diseño de cubierta: Héctor Prado M., Tercer Mundo Editores

Primera edición: octubre del 2000

© Hernán Chaverra Gil

© Javier Bernal Eusse

ISBN: 958-9328-26-1

**Edición, diagramación electrónica,
impresión y encuadernación: Tercer Mundo Editores**

**Impreso y hecho en Colombia
Printed and made in Colombia**



CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS Y FOTOS	xiii
AGRADECIMIENTO	xv
INTRODUCCIÓN	xvii

Capítulo I

CONSERVACIÓN DE FORRAJES

1. VARIACIONES ESTACIONALES	1
Características agroecológicas	1
Balances hídricos	4
Implicaciones en la producción	8
2. ESTRATEGIAS DE AJUSTE	11
3. OBJETIVO DE LA CONSERVACIÓN	12
4. FUENTES Y RESTRICCIONES	12
5. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN	13

Capítulo II

EL ENSILAJE

1. HISTORIA	15
2. OBJETIVO	15
3. RESTRICCIONES	15
4. VENTAJAS	16
5. TIPOS DE SILOS	17
Generalidades	17
Silos de plástico	18
Silos de compresión al vacío	20
Silos búnker y de trinchera	28
Silos parva	30
Horno forrajero	30

Silos montón	30
Silos en bolsas pequeñas	32
Silos torre	32
Fardos o rollos cilíndricos (henolaje)	32
6. QUÉ ENSILAR	35
Gramíneas y leguminosas	35
Cultivos temporales	38
Nuevo germoplasma	40
Otros materiales	41
Malezas	42

Capítulo III BIOQUÍMICA DEL ENSILAJE

1. MICROBIOLOGÍA	43
Taxonomía de los microorganismos	43
Microflora epifítica	46
Cambios cuantitativos y cualitativos	49
Microbiología del ensilaje expuesto al aire	51
Listeria en el ensilaje	54
2. QUÍMICA DEL ENSILAJE	54
Compuestos objeto de cambios químicos	55
Sustancias tóxicas	59
Etapas del proceso	61
Patrón de fermentación	62
Resumen	63

Capítulo IV TECNOLOGÍA DEL ENSILAJE

1. ESTADO DE CRECIMIENTO DE LA PLANTA	65
Gramíneas perennes y leguminosas	65
Granos menores	65
Maíz	67
2. COSECHA	67
Métodos	67
Maquinaria	68
3. PRESECADO O MARCHITAMIENTO	68

4. PICADO DEL MATERIAL	75
5. ADITIVOS	76
6. LLENADO DEL SILO	80
Silos verticales	80
Silos de montón, de trinchera y horno forrajero	80
Silos de plástico	82
Silos de compresión al vacío	82
Silos en bolsas pequeñas	84
Fardos o rollos cilíndricos (henolaje)	85
Velocidad de llenado	85
7. COMPACTACIÓN	86
8. TAPADO O SELLADO	88
Fardos o rollos cilíndricos	89
9. EXTRACCIÓN O DESCARGA DEL SILO	92
10. ORGANIZACIÓN DEL PROCESO MECANIZADO	94
11. PÉRDIDAS	95
Pérdidas de materia seca	95
Pérdidas de digestibilidad	97
Pérdidas de otros componentes	97
Pérdidas totales	97
Indicadores de buen manejo	97

Capítulo V

EVALUACIÓN DE ENSILAJES

1. CARACTERIZACIÓN ORGANOLÉPTICA	99
2. VALORES DE pH	99
3. ÁCIDOS FERMENTABLES	99
4. COMPOSICIÓN NUTRITIVA	101
Materia seca	105
Nitrógeno total	106
Fibra	108
Cenizas	109
Hidratos de carbono	109
Digestibilidad de los nutrientes	110

5. CONSUMO VOLUNTARIO	110
Factores que afectan el consumo	110
Predicción del consumo	114

Capítulo VI

POTENCIAL PRODUCTIVO DE LOS ENSILAJES

1. FACTORES CONDICIONANTES	115
Contenido de materia seca	115
Digestibilidad	116
Aditivos	116
Energía suplementaria	117
Proteína suplementaria	118
2. CRECIMIENTO	118
3. MANTENIMIENTO	118
4. PRODUCCIÓN	121
Ensilajes de pastos tropicales	121
Ensilaje de maíz	121
Ensilajes de zonas templadas	126

Capítulo VII

SISTEMAS PECUARIOS DE PRODUCCIÓN

1. LA OFERTA TECNOLÓGICA DISPONIBLE	131
2. EL ENFOQUE DE SISTEMAS	131
3. CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS PECUARIOS	132
Criterios y componentes	132
4. SELECCIÓN DE SISTEMAS PECUARIOS	135
Disponibilidad de alimento	135
Intensidad de la operación	136
La raza	141
El financiamiento	142
Las metas	142
El entorno político e institucional	143
5. EL HATO NACIONAL POTENCIAL	145
BIBLIOGRAFÍA	147

ÍNDICE DE CUADROS

1.1	Caracterización general agroclimática de sitios representativos en regiones naturales	3
1.2	Efecto de la distribución de las lluvias en la producción de forraje seco y en la capacidad de carga del pasto pará, bajo condiciones naturales del Valle del Sinú	10
2.1	Datos requeridos para la construcción de un silo al vacío	23
2.2	Capacidad de la bomba de vacío para diferentes tamaños de silos	25
2.3	Tamaño de las láminas de plástico para silos de diferente capacidad	26
2.4	Ancho y altura del silo de acuerdo con el número de animales	28
2.5	Producción forraje, capacidad de carga, número y frecuencia de pastoreo o del corte de pastos gramíneas empleados en la elaboración de ensilaje	39
2.6	Producción de forraje seco, número y frecuencia de los cortes de algunas leguminosas empleadas para la elaboración de ensilaje	39
2.7	Producción de forraje de algunos cultivos temporales utilizados en la elaboración de ensilaje	40
3.1	Capacidad <i>buffer</i> de diferentes especies forrajeras	57
4.1	Efecto de la edad de corte en el patrón de fermentación del pasto <i>king grass</i>	66
4.2	Indicadores del estado del corte o la cosecha de cultivos para ensilar	66
4.3	Tipos y características centrales de las cosechadoras de forraje	71
4.4	Tipo y características de los aditamentos para el corte, la recolección y el transporte para las cosechadoras de forraje	72
4.5	Efecto y uso de la melaza, la urea, los granos, los subproductos y el estiércol en el ensilaje de pastos y forrajes	78
4.6	Efecto y uso de los ácidos minerales y de los ácidos orgánicos en el ensilaje de pastos y forrajes	79
4.7	Efecto de la velocidad de llenado sobre las pérdidas de nutrientes y patrón de fermentación del ensilaje de avena, raygras y trébol rojo	86
4.8	Efecto del tapado de silos búnker sobre las pérdidas del ensilaje	88

4.9	Pérdidas probables de materia seca en silos búnker, con gramíneas ensiladas con material cortado directamente en el campo o sometido a marchitamiento, bajo condiciones de buen manejo	98
5.1	Características organolépticas para evaluar la calidad del ensilaje	100
5.2	Características físico-químicas de ensilajes de buena y mala calidad	101
5.3	Composición nutritiva de ensilajes de pastos gramíneas y leguminosas ..	102
5.4	Composición nutritiva de ensilajes de cultivos temporales	103
5.5	Composición nutritiva de ensilajes de subproductos agrícolas y pecuarios	104
5.6	Valores promedio y rangos en proteína bruta de ensilajes de cultivos de zonas templadas y de zonas tropicales	107
5.7	Consumo diario de ensilaje por los bovinos	111
5.8	Digestibilidad de la materia seca de ensilajes de cultivos de la zona templada	112
5.9	Digestibilidad de la materia seca de ensilajes de zonas tropicales	113
5.10	Influencia del picado del material a ensilar sobre el consumo de materia seca y del patrón de fermentación	113
5.11	Efecto del patrón de fermentación sobre el consumo de ensilaje en el ganado de carne	114
6.1	Balance de nutrientes de vacas lecheras alimentadas con ensilaje de tres pastos tropicales	120
6.2	Producción de leche, consumo de materia seca y cambios de peso de vacas alimentadas con ensilaje de pangola tratado con aditivos	120
6.3	Consumo y ganancia diarios con ensilaje de pastos y forrajes tropicales, solos o con suplemento	122
6.4	Consumo y ganancia diarios con ensilaje de maíz en Colombia, suministrado solo o suplementado con otros productos	124
6.5	Respuesta a la suplementación del ganado Holstein alimentado con ensilaje de maíz en Colombia	125
6.6	Producción de leche de vacas Holstein con ensilaje de maíz solo y en mezcla con soya y girasol, suplementados con concentrados	125
6.7	Consumo y ganancia diarios de novillas lecheras de 18 a 20 meses en el Valle del Sinú, con ensilajes de sorgo y maíz	125
6.8	Consumo posible de ensilaje de maíz del ganado Holstein, según edad o etapa productiva	127
6.9	Consumo y ganancia diarios con ensilaje de maíz, sorgo y granos menores en zonas templadas	128
6.10	Consumo de materia seca y ganancia diarios con ensilajes de la mezcla de alfalfa-orchero, en diferentes estados de cosecha, sin y con suplemento energético	129

7.1	Criterios y componentes en sistemas pecuarios de producción	133
7.2	Sistemas de producción pecuaria caracterizados en la Región Valles Interandinos: Norte, Centro y Sur del Magdalena Medio, Norte y Sur del Alto Magdalena; Valle del Río Cauca, Valle del Patía	134
7.3	Aptitud de uso de las tierras en Colombia	137
7.4	Potencial ganadero del ensilaje de maíz, como alimento principal en tierras planas potenciales para la agricultura de riego o de secano	140
7.5	Potencial de producción de carne por hectárea al año con ensilaje de maíz solo o suplementado con concentrado, urea y melaza, en tierras planas potenciales para la agricultura de riego y de secano	140
7.6	Metas de producción para ganado de carne en zonas templadas	144
7.7	Potencial ganadero nacional según aptitud de uso de las tierras bajo sistemas pecuarios extensivos e intensivos, sin restricción de alimentos en época crítica	145



ÍNDICE DE FIGURAS

1.1	Balances hídricos Región Caribe	6
1.2	Balances hídricos Región de la Orinoquia	7
1.3	Balances hídricos Región Andina	9
1.4	Balace hídrico Región Valles Interandinos	10
2.1	Preparación del silo de plástico (Chiquinquirá, Boyacá)	19
2.2	Silo de plástico completamente lleno	19
2.3	Cerramiento del sistema de extracción al vacío (El Espinal, Tolima)	21
2.4	Grupo de silos de compresión al vacío (El Espinal, Tolima)	21
2.5	Esquema de un silo por compresión al vacío	24
2.6	Estructura de cemento de un silo búnker	29
2.7	Batería de silos búnker con ensilaje de maíz	29
2.8	Horno forrajero listo para llenar	31
2.9	Horno forrajero parcialmente lleno, recubierto con polietileno	31
2.10	Grupo de silos montón con avena forrajera (Sopó, Cundinamarca)	33
2.11	Silo de bolsa pequeña	33
2.12	Silos torres (Centro de Investigaciones Agropecuarias Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca)	34
2.13	Fardo cilíndrico (Mosquera, Cundinamarca)	34
2.14	Pasto elefante para corte (Sasaima, Cundinamarca)	36
2.15	Cultivo de sucrosorgo (Medellín, Antioquia)	36
2.16	Cultivo de avena forrajera en estado lechoso lista para ensilar (Sopó, Cundinamarca)	37
2.17	Alfalfa en estado óptimo para ensilar. (Cucunubá, Boyacá)	37
2.18	Kikuyo para ensilar (Chiquinquirá, Boyacá)	38
3.1	Ensilaje de alfalfa atacado por hongos, como resultado de fallas en la remoción uniforme cuando se descarga el silo	53
4.1	Corte directo de sucrosorgo para ensilar (Villavicencio, Meta)	69
4.2	Picadora estacionaria de forrajes	69
4.3	Carro forrajero de descargue automático	70
4.4	Descarga del carro forrajero (Subachoque, Cundinamarca)	70
4.5	Enfardadora de forraje	73

4.6	Envolvedora o embaladora plastificadora de fardos	73
4.7	Kikuyo guadañado listo para ensilar en fardos cilíndricos (Mosquera, Cundinamarca)	74
4.8	Adición manual de la melaza al forraje a medida que se carga el silo	81
4.9	Aplicación de melaza en un horno forrajero	81
4.10	Llenado del horno forrajero	83
4.11	Silo de plástico desechable (Mosquera, Cundinamarca)	83
4.12	Compactación del forraje de avena con tractor en un silo rústico (Sopó, Cundinamarca)	87
4.13	Rodillo utilizado para compactar la masa ensilada (Chiquinquirá, Boyacá)	87
4.14	Ensilaje de avena cubierta con plástico y bolsas de tierra para ayudar a la compresión de la masa ensilada (Bojacá, Boyacá)	89
4.15	Colocación del fardo cilíndrico en la embaladora (Madrid, Cundinamarca)	91
4.16	Fardo en proceso de embalaje (envoltura) (Madrid, Cundinamarca)	91
4.17	Pacas protegidas del ganado (Mosquera, Cundinamarca)	93
4.18	Descargue manual del ensilaje de sucrosorgo (El Espinal, Tolima)	93
5.1	Valores típicos de pH de ensilajes de gramíneas, cosechadas a diferente contenido de materia orgánica.	105
6.1	Respuesta en ganancia diaria de peso de ganado de carne de 400 kg con el incremento en la calidad del ensilaje	117

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su más profundo reconocimiento al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA, Oficina de Colombia, por su apoyo financiero para la publicación de este libro.

Sinceros agradecimientos a la doctora María Teresa Barajas S., directora editorial de Tercer Mundo Editores y a su grupo de colaboradores, por su excelente trabajo en todo el proceso.

Nuestra mayor gratitud a Melba y Sylvia, quienes siempre nos han alentado para lograr nuestros objetivos y metas.

Hernán Chaverra Gil
Javier Bernal Eusse



INTRODUCCIÓN

Este libro trata de la utilización del ensilaje en la alimentación del ganado vacuno en zonas tropicales, como método de conservación de forrajes y como estrategia de ajuste en los períodos de escasez de alimentos para mantener la producción animal durante todo el año.

En el Capítulo I se presentan balances hídricos en cuatro regiones naturales del país, como ejemplo de la gran variabilidad en la duración y severidad de los períodos críticos para la producción de pastos y forrajes; sus implicaciones y las alternativas o estrategias de ajuste para superar las deficiencias de forraje en las épocas de sequía. Este capítulo sirve de contexto para introducir el ensilaje como uno de los métodos de conservación de forrajes más adecuados para las zonas tropicales.

La historia, el objetivo, las ventajas y las desventajas del ensilaje se analizan en el Capítulo II, junto con la descripción de los diferentes tipos de silos y las características más sobresalientes de las gramíneas, leguminosas y cultivos temporales más utilizados para su elaboración.

La microbiología, la química y las diferentes etapas del proceso del ensilaje se describen con detalle en el Capítulo III. La información sobre estos temas es bastante profusa, y cuenta con excelentes trabajos de revisión y análisis. Una clara comprensión del proceso de fermentación es esencial para entender el porqué de las técnicas, la razón y causa de las pérdidas y el valor de los indicadores que caracterizan el buen manejo del proceso; estos aspectos se analizan en el Capítulo IV.

En el Capítulo V se describen las variables e indicadores más empleados para la evaluación de los ensilajes, y en el Capítulo VI se trata su potencial productivo y su contribución al crecimiento y producción del ganado vacuno.

Con base en este cúmulo de información, en el Capítulo VII se analiza la conservación de forrajes y, en particular, el ensilaje en el contexto integral de los sistemas pecuarios de producción. Para tal fin,

se discute la oferta tecnológica disponible, el enfoque de sistemas y la caracterización y selección de los sistemas pecuarios de producción. El capítulo se termina con el cálculo de un hato potencial, bajo el supuesto que se eliminarían las restricciones de alimentación en los períodos críticos.

La recolección, la selección y el análisis de la información que sirve de base a este trabajo se llevaron a cabo teniendo como prioridad las fuentes y resultados de la investigación en el medio colombiano, con el propósito de mostrar al lector, en forma coherente, la oferta tecnológica disponible sobre el tema, así como señalar los vacíos de información que es necesario llenar progresivamente mediante la investigación. Se recurrió, sin embargo, a resultados experimentales de otros países de zonas tropicales y templadas para suplir la carencia de información nacional.

Capítulo I

CONSERVACIÓN DE FORRAJES

El alimento natural para el ganado y otros animales domésticos lo constituyen los pastos y los forrajes verdes. Sin embargo, debido a las condiciones climáticas, en casi ninguna parte del mundo la producción de forrajes es constante durante todo el año. En las zonas templadas, el crecimiento de las plantas se detiene durante los meses de invierno como consecuencia de las bajas temperaturas, y en las tropicales, durante los períodos de sequía. En algunas zonas, el exceso de humedad puede ser limitante para la producción de forrajes.

En los países con condiciones climáticas extremas, se suplementa el pastoreo de los animales o se reemplaza con forrajes conservados, hasta por períodos de seis meses; lo cual significa que en los meses de crecimiento favorable de los pastos, se requiere producir el alimento necesario para todo el año, si se quiere mantener el hato y sostener los niveles de producción.

1. VARIACIONES ESTACIONALES

Las variaciones estacionales en el crecimiento de los pastos crean serias restricciones en el manejo de los animales, en la producción y en la economía de la empresa ganadera. Con el propósito de ilustrar dichas variaciones y sus posibles efectos en el crecimiento de las praderas, se presentan a continuación las características agroecológicas y balances hídricos para el cultivo de los pastos de algunas regiones del país.

Características agroecológicas

En el Cuadro 1.1 se expone la caracterización agroclimática, a partir de sitios representativos de las regiones naturales Caribe, Orinoquia, Andina y Valles Interandinos. Las estaciones meteorológicas están localizadas en zonas típicas de las áreas agroecológicas homogéneas (AAH)

Cj, Co, Fa, Me y Kd, que cubren en el país 8.365.925 hectáreas, con alturas comprendidas entre 20 y 2.547 msnm, temperaturas de 13 a 29°C y precipitaciones medias de 675 a 2.503 mm. La descripción de las áreas agroecológicas es la siguiente:

Cj. Provincias semiárida y subhúmeda (precipitación de 500 a 2.000 mm)

Tierras de las planicies aluviales de la región Caribe y Valles Interandinos (2.204.100 ha, equivalentes al 1.9% de la superficie total del país), de relieve plano, con pendientes menores de 3%. Suelos desarrollados a partir de materiales sedimentarios, de muy baja a moderada evolución, superficiales a profundos, bien drenados y de fertilidad entre moderada y alta. Tierras aptas para cultivos transitorios y permanentes de tipo comercial. En ganadería, son adecuadas para explotaciones semiintensivas o intensivas, con la aplicación de riego suplementario o conservación de forrajes, como suplemento alimenticio en las épocas secas.

Co. Provincias semiárida y subhúmeda

Tierras de la altillanura plana (Orinoquia) y de terrazas antiguas (departamento del Cesar), bajo vegetación de sabanas (3.139.350 ha, equivalentes al 2.8% del total del país), relieve plano a ligeramente ondulado, con pendientes hasta de 7%. Predominan los suelos muy evolucionados, asociados con algunos de baja evolución, desarrollados a partir de mezclas de arena y arcilla, superficiales a moderadamente profundos, bien drenados, de fertilidad muy baja y de alta saturación de aluminio. Áreas de ganadería extensiva en condiciones naturales, de ganadería semiintensiva con hatos mejorados y fertilización, e intensiva, con riego o con producción de cultivos transitorios para conservación de forrajes para las épocas de verano.

Fa. Provincia subhúmeda (precipitación 500 - 1.000 mm)

Tierras de altiplanicies en Cundinamarca y Nariño (63.700 ha, equivalentes al 0.1% de la superficie total del país), de relieve plano, con pendientes hasta de 3%. Suelos con influencia variable de cenizas volcánicas, con baja evolución, generalmente profundos, bien drenados y de fertilidad baja. Áreas aptas para cultivos transitorios de tipo comercial y ganadería intensiva.

CUADRO 1.1
CARACTERIZACIÓN GENERAL AGROCLIMÁTICA DE SITIOS REPRESENTATIVOS
EN REGIONES NATURALES

CONCEPTO	REGIONES						
	Caribe		Orinoquia		Andina		Valles Interandinos
Departamento	Córdoba	Cesar	Meta	Meta	Cundinamarca	Antioquia	Valle
Municipio	Cérete	Codazzi	Villavicencio	Pto. Gaitán	Mosquera	San José del Nus	Palmira
Clasificación ecológica ¹	bs-T	bs-T	Bh-T	bh-T/bs-T	bs-Mb	bh-T/bmh-T	bs-T
Área agroecológica ² Hectáreas	Cj 3.171.925	Cj -	Kd 1.433.750	Co 3.129.350	Fa 221.750	Me 409.150	Cj -
Estación meteorológica (centro de investigación)	Turipaná	Motilonia	La Libertad	Carimagua	Tibaitatá	El Nus	Palmira
Altitud msnm	20	130	280	160	2.547	700/1200	975
Años de registro (No.)	4	4	6	5	25	7	14
Temperatura media (°C)	28	29	27	26	13	23	24
Precipitación media mm	1122	1394	2331	1921	675	2503	1028
Precipitación excede la evapotranspiración (semanas/año)	29	28	39	33	26	44	28
Precipitación no excede la evapotranspiración (semanas/año)	23	24	13	19	26	8	24
Período de máxima evapotranspiración	Enero-Mar.	Enero-Mar.	Enero-Feb.	Enero-Mar.	Enero-Mar.	Enero-Mar.	Enero-Feb.
Período de máxima precipitación	Jun.-Julio	Sept.-Nov.	Mayo-Junio	Junio	Oct.-Nov.	Mayo-Nov.	Abril-Junio Oct.-Nov.

¹ bs-T: bosque seco tropical; bh-T: bosque húmedo tropical; bh-T/bs-T: bosque húmedo tropical transición-bosque seco tropical; bs-Mb: bosque seco montano bajo; bh-T/mh-T: bosque húmedo tropical transición-bosque muy húmedo tropical.

² "Espacios claramente delimitados, en donde interactúan variables agrofísicas poco modificables en el corto y mediano plazo (clima, morfología, material parental y suelos) bajo las condiciones técnico-sociales promedio del manejo actual, las cuales influyen en los objetivos, tendencia y desempeño del proceso de producción de cultivos y especies animales" (Instituto Colombiano Agropecuario, ICA - Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, 1985).

Me. Provincias húmeda y perhúmeda (precipitación de 1.000 a 4.000 mm anuales)

Tierras de las planicies aluviales del Valle del Cauca, Huila, Cundinamarca y Santander (174.550 ha, equivalentes al 0.2% de la superficie total del país), de relieve plano a fuertemente ondulado, con pendientes hasta de 2.5%. Suelos derivados de materiales sedimentarios, de baja a moderada evolución, superficiales a poco profundos, bien drenados, de fertilidad moderada. Áreas aptas para cultivos transitorios y permanentes. Y ganadería semiintensiva a intensiva.

Kd. Provincias húmeda y perhúmeda (precipitación de 2.000 a 8.000 mm)

Tierras aluviales en los departamentos del Meta, Valle del Cauca y Nariño (1.443.750 ha, equivalentes al 1.3% de la superficie total del país), de relieve plano, con pendientes hasta de 3%. Suelos formados a partir de arcillas y arenas, generalmente bien drenados, superficiales a poco profundos, de fertilidad baja a moderada. Localmente, están afectados por inundaciones ocasionales, *zurales* o pedregosidad. Con prácticas adecuadas de manejo, son tierras aptas para cultivos permanentes. En los departamentos de Meta y Valle se pueden establecer cultivos transitorios de tipo comercial, ganadería semiintensiva a intensiva con drenaje, riego en las épocas secas, o conservación de forrajes.

Balances hídricos

El balance hídrico es el resultado de evaluar la cantidad de agua que llega a la pradera mediante la precipitación y la cantidad que consume el pasto. De esta manera, se determina la demanda de riego o uso consuntivo del pasto y se calculan la frecuencia y la lámina que debe aplicarse como riego suplementario en las épocas críticas de crecimiento. En ausencia de riego, el balance hídrico señala con bastante precisión la longitud y la severidad de los períodos críticos en el crecimiento y producción de los pastos; consecuentemente, facilita el cálculo de las provisiones necesarias de forraje para asegurar el manejo y alimentación del hato durante las épocas de escasez.

Cuando se quieren hacer algunas predicciones del comportamiento del clima en general, y de la precipitación en particular, es conveniente señalar que dentro de los límites de los rangos de precipitación utilizados para delimitar las áreas agroecológicas homogéneas, existe

una gran variabilidad entre sitios, por lo cual es importante utilizar la información meteorológica más cercana a la finca.

Región Caribe

En la región Caribe las dos curvas de evapotranspiración corresponden a la misma área agroecológica (Cj), con una diferencia promedio de precipitación de sólo 272 mm. Sin embargo, la distribución, la longitud del período crítico y la severidad semanal para el crecimiento de los pastos son muy diferentes. En Cereté, la época crítica va desde mediados de noviembre hasta finales de abril, con quince semanas cuando prácticamente no llueve. En Codazzi, es más o menos similar, mediados de noviembre a finales de abril, pero se presenta un segundo período seco, que va de la primera semana de julio a finales de agosto, con seis semanas en que la lluvia no excede la evapotranspiración, pero cuando caen más de 10 mm de lluvias semanales. Las fincas con esta distribución de lluvias requieren provisión de forraje para dos períodos (Figura 1.1).

Orinoquia

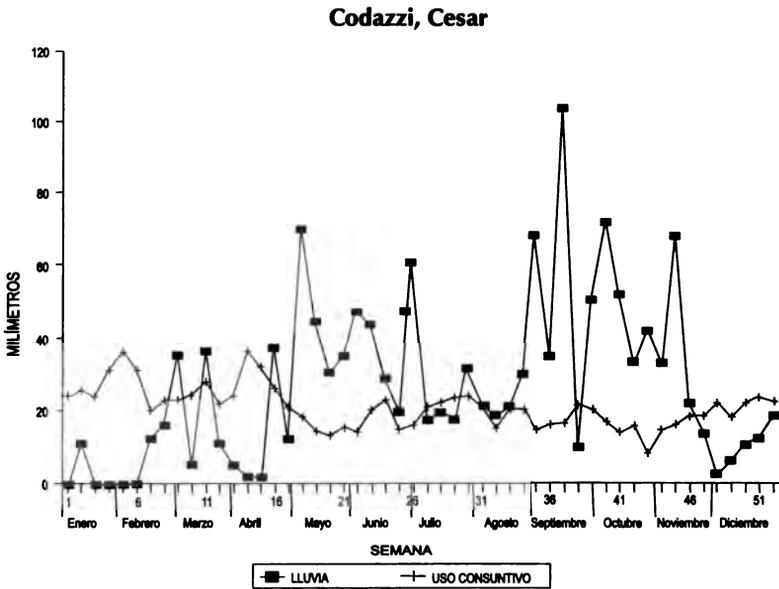
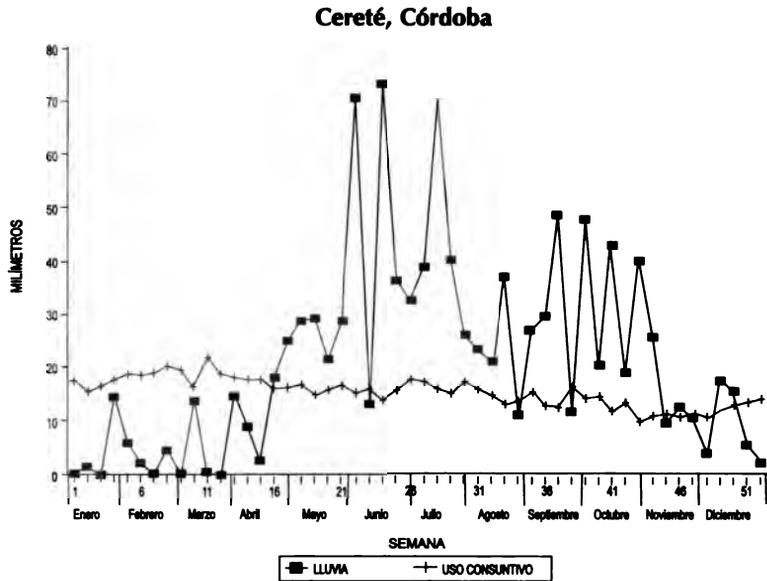
En Villavicencio, piedemonte de la Orinoquia colombiana, el período crítico va de finales de noviembre a mediados de marzo, pero sólo se tienen catorce semanas en que la lluvia no excede la evapotranspiración, y dos cuando caen menos de 10 mm. Es posible que en zonas con precipitación y distribución de lluvias similares se presenten problemas de manejo y alimentación del ganado por el exceso de humedad de los suelos y la cantidad elevada de agua en el forraje. De otra parte, el período crítico de crecimiento de los pastos puede acortarse debido al efecto residual de las aguas lluvias (Figura 1.2).

En los suelos de la altillanura bien drenada, en Puerto Gaitán, el período crítico para el crecimiento de los pastos es mucho más largo y más severo que el del piedemonte llanero. De las 19 semanas que abarca la sequía, en 15 caen menos de 10 mm de lluvia (Figura 1.2).

Región Andina

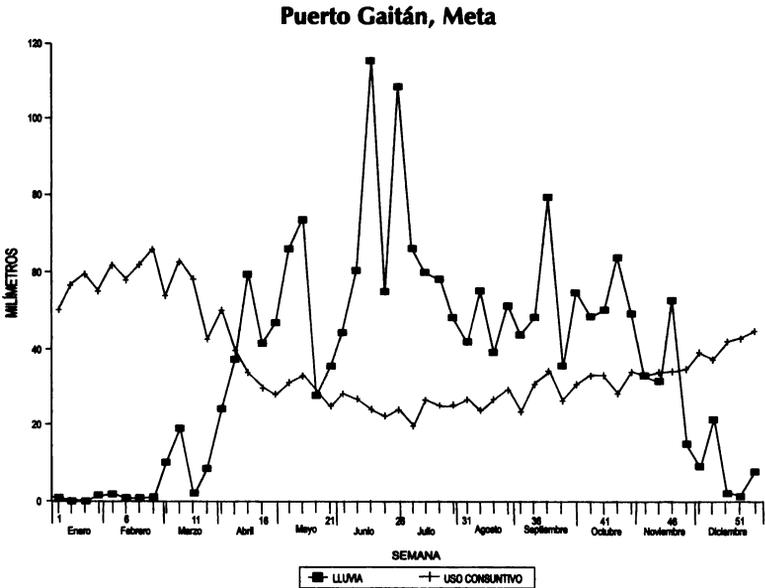
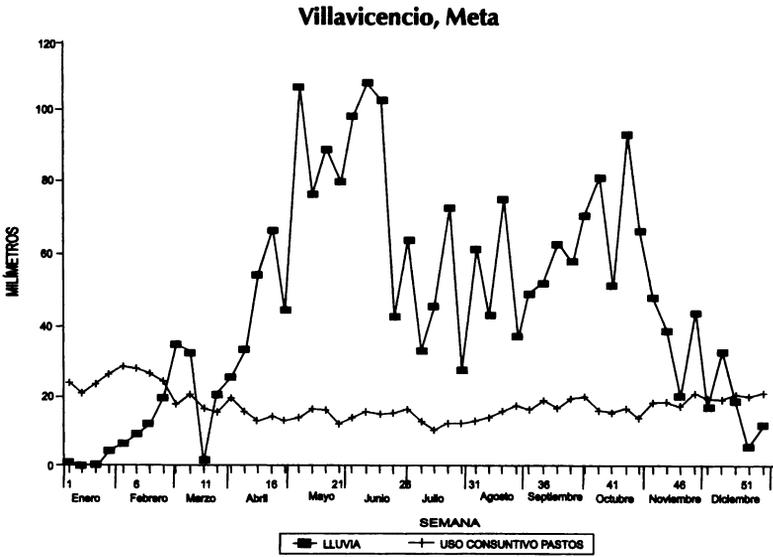
De las dos localidades señaladas para la región Andina, la de Mosquera corresponde al altiplano cundiboyacense y al clima frío colombiano, y San José del Nus, a los suelos pendientes de transición entre el clima cálido y el medio. En Mosquera se presentan dos períodos críticos

FIGURA 1.1
BALANCES HÍDRICOS REGIÓN CARIBE



Fuente: González y Valencia (1994).

FIGURA 1.2
BALANCES HÍDRICOS REGIÓN DE LA ORINOQUIA



Fuente: González y Valencia (1994).

para el crecimiento de los pastos, casi de igual intensidad. El primero, de finales de noviembre a finales de mayo, con catorce semanas con precipitaciones menores de 10 mm; el segundo, de mediados de junio a finales de septiembre, con catorce semanas críticas, siete de ellas con lluvias inferiores a 10 mm semanales. En San José del Nus, por el contrario, el período crítico se inicia a mediados de diciembre y termina en enero, con sólo ocho semanas de lluvias por debajo de 10 mm. Es probable que la eficiencia o utilidad de las precipitaciones altas en la zona se reduzca significativamente, debido a la escorrentía (Figura 1.3).

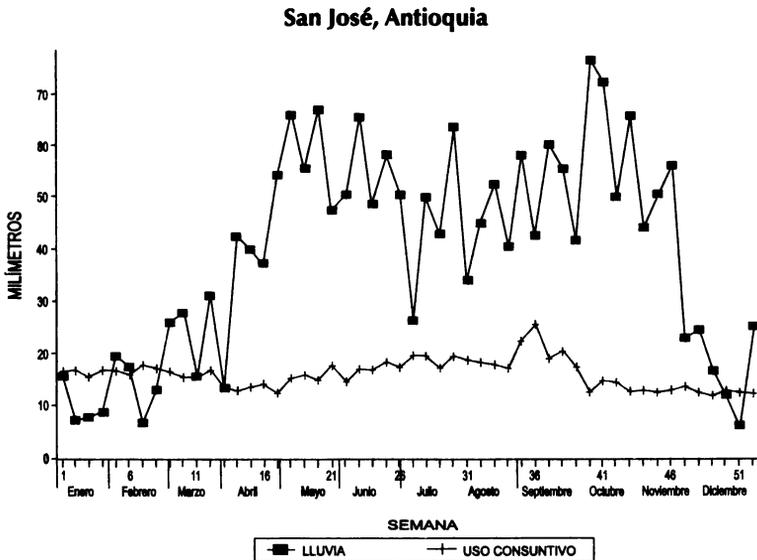
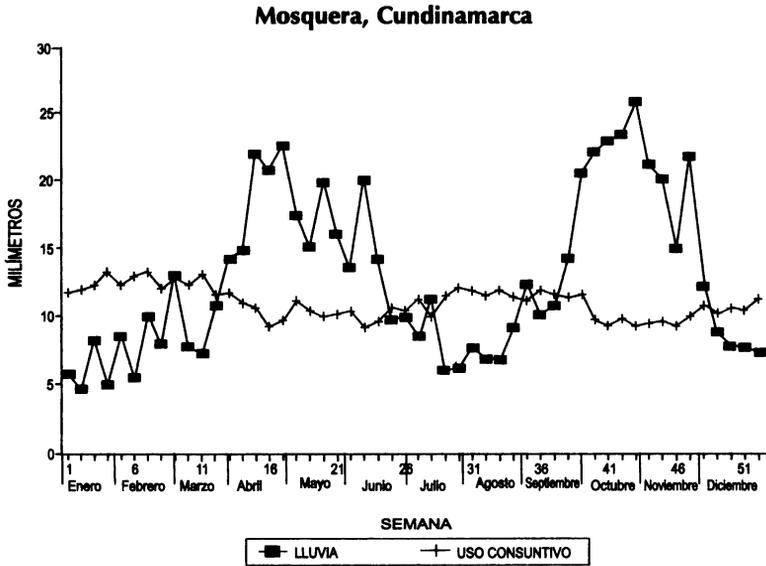
Valles Interandinos

La localidad de Palmira, en la región de los Valles Interandinos, está ubicada en el área agroecológica homogénea Cj, como Cereté y Codazzi, con una precipitación promedio en catorce años de 1.020 mm, un poco menor que la de otros sitios mencionados, pero con una excelente distribución, en dos períodos bien delimitados. El primero se inicia a finales de diciembre y termina a finales de marzo; sólo hay ocho semanas críticas para el crecimiento de los pastos, con precipitaciones semanales por debajo de 10 mm, y cinco con lluvias intercaladas de más de 20 mm semanales. El segundo período, comprendido entre mediados de junio y finales de agosto, es más severo, con nueve semanas con menos de 10 mm de precipitación. A partir de agosto suelen presentarse cinco semanas cuando la lluvia no excede la evapotranspiración, pero intercaladas con semanas de buenas lluvias (Figura 1.4).

Implicaciones en la producción

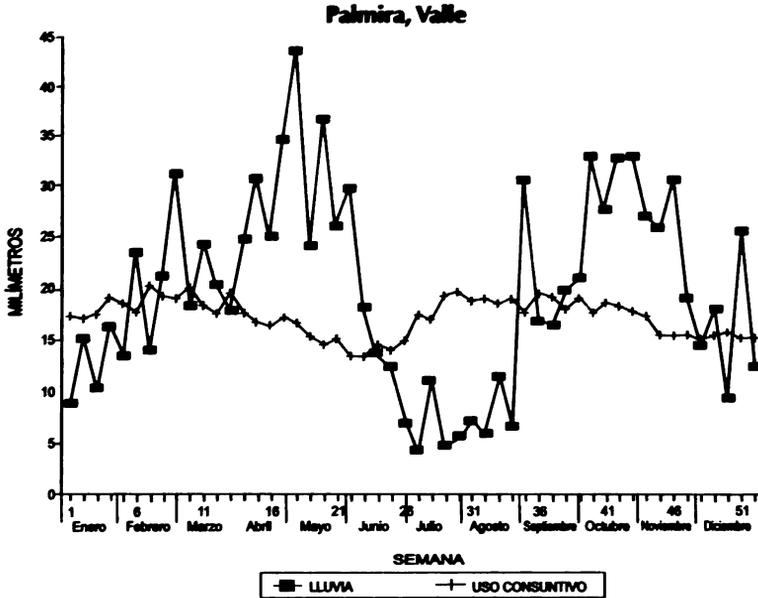
La escasez de forraje en los períodos críticos de falta de agua trae como consecuencia pérdidas de peso, retraso en el desarrollo de los animales, subutilización del potencial de razas de alto valor genético, reducción de la producción de leche en 40 a 60%, y de la capacidad de carga de las praderas, cortos períodos de lactancia, elevada proporción de vacas secas por problemas reproductivos, retardo en el desarrollo de las novillas, deficiente crecimiento de los terneros; los abortos son más frecuentes, así como la predisposición al ataque de agentes patógenos. En los períodos de sequía la producción de forraje seco puede alcanzar sólo el 18.4% de la producción total anual, aproximadamente, y el 38% de la capacidad de carga promedio anual (Cuadro 1.2).

FIGURA 1.3
BALANCES HÍDRICOS REGIÓN ANDINA



Fuente: González y Valencia (1994).

FIGURA 1.4
BALANCES HÍDRICOS REGIÓN VALLES INTERANDINOS



Fuente: González y Valencia (1994).

CUADRO 1.2
EFECTO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS LLUVIAS EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE SECO Y EN LA CAPACIDAD DE CARGA DEL PASTO PARÁ, BAJO CONDICIONES NATURALES DEL VALLE DEL SINÚ

Período y fechas	Días	Forraje seco ^a Ton/ha	Capacidad de carga ^b Animales/ha
A. Lluvioso Mediados de agosto a mediados de noviembre	93	4.45	4.7
Finales de mayo a principios de septiembre	103	6.31	6.1
B. Seco Mediados de noviembre a finales de mayo	189	2.43	1.3
Total período Agosto 17 de 1960 a septiembre 6 de 1961	385	13.19	3.4

^a Total por período después de deducir un 30% de pérdidas por pisoteo.

^b Animales de 400 kilos de peso con un consumo de 10 kg diarios de forraje seco.

Fuente: adaptado de Chaverra (1967).

2. ESTRATEGIAS DE AJUSTE

El ganadero, para afrontar la escasez de forraje en las épocas secas, de acuerdo con sus condiciones agroecológicas y económicas, ha utilizado una, varias o la combinación de las siguientes estrategias.

La más simple es la de vender parte del ganado antes de la época seca, y comprar animales para utilizar el exceso de forraje en el invierno. Esta decisión es poco práctica. La venta generalizada de ganado trae como consecuencia, dado el exceso de oferta, una reducción de los precios. A la vez, la elevada demanda de ganado cuando hay abundancia de forraje conlleva un alza generalizada de los precios.

En regiones ganaderas orientadas principalmente a la cría y la ceba de ganado de carne, las praderas se someten durante todo el año a una presión de pastoreo o capacidad de carga ajustada a la producción de los pastos en las épocas de verano. De esta manera se obvia la venta o compra de ganado en períodos secos o lluviosos. Sin embargo, una capacidad de carga por debajo del potencial forrajero de la zona subutiliza la pradera, favorece la invasión de malezas, especialmente arbustivas, y de gramíneas menos apetecibles por el ganado. La ganancia diaria por animal suele incrementarse como respuesta a la selectividad en el consumo de forraje, pero se reduce la producción por hectárea y por año.

Si en la explotación se tiene como uno de los objetivos el mantenimiento de una carga óptima, según el potencial de producción de los pastos de la zona, la aplicación de riego suplementario en épocas de sequía solucionaría radicalmente el problema de escasez de forraje para la alimentación del ganado. El empleo de esta estrategia dependerá del agua disponible, de la importancia o peso que se dé a la empresa ganadera en las fincas mixtas y de la economía en el uso del riego.

Para sólo mantener los animales en los períodos de escasez de pastos, se pueden utilizar los subproductos de la finca, como el cogollo de la caña de azúcar, las hojas, tallos y tusa del maíz, el forraje del sorgo de grano una vez cosechada la panoja, etc. Pero para alimentar animales en producción en esta época, se requiere la suplementación con concentrados, urea y melaza para compensar el bajo valor nutritivo de los forrajes.

El problema puede resolverse suministrando al ganado lechero y al ganado puro una ración diaria con base en concentrados. Sin embargo, esta práctica eleva considerablemente los costos de producción, reduce la productividad del hato y, en muchos casos, torna antieconómica la explotación.

El pasto que crece en invierno se puede conservar hasta la época seca como un "heno en pie". Este forraje que se seca en el campo puede mejorarse con un adecuado manejo y fertilización. Las pérdidas por pisoteo se reducen mediante la división de los potreros en lotes pequeños; o se suministra el pasto cortado y picado.

El manejo del pasto a finales del invierno puede contribuir en parte a sortear los problemas estacionales de la producción de forraje. Por ejemplo, sometiendo las praderas a pastoreos menos intensivos, con el fin de promover la creación de reservas de carbohidratos en las raíces, lo cual permite un crecimiento más rápido con las primeras lluvias; o utilizando intervalos más largos de pastoreo o cosecha y fertilización tardía en el invierno, para aumentar la producción de materia seca y proteína del forraje.

Finalmente, cuando el animal tiene acceso sólo al pasto que se produce de modo natural en cada época, los períodos de escasez pueden sortearse con la conservación del exceso de forraje durante las épocas favorables, en forma de heno verde, henolaje, ensilaje o forraje deshidratado.

3. OBJETIVO DE LA CONSERVACIÓN

El objetivo fundamental de conservar los pastos y los cultivos forrajeros temporales es el de cosechar y almacenar su biomasa, con pérdidas mínimas de nutrimentos, aunque por lo general el valor nutricional de los materiales conservados es más bajo que el del cultivo en el momento de la cosecha. La conservación de los forrajes está asociada a gastos de energía en forma directa y a la utilizada en la mecanización de la cosecha, el acondicionamiento del material y el suministro del ensilaje a los animales; sin embargo, la maquinaria que se utiliza para la conservación de gramíneas se puede emplear para otros cultivos forrajeros y subproductos de la finca.

En la economía de la empresa, la conservación de forrajes juega un papel estratégico, dado el alto costo de las materias primas para la elaboración de concentrados para los rumiantes, y la competencia por estas fuentes entre ellos, las especies menores y el consumo humano.

4. FUENTES Y RESTRICCIONES

La fuente más importante y predominante de forraje conservado para la producción animal la constituyen los pastos. A medida que éstos

maduran se reduce la digestibilidad de la materia seca y declina el contenido de proteína. Es decir, a medida que se incrementa el contenido de materia seca disminuye el contenido de nutrientes digeribles totales (NDT).

En cultivos muy maduros, la digestibilidad de la materia orgánica disminuye a medida que las hojas mueren y continúa decreciendo la digestibilidad de los tallos. El ganadero, por lo tanto, enfrenta el dilema de cosechar el cultivo en un estado óptimo de producción de materia seca, o en un estado de menor producción, pero con una alta calidad en términos de digestibilidad y contenido de proteína.

La decisión de sacrificar la calidad o la cantidad de forraje depende de factores tales como el método de conservación, la disponibilidad de tierra para fines de conservación de forraje y el sistema de producción de cada finca en particular.

El corte frecuente para ensilar se adapta mejor a un sistema de pastoreo rotacional, en el cual se cosechan para ensilar los potreros que no se requieren para la alimentación del ganado en un momento determinado, y que se consideran como sobreproducción. En sistemas con poca tierra o en aquellos donde se utiliza el heno, se recomienda realizar sólo unos pocos cortes para ensilar.

En sistemas de producción que no requieren rendimientos rápidos y altos de carne o de producción de leche, se acomodan bastante bien los cortes tardíos con producciones elevadas de forraje conservado, pero de inferior calidad.

Cuando el forraje cosechado es de baja calidad, y no hay otra alternativa que la suplementación con granos o concentrados, con el fin de obtener rendimientos altos y sostenidos en el tiempo, en la práctica el ganadero está comprando indirectamente tierra adicional en forma de suplementos.

5. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN

En la selección del sistema de conservación para una finca específica se deben tener en cuenta el costo de los equipos, el clima, los requerimientos de capital y el costo de los combustibles.

El ensilaje tiende a dominar en fincas ganaderas que requieren la cosecha de grandes extensiones de terreno y el almacenamiento de volúmenes considerables de forraje. Su utilización en fincas pequeñas puede ser económica cuando se comparte la maquinaria entre varias fincas o se contrata la elaboración del ensilaje, o en unidades de explo-

tación que no necesitan grandes cantidades de forraje conservado y que dependen de la mano de obra y de máquinas sencillas para cortar y picar los pastos. Otra alternativa posible es la de utilizar el ensilaje como sistema de conservación dominante y la elaboración de heno cuando el tiempo es favorable.

El ensilaje es quizá el mejor sistema de conservación de forraje en los trópicos húmedos, puesto que la henificación es por lo general poco práctica debido a las impredecibles y elevadas lluvias y a la humedad relativa alta. Además, algunas gramíneas de tallos duros no son muy aconsejables para henificar. En muchos países de Europa el uso del ensilaje ha sobrepasado al del heno.

Capítulo II

EL ENSILAJE

1. HISTORIA

La práctica del ensilaje se inició hace aproximadamente 3.000 años. En las ruinas de Cartago se descubrieron indicios del ensilaje de forraje alrededor del 1200 a.C. Sin embargo, la primera referencia sobre la conservación del forraje verde data de 1786, cuando en Italia se observó la preservación de hojas verdes en toneles de madera. En 1842 se descubrió en Londres el proceso de ensilaje de gramíneas y leguminosas en fosas, tal como se conoce hoy en día. En 1873 se introdujo su práctica en los Estados Unidos, en donde se generalizó rápidamente con el ensilaje del maíz, y en la década de 1920, con el uso del ensilaje de gramíneas y leguminosas. En Escandinavia empezó a practicarse la conservación de productos animales como fuentes de proteína en la alimentación animal: del pescado y sus desechos, desperdicios de matadero y otros subproductos. Los primeros productos que se conservaron en silos fueron los granos. Posteriormente, el uso se extendió a raíces y tubérculos y a las hierbas frescas y, finalmente, a las leguminosas.

2. OBJETIVO

El objetivo final que se busca con el proceso de ensilaje es el de preservar, en lo posible, todos o la mayoría de los nutrimentos originales de los forrajes, especialmente los componentes energéticos y proteínicos, mediante la aplicación de un método de conservación, basado en un proceso de fermentación, en el cual el material ensilado experimenta una serie de cambios bioquímicos que lo mantienen estable por largos períodos.

3. RESTRICCIONES

En el pasado se tuvieron reservas sobre el uso del ensilaje debido principalmente a los siguientes factores:

- Es voluminoso para almacenar y manejar y debe consumirse rápidamente después de retirado del silo.
- Grandes pérdidas de materia seca que ocurren bajo algunas condiciones.
- Creencia de que es un forraje con el cual no se pueden obtener niveles altos de producción de carne o leche, sin suplementarlo con granos o concentrados.
- Malos olores asociados con los ensilajes de mala calidad.
- Costos elevados de la mecanización del proceso y necesidad de un momento preciso para el corte por el estado de desarrollo del cultivo.
- Dificultades de manejo diario y de almacenamiento de cantidades grandes de un alimento voluminoso.
- Problema de los efluentes.
- Su difícil mercadeo, pues no es un producto duradero después de retirado del silo.

4. VENTAJAS

Además del conocimiento generalizado de los principios y condiciones para la elaboración del ensilaje, en la actualidad hay una mayor certidumbre sobre cómo obtener un producto de excelente calidad, gracias a las innovaciones respecto a la cosecha y el marchitamiento de los cultivos, el transporte del material, las técnicas del ensilaje y la utilización más eficiente de los aditivos.

La práctica del ensilaje tiene las siguientes ventajas:

- Como un componente de los sistemas de producción bovina, favorece el uso eficiente del suelo, de los productos, subproductos y desechos de otros cultivos; por tanto, beneficia el reciclaje de nutrientes y reduce la compra de insumos y los costos de producción.
- En tiempos de verano, escasez de forraje o exceso de lluvias, es en muchos casos el mejor complemento de la alimentación diaria de los animales, disminuye las necesidades de suplementación con concentrados, la presión en el uso del suelo en zonas marginales y los costos de mantenimiento y producción de la ganadería.
- Constituye un método práctico y económico para conservar los pastos, preservar al máximo su valor nutritivo y buena parte de la vitamina A, así como para mejorar su valor nutritivo con aditivos.

- El ensilaje es generalmente superior al heno, en términos de contenido de energía, y su preparación es menos dependiente de las condiciones climáticas.
- Permite una mejor utilización de la maquinaria y la mano de obra permanente de la finca y de la tierra arable disponible. Requiere un espacio pequeño para almacenar la cosecha.
- Cuando se usa la maquinaria apropiada se reducen las pérdidas por cosecha y manipuleo del material; asimismo, permite la utilización de una gran variedad de equipo y maquinaria para su preparación y manejo.
- Asegura durante todo el año el suministro de un alimento succulento y de calidad uniforme; permite la utilización del exceso de producción de forraje en el invierno, aumenta la capacidad de carga y la producción de leche o carne por hectárea.
- Los cultivos enmalezados pueden dar un buen ensilaje. Las semillas de especies indeseables suelen morir durante la fermentación.
- Con este tipo de conservación de forrajes no existe peligro de incendios.

5. TIPOS DE SILOS

Para conservar los forrajes en el trópico se han utilizado diversos tipos de estructuras. Los silos torre, búnker, trinchera y montón de diferente tipo han sido los más usados, pero requieren de instalaciones fijas y costosas y el empleo de maquinaria e implementos un poco sofisticados. Los silos subterráneos, de fosa y parva son poco utilizados.

Durante los últimos años se han desarrollado algunos fabricados básicamente de plástico; se llaman silos desechables de plástico y silos de compresión al vacío; los cuales requieren poca mecanización, se pueden hacer en cualquier parte de la explotación y permiten conservar desde grandes cantidades de forraje hasta raciones individuales. Cuando el tamaño de la empresa ganadera, la topografía del terreno y la disponibilidad de maquinaria propia o arrendada lo permiten, se utiliza el ensilado en fardos cilíndricos cubiertos por bolsas o películas de polietileno.

Generalidades

Antes de describir las diferentes estructuras utilizadas para el ensilaje de forrajes, se presentan algunas consideraciones generales de los silos, referidas a su localización, cualidades y materiales de construcción.

El lugar para localizar el silo debe ser tierra firme con buen drenaje. Para seleccionarlo hay que tener en cuenta el tiempo requerido para el transporte del material del campo al silo, y de éste al lugar de alimentación del ganado; la disponibilidad del equipo para extraer el ensilaje y su transporte a los comederos. No es aconsejable construirlos cerca de los sitios de habitación ni de los de ordeño.

Se requieren estructuras impermeables al aire y al agua, de paredes lisas, con resistencia a la acción de los diferentes agentes que existen en el forraje y en la masa ensilada, y a la presión del material ensilado.

Los materiales utilizados para la construcción de los silos permanentes son muy variados: ladrillo, cemento armado, bloques de cemento, madera, metal, piedras, mallas y láminas metálicas. En los silos temporales se utilizan láminas y bolsas y películas de plástico, bolsas dobles de basura y bolsas de abono.

Silos de plástico

Comprenden tipos como el silo de montón, que se hace sobre una lámina de plástico y que se cubre con otra lámina similar, sellándose en la zona en donde se ponen en contacto las dos láminas; bolsas con compactación mecánica no reutilizables, hasta bolsas de compactación manual reutilizables y desechables (Figuras 2.1 y 2.2).

El silo de montón cubierto con plástico es el más económico y versátil por el tamaño, pues permite utilizar cualquier exceso de forraje que se presente, sin importar la cantidad; los plásticos se pueden utilizar varias veces, si se manipulan adecuadamente, y se pueden construir en cualquier lugar de la explotación. Si se compactan debidamente y se elimina la entrada de agua y aire mediante un buen sellado y cubrimiento del montón, las pérdidas de ensilaje son generalmente inferiores al 5%.

El silo desechable consta básicamente de una bolsa de plástico con capacidad variable, entre 100 y 200 toneladas, y de una máquina compactadora acondicionada al tractor, que llena la bolsa y la compacta a razón de una o dos toneladas por minuto, dependiendo de la presión que se quiera poner al material. Una vez llena se sella y posteriormente se abre un extremo para retirar las cantidades requeridas.

Con este sistema se evitan al máximo las pérdidas, se realiza la labor rápidamente, el equipo es portátil, de gran versatilidad y se opera con el tractor. Sin embargo, el costo de la máquina compresora es alto, así como el costo de las bolsas de plástico que sólo se pueden utilizar

FIGURA 2.1
PREPARACIÓN DEL SILO DE PLÁSTICO (CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ)



FIGURA 2.2
SILO DE PLÁSTICO COMPLETAMENTE LLENO



una vez; además se requiere una gran disponibilidad de forraje para llenar una bolsa en tiempo corto. Este tipo de silo presenta mayores ventajas para conservar cantidades grandes de forraje en explotaciones intensivas, medianas y grandes.

En el trópico, es frecuente que las bolsas de plástico se rompan después de un tiempo determinado, exponiéndose el ensilaje a la intemperie, con el consiguiente peligro de pérdidas del material. La causa de esta ruptura espontánea no se ha determinado. Se ha atribuido, sin mucho fundamento técnico, al tipo de radiación predominante en estas zonas, a los cambios bruscos de temperatura que se presentan, o a la aplicación de presiones inadecuadas durante el llenado del silo.

En explotaciones medianas, especialmente para alimentar grupos pequeños de animales, se utilizan bolsas de plástico, bolsas dobles de basura y bolsas de abono previamente lavadas. Para facilitar el drenaje de los efluentes se practica en la parte inferior de la bolsa una perforación que luego se tapa con cinta adhesiva.

Silos de compresión al vacío

Son depósitos de plástico de tamaño variable sobre los cuales se coloca el forraje y se extrae el aire mediante la utilización de una bomba de vacío. La tecnología se conoce como silo español o silo de compresión al vacío. Consiste en el empleo de bolsas plásticas individuales, preferiblemente de color negro, calibre 400 a 800, es decir, de más de 0.1 mm de espesor, y con capacidad que puede variar entre 20 y 50 toneladas.

Silos de montón al vacío

Se trata básicamente de los silos tradicionales de montón, pero con un sistema diferente de expulsión del aire (Figuras 2.3 y 2.4). El tamaño fluctúa entre 5 y 25 toneladas y aun más.

Para fabricar un silo de este tipo se requieren los siguientes elementos:

- Lámina de plástico calibre 400 a 600 para envolver el forraje. Conviene que sea de color negro que interfiera el paso de los rayos solares a la masa ensilada. Estas láminas se fabrican hasta de un máximo de 12 metros. Para silos de tipo medio, las más utilizadas son las de 3 a 5 metros. Se necesitan dos láminas: una sirve de base al montón y la otra lo cubre.
- Cierre hermético para unir las dos láminas que conforman el silo. Consiste en dos tubos de plástico, uno exterior abierto a lo largo y

FIGURA 2.3
CERRAMIENTO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN AL VACÍO (EL ESPINAL, TOLIMA)



FIGURA 2.4
GRUPO DE SILOS DE COMPRESIÓN AL VACÍO (EL ESPINAL, TOLIMA)



cuya sección tiene forma de "C", y otro más delgado que encaja perfectamente en el primero. Entre ambos se colocan los extremos de las láminas de plástico, que quedan presionadas una contra la otra.

- Un tubo de 3 a 4 centímetros de diámetro para extraer el aire del silo. Debe ser suficientemente fuerte para que no colapse al efectuar el vacío. Se coloca una parte dentro del silo y la otra fuera de él. La que va dentro tiene agujeros laterales de un centímetro de diámetro, aproximadamente, por los cuales se lleva a cabo la aspiración del aire que hay dentro de la masa de forraje. La distancia entre los agujeros es de 10 a 20 centímetros.
- Máquina de vacío, que puede ser un descompresor o una máquina de ordeño mecánico.
- Cinta adhesiva para tapar herméticamente los pequeños agujeros que pueden aparecer en el plástico o en sus uniones.
- El tamaño de la lámina de plástico y la capacidad de la bomba de vacío deben ser adecuados al peso del forraje que se va a ensilar, para extraer el aire lo más rápido posible (aproximadamente dos horas).

Construcción

Para construir este tipo de silos se requiere, en primer lugar, tener en cuenta los datos que se presentan en el Cuadro 2.1 y seguir el procedimiento siguiente:

- ◆ Poner una capa de arena o de paja blanda en el suelo, con la cual se protege el plástico.
- ◆ Extender encima una de las láminas de plástico. Para calcular el tamaño de ésta, se tendrá en cuenta que su longitud y anchura deben ser 50 centímetros mayores que las que ha de tener el silo una vez terminado.
- ◆ Colocar el forraje encima de la lámina, formando progresivamente un montón y teniendo la precaución de dejar a su alrededor unos 25 centímetros de lámina de plástico sin cubrir de pasto, los cuales se utilizarán para cerrar el silo.
- ◆ La altura final del montón será tal que, al cubrirlo con la lámina superior, sobren unos 25 centímetros de plástico por todos los lados, para hacer el cierre.
- ◆ El tubo de aspiración debe colocarse entre el forraje, a unos 20 centímetros de la cresta del montón.
- ◆ Después, se cubre todo con la lámina superior de plástico.

CUADRO 2.1
DATOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SILO AL VACÍO

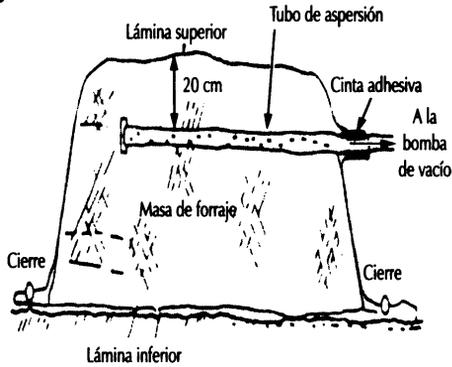
Volumen	Volumen inicial del silo: es igual, en metros cúbicos, al triple de la cifra que expresa el peso en toneladas. Ejemplo: silo de 10 Tm, volumen = $3 \times 10 = 30$ metros cúbicos.
Altura	Altura normal del montón sin comprimir: 2.75 metros.
Pérdida de altura tras la compresión	50%
Altura máxima del montón comprimido	2 m
Aire: volumen normal de aire a evacuar	1/3 del volumen inicial.
Tiempo medio de evacuación del aire	Dos horas
Bomba	Capacidad de la bomba de vacío para evacuar el aire en dos horas

Fuente: Bernal (1991).

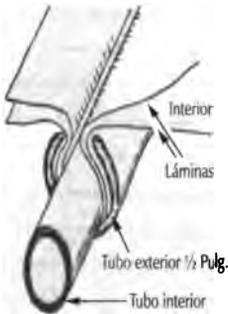
- ◆ Se da salida a la tubería de aspiración por un punto de esta lámina, y se fijan los bordes de la abertura al tubo, por medio de cinta adhesiva.
- ◆ Se procede a cerrar el silo, siguiendo todo su contorno, de tal manera que se cojan los bordes de las láminas superior e inferior, entre los dos tubos que forman el cierre.
- ◆ Se pone en funcionamiento la bomba de vacío (Cuadro 2.2).
- ◆ Cuando el plástico se ha pegado bien a la masa de forraje, se detiene la máquina, con el fin de descubrir los pequeños agujeros que puedan originarse y que producen un silbido característico.
- ◆ Después de reparados, se vuelve a poner en marcha la máquina al vacío, y se hace funcionar hasta que la altura del montón no se reduzca. Entonces, se desconecta la máquina y se cierra herméticamente la boca del tubo. Con ello queda terminado el silo (Figura 2.5).
- ◆ Al cabo de unas horas, se observa que el silo se hincha, debido al anhídrido carbónico formado. Esto no debe preocupar porque desaparece poco a poco. Si se acumula líquido en la parte más baja del silo, se pincha para darle salida, y después se repara la abertura con cinta adhesiva.

FIGURA 2.5
ESQUEMA DE UN SILO POR COMPRESIÓN AL VACÍO

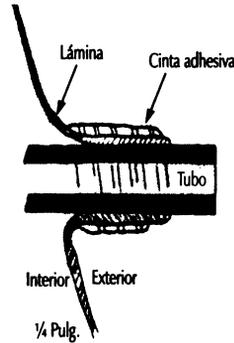
1. Esquema del silo



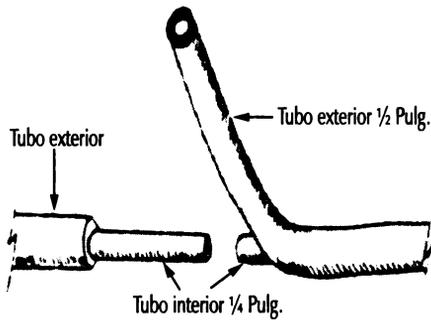
2. Cierre hermético



3. Unión con el tubo de vacío



4. Terminación del cierre



CUADRO 2.2
CAPACIDAD DE LA BOMBA DE VACÍO PARA DIFERENTES TAMAÑOS DE SILOS

Toneladas	Volumen de aire a evacuar	m ³ /hora	m ³ /min
10	10	5	0.08
20	20	10	0.17
30	30	15	0.25
40	40	20	0.33
50	50	25	0.41
60	60	30	0.50
70	70	35	0.58
80	80	40	0.66
90	90	45	0.75
100	100	50	0.82

Fuente: Bernal (1991).

Láminas de plástico

Para una sola utilización, basta con una lámina de calibre 400. Si se quiere volver a usar, debe ser de calibre 600-700. Si el forraje es tierno y bien picado, se pueden usar calibres menores que si el forraje tiene tallos punzantes. En climas muy cálidos se utiliza polietileno negro o blanco.

Para calcular el tamaño necesario de las láminas de plástico para silos de dos metros de altura inicial y sección trapezoidal (base inferior con un metro más de longitud que la superior), de acuerdo con el peso en toneladas del forraje, se puede utilizar del Cuadro 2.3. Por ejemplo: silo de 50 toneladas: lámina inferior de 6 m de ancho por 16 m de longitud, lámina superior de 9 m de ancho por 19 de longitud.

Las cifras del Cuadro 2.3 son aproximadas, pues el estado del forraje hace variar mucho su densidad aparente. Por otra parte, dada una parcela determinada, el aforo de forraje a ensilar es también aproximado.

De igual manera, el ancho de la lámina superior varía según tamaños comerciales. Para alturas iniciales de 2 m, debe tener un ancho y una longitud superiores en 3 m a la lámina inferior. Se considera como ancho máximo 12 m (tamaños comerciales). Para medidas superiores deben unirse dos láminas. Puede hacerse la unión con tubo de cierre,

CUADRO 2.3

TAMAÑO DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO PARA SILOS DE DIFERENTE CAPACIDAD

Tm	Láminas		Tm	Láminas	
	Inferior	Superior		Inferior	Superior
6.5	3 x 6	6 x 9	64	7 x 17	10 x 20
8	3 x 7	6 x 10	68	7 x 18	10 x 21
9	3 x 8	6 x 11	70	8 x 16	11 x 19
11	3 x 9	6 x 12	72	7 x 19	10 x 22
14	4 x 8	7 x 11	74	8 x 17	11 x 20
16	4 x 9	7 x 12	76	7 x 20	10 x 23
18	4 x 10	7 x 13	78	7 x 21	10 x 24
				8 x 18	11 x 21
20	4 x 11	7 x 14	84	8 x 19	11 x 22
22	4 x 12	7 x 15	88	8 x 20	11 x 23
24	5 x 10	8 x 13	91	9 x 18	12 x 21
27	5 x 11	8 x 14	93	8 x 21	11 x 24
29	5 x 12	8 x 15	96	9 x 19	12 x 22
32	5 x 13	8 x 16	98	8 x 22	11 x 25
34	5 x 14	8 x 17	101	8 x 23	11 x 26
				9 x 20	12 x 23
37	5 x 15	8 x 18	107	8 x 24	11 x 27
	6 x 12	9 x 15		9 x 21	12 x 24
40	6 x 13	9 x 16	112	9 x 22	12 x 25
43	6 x 14	9 x 17	117	9 x 23	12 x 26
47	6 x 15	9 x 18	122	9 x 24	12 x 27
50	6 x 16	9 x 19	128	9 x 25	12 x 28
52	6 x 17	9 x 20	133	9 x 26	12 x 29
	7 x 14	10 x 17			
56	6 x 18	9 x 21	138	9 x 27	12 x 30
	7 x 15	10 x 18			
60	7 x 16	10 x 19			

Fuente: Bernal (1991).

o emplear láminas termosoldadas; en este caso, debe tenerse en cuenta la posibilidad de puntos de fuga, los cuales se taparían con cinta adhesiva. Las dimensiones de la base son inferiores en 0.5 m en la periferia del montón, con el fin de poder efectuar el cierre.

Los datos del Cuadro 2.3 corresponden a una altura inicial de 2 m. Para otras, o para montones más cortos o más largos, se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

Lámina inferior:

A = ancho en metros L = longitud en metros
 Peso en Tm del montón:

$$P = \frac{(A - 1)(L - 1)}{3} \times h \quad \text{h es la altura en metros}$$

Lámina superior:

Ao = ancho = A + 2h - 1 m
 Lo = longitud = L + 2h - 1 m

De acuerdo con los datos que se dan para formas del montón, la relación longitud-ancho en la base oscila entre 2 y 3 m. Los montones largos ofrecen mayor resistencia al viento, pero los cortos necesitan láminas anchas, a veces difíciles de encontrar.

Cuando el Cuadro 2.3 no incluye el peso exacto que se quiere ensilar, se toma el inmediato superior. Ejemplo: para un silo de 55 ton se usan los datos que figuran para 56 ton. Si en vez del cuadro se utilizan las fórmulas, y los anchos resultantes incluyen fracciones de metro, se usarán láminas del ancho comercial inmediatamente superior. Ejemplo: ancho de la lámina calculada 5.5 m, ancho de la lámina a utilizar 6 m.

Para que el aprovechamiento del silo se realice normalmente, y no se estropee el forraje ensilado al estar en contacto con el aire demasiado tiempo, es necesario que todos los días se corte del silo, como mínimo, una capa de 15 cm de espesor, y que los animales la consuman.

Ancho y altura del silo

En el Cuadro 2.4 se indica el ancho y altura máximos que debe tener un silo, según el número de animales que haya en la explotación. Teniendo en cuenta estos datos, el ganadero puede calcular la longitud total del silo que necesita, según el número de días que quiera suministrar ensilaje a sus animales.

Ejemplo: en una explotación donde hay 22 vacas, los silos tendrían las siguientes dimensiones:

6.5 m de ancho × 2 m de altura
 4.5 m de ancho × 3 m de altura

En estos casos, el ancho de las láminas inferiores sería de 7 y 5 m, respectivamente.

CUADRO 2.4
ANCHO Y ALTURA DEL SILO DE ACUERDO CON EL NÚMERO DE ANIMALES

Ganado que hay en la explotación	Ancho de la base del montón al hacer el silo	
	Vacas ¹	Con altura de 2 m
11	3.5	3.0
13	4.0	3.0
15	4.5	3.5
17	5.0	4.0
19	5.5	4.0
20	6.0	4.5
22	6.5	5.0
24	7.0	5.0
26	7.5	5.5
28	8.0	6.0
30	8.5	6.5

¹ Si son explotaciones lanares, las cifras de esta columna se multiplican por 10.
Fuente: Bernal (1991).

El mismo tipo de silo se elegiría para una explotación ovina en la que hubiera 200 ovejas, ya que cada vaca consume diariamente tanto ensilaje como 10 ovejas.

Silos búnker y de trinchera

Poseen estructuras longitudinales abiertas, o con puertas en los extremos, o en uno solo de ellos, y se construyen sobre el suelo o en subterráneos. De acuerdo con el material de sus paredes o su revestimiento interior, se consideran temporales o permanentes. Para facilitar la compactación y evitar la erosión, las paredes laterales tienen una ligera inclinación, pisos de grava y un canal central para mejorar el drenaje interior, y zanjas alrededor de la estructura para impedir la penetración de aguas lluvias (Figuras 2.6 y 2.7).

La longitud del silo depende del tiempo que se utilizará el ensilaje, y el ancho o corte transversal, de la cantidad que se va a consumir diariamente. La altura varía entre 1.8 y 3 metros y su capacidad corresponde al cálculo del volumen de un trapecio:

FIGURA 2.6
ESTRUCTURA DE CEMENTO DE UN SILO BÚNKER



FIGURA 2.7
BATERÍA DE SILOS BÚNKER CON ENSILAJE DE MAÍZ (CENTRO DE INVESTIGACIÓN,
PALMIRA, VALLE DEL CAUCA)



$$\frac{b_1 + b_2}{2} \times h \times l = \frac{\text{base inferior} + \text{base superior}}{2} \times \text{altura} \times \text{largo}$$

Los silos de trinchera se construyen en las laderas, con la longitud que permita la pendiente del suelo. La fosa se excava con un tractor o buldócer y el acabado se realiza con pico y pala, dejando una inclinación del 25%. La parte alta de la trinchera puede quedar con desnivel suave o con un corte vertical; el extremo inferior abierto y con una compuerta.

En los silos búnker el ancho de las paredes se consigue con un vaciado de concreto de 15 a 20 centímetros de espesor.

Silos parva

Este silo se considera el más primitivo, rudimentario y económico. Para su construcción no se requiere estructura previa. Simplemente se traza en una superficie plana y bien drenada un rectángulo de área variable. En cada uno de los ángulos se clavan postes de 6 metros de alto y 12 centímetros de diámetro. El forraje se coloca en capas tramas superpuestas, hasta alcanzar una altura de 4 a 5 metros.

En este tipo de silos se generan temperaturas hasta de 50°C, razón por la cual casi siempre se produce un ensilaje oscuro, de buen color pero pobre en proteína y bajo en digestibilidad.

Horno forrajero

El llamado en Centroamérica horno forrajero es un silo rústico y económico para fincas pequeñas. Consiste en un hueco en el suelo de forma rectangular, con pisos y paredes de tierra, las cuales pueden dejarse desnudas o recubrirse con polietileno o con el mismo material que se ensila. Se recomienda una base inferior de 2 m, una superior de 2.5 m, una altura (profundidad) de 1 m y una longitud variable, con una pendiente del 5%, con canales laterales para evitar la entrada de las aguas lluvias (Figuras 2.8 y 2.9).

Silos montón

Este tipo de silos no requiere materiales de construcción. Sobre una superficie plana, con ligera pendiente, apisonada o en cemento, se amontonan y compactan las capas del material picado (Figura 2.10).

FIGURA 2.8
HORNO FORRAJERO LISTO PARA LLENAR



FIGURA 2.9
HORNO FORRAJERO PARCIALMENTE LLENO, RECUBIERTO CON POLIETILENO



Silos en bolsas pequeñas

En una bolsa de polipropileno, como la de los fertilizantes o la de los concentrados, se introduce una bolsa de polietileno, por ejemplo, una de basura sencilla o doble, la cual se llena de forraje picado, compactando bien el material. En una bolsa normal de fertilizantes se pueden ensilar 35 kg de forraje bien compactado (Figura 2.11).

Silos torre

Estructuras verticales, solas o en batería, provistas de techo, de escalera y de canal exterior para facilitar el descargue, con paredes fuertes, impermeables, lisas y bien aplanadas, para facilitar la compactación, reforzadas con arcos metálicos exteriores para que resistan la presión lateral del material ensilado, la cual aumenta con la profundidad. Con el fin de resistir la acción de los ácidos, las paredes interiores se protegen con asfalto, pinturas a base de caucho, yeso, cemento o aceite de linaza cocido; no se recomiendan las de base de plomo; los cimientos deben ser fuertes, resistentes y bien drenados para evacuar los líquidos (Figura 2.12).

El diámetro del silo depende de la cantidad de ensilaje que se consumirá diariamente y del tiempo que se va a utilizar. La altura no debe ser inferior a dos veces, ni superior a cuatro la longitud del diámetro. Su capacidad corresponde al cálculo del volumen de un cilindro:

$$\frac{\pi d^2}{4} \times h = \frac{\text{diámetro} \times \text{diámetro}}{4} \times 3.14 \times \text{altura}$$

Fardos o rollos cilíndricos (henolaje)

El ensilado en pacas o fardos requiere un manejo más cuidadoso que el empleado en el ensilaje del forraje picado en los silos convencionales. No se necesitan estructuras permanentes, pero sí maquinaria especial para formación de los rollos: enfardadoras que sirven para forraje con alto contenido de humedad y formación de fardos de tamaño variable, y envolvedoras o embaladoras para cubrir los fardos cuando esta labor se hace con láminas adhesivas y elásticas de polietileno (Figura 2.13).

En Colombia no se acostumbra elaborar el heno verde. Se prepara igual a los fardos de henolaje, pero se enfarda cuando la humedad es del 30 a 35%; al hacerlo, se aplica una mezcla de ácido cítrico y ácido propiónico. No se envuelve en plástico, se conservan las pacas al medio ambiente pero bajo techo. Queda de un color verde brillante, con

FIGURA 2.10
GRUPO DE SILOS MONTÓN CON AVENA FORRAJERA (SOPÓ, CUNDINAMARCA)



FIGURA 2.11
SILO DE BOLSA PEQUEÑA



FIGURA 2.12
SILOS TORRES (CENTRO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS DE TIBAITATÁ,
MOSQUERA, CUNDINAMARCA)



FIGURA 2.13
FARDO CILÍNDRICO (MOSQUERA, CUNDINAMARCA)



excelentes características organolépticas (color, olor, gustosidad, etc.) Parece un sistema altamente promisorio. Usa la misma maquinaria que el henolaje, menos la envolvedora.

6. QUÉ ENSILAR

Si se dispone de algún tipo de mecanización e infraestructura de silos, se puede ensilar todo exceso de forraje o material poco estable al aire, que tenga o se le agreguen suficientes carbohidratos solubles. Sin embargo, debido a ciertas características particulares, algunas especies y subproductos de cultivos de la agroindustria se utilizan con mayor frecuencia.

Gramíneas y leguminosas

Los climas templados y cálidos ocupan alrededor del 80% del área del país y en ellos se concentra la mayor parte de la ganadería. En sus suelos, muy variables en fertilidad, se han ensayado numerosas especies para ensilar, las cuales exhiben características especiales en cuanto a velocidad de crecimiento bajo condiciones climáticas desfavorables, alta producción de forraje de calidad aceptable en períodos relativamente cortos, facilidad para la siembra, cosecha y manejo, buena digestibilidad, porte alto, aceptación por el ganado, resistencia a plagas y enfermedades, competitividad con las malezas, algunas de ellas de buena capacidad de recuperación después del corte (Figuras 2.14 a 2.18). Dentro de este grupo se destacan la caña forrajera, el elefante, el king grass, el imperial, el sudán, el sorgo forrajero, el guatemala y algunas variedades de guinea. Dentro de las leguminosas, la alfalfa, el kudzú, el frijol terciopelo, la canavalia y otras leguminosas arbustivas, como el matarratón, la leucaena y el guandul.

En el clima frío, donde predomina la ganadería de leche con razas especializadas, se utilizan para ensilar, además del maíz y otros cultivos temporales, la avena forrajera y el *Phalaris*; y leguminosas como la alfalfa, la arveja forrajera y las vezas.

Los Cuadros 2.5 y 2.6 muestran las gramíneas y leguminosas de uso más frecuente en nuestro medio, como material para ensilar, con información sobre producción de forraje seco por hectárea/año bajo condiciones naturales y potencial de producción con buen manejo, fertilización y aplicación de riego; capacidad de carga, número y frecuencia de corte o pastoreo. Los rangos reflejan promedios de respuesta a diferentes condiciones de fertilidad de suelos, adaptación y manejo. Esta lista no excluye el uso de otras especies comúnmente utilizadas para el pastoreo.

FIGURA 2.14
PASTO ELEFANTE PARA CORTE (SASAIMA, CUNDINAMARCA)



FIGURA 2.15
CULTIVO DE SUCROSORGO (MEDELLÍN, ANTIOQUIA)



FIGURA 2.16
CULTIVO DE AVENA FORRAJERA EN ESTADO LECHOSO LISTA PARA ENSILAR (SOPÓ, CUNDINAMARCA)



FIGURA 2.17
ALFALFA EN ESTADO ÓPTIMO PARA ENSILAR. LOS REBROTOS DE LA BASE TIENEN DE 5 A 7 CM DE ALTURA (CUCUNUBÁ, BOYACÁ)

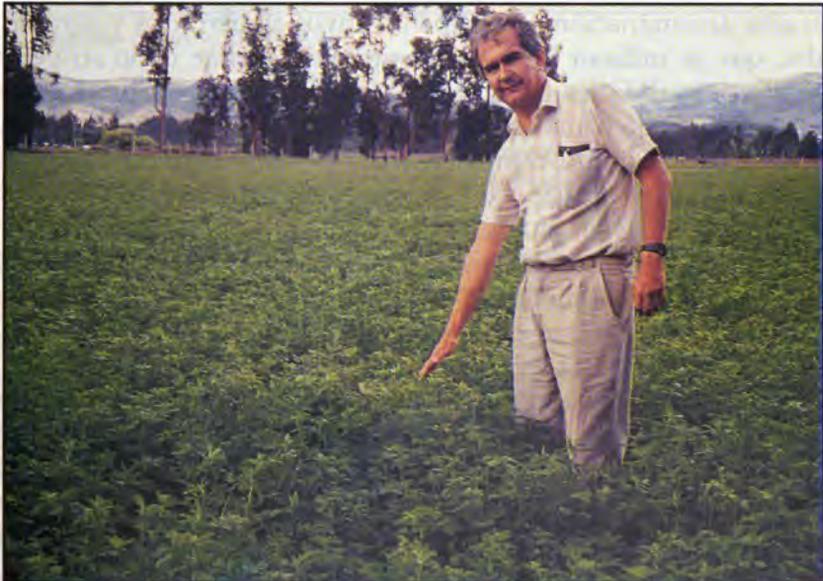


FIGURA 2.18
KIKUYO PARA ENSILAR (CHIQUEQUIRÁ, BOYACÁ)



Cultivos temporales

Bajo esta denominación se agrupan cultivos alimenticios y agroindustriales, que se utilizan frecuentemente para ensilar, dado su período vegetativo, facilidades de mecanización, volumen de producción y calidad del forraje (Cuadro 2.7).

En los climas cálido, templado y frío el maíz se utiliza usualmente como forraje para ensilar. Con las variedades precoces pueden realizarse dos cosechas en el año agrícola, lo cual le da a este cultivo un gran potencial en sistemas pecuarios de producción, cuya alimentación se basa principalmente en pastoreo y ensilaje; pastoreo, granos y ensilaje; ensilaje y subproductos conservados, y sólo ensilaje.

El ensilaje de los tubérculos de papa es bastante importante en los países con sobreproducción estacional o donde se descartan para el mercado los tubérculos muy grandes o muy pequeños, aquellos con daños fisiológicos o mecánicos, o afectados por plagas o enfermedades. Los tubérculos se pueden ensilar crudos o cocidos, solos o mezclados con otro tipo de material, para reducir su humedad excesiva. Una vez lavados se parten en tajadas o se pican para facilitar la compactación.

CUADRO 2.5

PRODUCCIÓN DE FORRAJE, CAPACIDAD DE CARGA, NÚMERO Y FRECUENCIA DE PASTOREO O DEL CORTE DE PASTOS GRAMÍNEAS EMPLEADOS EN LA ELABORACIÓN DE ENSILAJE

Clima y nombre común	Nombre científico	Forraje seco Ton/Ha/año		Capacidad de carga Animales/hectárea		Pastoreos o cortes	
		Condiciones naturales	Potencial	Condiciones naturales	Potencial	Frecuencia (días)	
Clima cálido Pastoreo: Angletón Brachiaria Estrella Pangola Corte: Elefante King grass Caña forrajera Guatemala	<i>Dicanthium aristatum</i> , Benth	8 - 10	20 - 30	1.0 - 2.5	5.0 - 5.6	42 - 48	
	<i>Brachiaria decumbens</i>	18	25	1.5 - 2.0	4.0	40 - 60	
	<i>Cynodon nlenfuensis</i> , Vanderyst	-	35 - 40	-	-	42 - 49	
	<i>Digitaria decumbens</i> , Stent	3.5 - 4.0	24	1.5	4.0 - 6.5	35 - 42	
	<i>Pennisetum purpureum</i> , Schumach	18 - 20	40 - 60	3 - 5	10 - 15	50 - 70	
	<i>Pennisetum hybridum</i>	-	60 - 80	-	15 - 20	45 - 60	
	<i>Sacharum officinarum</i>	-	90	-	22	70 - 80	
	<i>Tripsacum laxum</i> , Nash	-	90 - 50	-	-	42 - 84	
	Clima medio Imperial	<i>Axonopus scoparius</i> (Fluegge) Hitch	8 - 14	20 - 22	4.7	11.9	42 - 56
	Clima frío Ray grasses Tetrand 120 Tetrand 30 Italiano (Gulf)	<i>Lolium multiflorum</i> , Lan	-	56 - 66	-	-	28 - 40
		-	44 - 63	-	-	28 - 40	
		-	51 - 78	-	-	28 - 40	
Azul orchoro Kikuyo	<i>Dactylis glomerata</i> <i>Pennisetum clandestinum</i> , Hoechst	13.5 - 22.5	18 - 36 20	1.4 - 1.8	3.0 - 4.0 3.75	35 - 42 42 - 56	

Fuente: adaptado de Bernal (1991).

CUADRO 2.6

PRODUCCIÓN DE FORRAJE SECO, NÚMERO Y FRECUENCIA DE LOS CORTES DE ALGUNAS LEGUMINOSAS EMPLEADAS PARA LA ELABORACIÓN DE ENSILAJE

Clima y nombre común	Nombre científico	Forraje seco Ton/Ha/año	Pastoreos o cortes
		Potencial	Frecuencia (días)
Clima cálido Guandul Acacia forrajera Kudzu Frijol terciopelo	<i>Cajanus cajan</i> (L.), Millis	9 - 12	120
	<i>Leucaena</i> , spp	26	50
	<i>Pueraria phaseoloides</i> , Benth	10	120
	<i>Stizolobium deeringianum</i> , Bert	8	150 - 180
Clima frío Alfalfa	<i>Medicago sativa</i> , L.	9.4 - 25.0	45 - 60
Otras especies Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i> , (Jacq) Stud	15	

Fuente: adaptado de Bernal (1991).

CUADRO 2.7
PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE ALGUNOS CULTIVOS TEMPORALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE ENSILAJE

Cultivo	Nombre científico	Forraje verde Ton/Ha/año
Maíz	<i>Zea mays</i> , L.	40 – 60
Avena forrajera	<i>Avena sativa</i> , L.	30 – 40
Sudán	<i>Sorghum sudanense</i> , L.	60 – 250 ¹
Sorgo forrajero	<i>Sorghum bicolor</i> (L), Moench	80 – 250 ²
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i> , L.	30 – 40
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	30 – 40
Triticale	<i>Triticum</i> spp	25 – 40
Ramio	<i>Bohemeria nivea</i> (L), G	300 ³
Quinua	<i>Quenopodium quinoa</i> , W	90
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	16 – 20

¹ Seis cortes al año.

² Tres a ocho cortes al año.

³ Catorce cortes al año.

Fuente: adaptado de Bernal (1991).

Las papas cocidas producen un ensilaje con alto grado de acidez, de muy buen color y de excelente aceptación por todo tipo de ganado. Es posible mezclar papas cocidas y crudas en la misma proporción y obtener un buen ensilaje, abreviando parte de la cocción del material. Es frecuente el ensilado de la papa con otros materiales, alternando en los silos de montón capas de papa con capas de forraje, en una proporción de media tonelada de papa mezclada con tonelada y media de forraje. También se utiliza el tubérculo como fuente de carbohidratos fermentables para ensilar forrajes verdes.

Nuevo germoplasma

En desarrollo del "Plan de modernización tecnológica de la ganadería bovina en Colombia", Corpoica está ejecutando el proyecto sobre "Evaluación de cultivos forrajeros para la alimentación animal en las ganaderías del trópico bajo de Colombia". El plan, concertado con Fedegan, el Ministerio de Agricultura, el Departamento Nacional de Planeación y Colciencias, se desarrolla en cinco microrregiones de la región Caribe, siete en la de Valles Interandinos, cuatro en la Orinoquia y una en la Amazonia.

La estrategia del proyecto se sustenta en el manejo y uso eficiente de las praderas como recurso básico de la alimentación ganadera, com-

plementado con la utilización de forrajes conservados, de cultivos de alto rendimiento y buen valor productivo. Los resultados de este proyecto ampliarán la gama de especies, variedades y mezclas de gramíneas y leguminosas que podrán utilizarse en el país.

Para 1999, como resultados relevantes del proyecto se cuenta con nuevo germoplasma forrajero: brachiaria tolerante al mión de los pastos, leguminosas como el maní forrajero (*Arachis pintoi*), campanita (*Clitoria ternatea*), pega-pega (*Desmodium ovalifolium*); millo blanco panoja larga, caña forrajera, maíz forrajero Guacavía y sorgos forrajeros.

Otros materiales

En todas las explotaciones agropecuarias existen cultivos en los cuales algunas de sus partes se consideran como subproductos no comerciales o desechos, que se pueden utilizar para diferentes fines, entre ellos el ensilaje para suministrarlo a los animales. Frecuentemente estos subproductos tienen un alto valor forrajero y constituyen un recurso alimenticio considerable si se conservan del modo adecuado.

Se puede ensilar la parte aérea de hortalizas como la zanahoria, la remolacha de mesa, los rábanos forrajeros, las lechugas, los repollos, y prácticamente cualquier hortaliza que se descarte para consumo humano. En el proceso de ensilaje de estos materiales es necesario evitar la incorporación de suelo en el silo, con el fin de no favorecer la incorporación de organismos productores de ácido butírico que propician una fermentación secundaria de la masa. Para obviar el drenaje excesivo de líquidos y la pérdida de materiales, se adiciona a las hojas un material absorbente como heno o tamo de trigo.

La agroindustria de enlatados, congelados, fabricación de conservas y concentrados, genera una serie de residuos que pueden ensilarse: sobrantes de plantas, vainas vacías, partes de mazorca, residuos de la pulpa fresca y deshidratada y la cáscara de piña y de los cítricos. Para reducir su humedad, se ha tenido buen resultado ensilando una parte de pasto por seis de pulpa de fruta.

También se han ensilado los seudotallos, las hojas y los frutos del plátano y del banano. Producen un buen ensilaje los seudotallos picados y mezclados con un carbohidrato de fácil fermentación como la melaza o el salvado de trigo, así como el de banano picado y gramíneas, en partes iguales, mezclados con 1.5% de melaza.

Malezas

Muchas malezas tienen excelente contenido de proteínas, minerales y carbohidratos; por lo tanto constituyen, mediante el ensilaje, un material valioso en la alimentación animal. Aunque algunas de ellas en estado natural son tóxicas para los animales, mediante la fermentación y el aumento de temperatura durante el ensilaje se destruyen o desnaturalizan los principios tóxicos, consiguiéndose un producto inocuo para los animales.

El contenido de nitritos y nitratos, que es muy alto en algunas malezas, no se modifica en el proceso de ensilaje. Algunos compuestos que comunican mal olor o mal sabor a la leche, como los compuestos azufrados, pueden pasar a través del animal y manifestarse en el producto final. Las semillas de las malezas pierden parte de su poder germinativo cuando se someten a un medio ácido y caliente, como el interior de un silo, pero el fenómeno es parcial y un porcentaje de la semilla conserva su capacidad de germinación, favoreciéndose de esta manera su propagación.

Capítulo III

BIOQUÍMICA DEL ENSILAJE*

1. MICROBIOLOGÍA

Desde hace mucho tiempo se ha reconocido la función de las bacterias formadoras de ácido, en el proceso del ensilaje. A partir de las investigaciones realizadas con ensilaje de maíz se concluyó lo siguiente:

- Las bacterias son las principales responsables de la producción de ácido y la pérdida de azúcares.
- En los estados iniciales se produce alcohol como resultado de la actividad enzimática de las plantas y, posteriormente, por acción fermentativa de las levaduras.
- La proteólisis se inicia por la acción de las enzimas de la planta y la continua actividad microbial.
- La actividad enzimática o respiratoria libera inicialmente dióxido de carbono, pero las levaduras son responsables de la producción de este compuesto después de uno o dos días.

Los cambios iniciales en el ensilaje están determinados por el material vegetal; las reacciones posteriores dependen de la actividad microbial. Las bacterias son los principales microorganismos involucrados en estos procesos.

Taxonomía de los microorganismos

Existen cuatro grupos de microorganismos importantes en las reacciones de fermentación del ensilaje:

- Bacterias productoras de ácido láctico.
- Bacterias formadoras de endosporas (*Clostridium* y *Bacillus*).
- Bacterias coliformes.
- Hongos, levaduras y hongos filamentosos. Ocasionalmente se encuentran bacterias formadoras de ácido propiónico.

* Woolford, M.K. (1984), McDonald, P. (1981).

Bacterias productoras de ácido láctico

Este grupo de bacterias son todas gram-positivas, microaerófilas, esporógenas, usualmente sin motilidad, y fermentan los azúcares.

Existen divisiones basadas en la morfología de las células y tipo de fermentación; pueden ser homofermentativas, si transforman los azúcares completamente en ácido láctico, y heterofermentativas, cuando se forman otros productos, además de ácido láctico, principalmente dióxido de carbono.

Con el ensilaje se asocian cuatro géneros de bacterias formadoras de ácido láctico: *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* y *Pediococcus*. Los miembros de los géneros *Lactobacillus*, *Leuconostoc* y *Pediococcus* no son patógenos, mientras que algunos miembros del género *Streptococcus* pueden causar serias enfermedades en el hombre y en los animales.

La presencia de los diferentes géneros de bacterias productoras de ácido láctico y su población total dependen de la "maduración" del ensilaje. *Lactobacillus* tiende a ser el género dominante cuando el ensilaje madura.

Bacterias formadoras de endosporas

Con el ensilaje se han asociado dos géneros: *Clostridium* y *Bacillus*, ambos miembros de la familia *Bacillaceae*. Estos géneros son gram-positivos, pero se pueden volver negativos en cultivos viejos. Se diferencian porque los *Clostridium* son anaeróbicos obligados, mientras que los *Bacillus* son aeróbicos. Esta distinción no es absoluta, ya que algunos *Clostridium* pueden ser aerotolerantes y algunos *Bacillus* pueden crecer en medios anaeróbicos.

Clostridium

Es bien conocida la participación de los *Clostridium* en la fermentación del ensilaje, especialmente en las pudriciones. Existen dos tipos básicos que se diferencian de acuerdo con el sustrato que fermentan: a) los sacarolíticos, conocidos también como fermentadores de lactato, utilizan azúcares y ácido láctico y presentan una débil actividad proteolítica, y b) los proteolíticos (causantes de fermentación) atacan las proteínas y aminoácidos y presentan una baja actividad sacarolítica. Algunos tienen tanto actividad proteolítica como sacarolítica.

Se caracterizan por la forma de varilla, la habilidad para formar endosporas, la inhabilidad para producir catalasa, la motilidad, el requerimiento por condiciones anaeróbicas y la reacción gram-positiva.

Las especies de *Clostridium* predominantes en el ensilaje son: sacarolíticas: *C. butyricum*, *C. paraputrificum*, *C. sphenoides*, *C. tyrobutyricum* y *C. scatol*; proteolíticas: *C. bifermentans* y *C. sporogenes*. *C. perfringes* tiene actividad proteolítica y sacarolítica.

El *Clostridium botulinum* tipo E, que presenta algunas razas proteolíticas, y que causa una forma de envenenamiento de los alimentos que consumen tanto el hombre como los animales, no se ha reportado en forrajes o ensilajes de pastos, pero sí se ha aislado en derivados de pescado. El tipo B de este organismo se ha aislado en ensilajes de pasto elaborados en fincas donde se ha reportado botulismo del ganado.

Bacilos

Aunque se encuentran en el ensilaje, no se ha podido probar su importancia en el proceso. Algunos han sido relacionados con el deterioro del material después de abierto el silo. Tienen forma de varilla y producen catalasa. Las especies aisladas del ensilaje comprenden entre otras: *B. cereus*, *B. coagulans*, *B. circulans*, *B. pulvifaciens* y *B. subtilis*.

Bacterias coliformes

Estas bacterias son miembros de la familia *Enterobacteriaceae*, todas las cuales son gram-negativas, en forma de varilla, esporogénicas, aeróbicas a anaeróbicas facultativas, productoras de catalasa, reductora de nitratos, con frecuencia móviles; fermentan la glucosa y otros carbohidratos a ácidos. Las que se encuentran en pastos ensilados normalmente no son patogénicas. En algunos ensilajes han sido aisladas especies de los géneros *Aerobacter*, *Enterobacter* y *Escherichia*.

Hongos

No se conoce bien su importancia en el proceso de fermentación. Se les ha atribuido un papel importante en el deterioro del ensilaje expuesto al aire.

Levaduras

Estos organismos son ovalados o elípticos y generalmente se reproducen por gemación. Cuando crecen con vigor, pueden formar cadenas

semejantes a micelios fungosos. Los géneros de levaduras se clasifican de acuerdo con su habilidad para esporular o formar pseudomicelios. Las especies se identifican por su acción fermentativa u oxidativa cuando actúan sobre diferentes azúcares. Los géneros que se encuentran más frecuentemente en el ensilaje son *Torulopsis* y *Micoderma*. Se ha informado que las levaduras contribuyen a preservar los ensilajes con alto contenido de humedad.

Hongos filamentosos

Los hongos filamentosos o mohos no se consideran organismos de importancia en el proceso de ensilaje, pues tradicionalmente se han visto como organismos aeróbicos. Desempeñan un papel importante en el deterioro de la superficie del ensilaje cuando éste se encuentra abierto o mal sellado.

En diferentes tipos de ensilaje se han aislado 22 géneros de hongos filamentosos, lo cual permite inferir que posiblemente su presencia no se debe a contaminaciones producidas al azar al abrir el silo, sino a germinación de esporas que sobreviven dentro del ensilaje. Entre los géneros de hongos filamentosos más abundantes se encuentran *Absidia*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Trichoderma*.

Otras especies

Existen varios géneros de microorganismos que se pueden aislar ocasionalmente. Entre ellos se encuentran las bacterias productoras de ácido propiónico, que pertenecen al género *Propionibacterium*, son sacarolíticas y producen dióxido de carbono, ácido propiónico, ácido acético o una mezcla de ácidos orgánicos que pueden incluir ácido butírico y ácido fórmico. Es posible aislar frecuentemente de los ensilajes, especies de los géneros *Veilonella* y *Listeria*, en especial miembros del género *Listeria* que se aíslan de ensilajes de baja calidad.

Microflora epifítica

La microflora encontrada en el ensilaje es muy diferente de la encontrada en el pasto fresco. Factores como madurez de la planta, condiciones climáticas y tecnología de cosecha afectan la microflora, debido a sus efectos en la composición de la planta y la disponibilidad de nutrimentos. La contaminación ocasional puede ser importante en algunos casos.

Fuentes

- *Bacterias coliformes formadoras de ácido láctico.* La microflora de las plantas verdes es heterogénea y puede variar de forma considerable, cuantitativa y cualitativamente, mientras que las especies que proliferan durante el ensilaje son una minoría. La mayor parte de microorganismos que aparecen en las plantas verdes son bacterias y coliformes pigmentadas, aeróbicas, esporogénicas, en forma de varilla; son muy pocas las bacterias facultativas, así como las estrictamente anaeróbicas. La presencia de lactobacilos en forraje verde generalmente se debe al tiempo transcurrido entre el momento del corte de la muestra y el análisis microbiológico; durante este lapso su número puede aumentar bastante. Se ha sugerido que el bajo número de bacterias productoras de ácido láctico en el forraje fresco, se debe a la actividad antibiótica antagonística, por parte de otros componentes de la microflora.

El número de bacterias productoras de ácido láctico está influido por la cantidad de material muerto que se encuentre en el suelo, cerca de la base de los tallos, sitio donde normalmente se localizan. No se han detectado en las semillas, las inflorescencias o los rebrotes de los pastos, ni en las hojas de árboles o porciones de plantas silvestres. Son más abundantes en hojas dañadas por insectos, vainas cerca de la base de los tallos u hojas que han sido parcialmente consumidas; esta última hipótesis es bastante posible, debido a que en las zonas de tejido afectado los nutrimentos para la proliferación de las bacterias son más abundantes.

En aislamientos realizados en distintos tipos de ensilaje predominan los tipos heterofermentativos, aproximadamente 80% *Leuconostoc*, 10% *Pediococcus* y el resto *Lactobacilos*.

- *Bacterias formadoras de endosporas.* Los clostridios y los bacilos, al igual que las bacterias formadoras de ácido láctico, aparecen en números muy bajos o son imposibles de detectar en material fresco. Probablemente no constituyen parte de la microflora normal, pero los introducen durante la cosecha contaminantes procedentes del suelo. Igual ocurre con las bacterias proteolíticas.

Efecto de la madurez de la planta y de las condiciones climáticas

Se ha demostrado que la microflora epifítica tiende a aumentar al madurar la planta. La edad parece ser más importante en los rebrotes que en las plantas de primer corte.

Las bacterias productoras de ácido láctico prefieren un clima templado, ligeramente encapotado, con humedad relativa alta, calmado y con baja evaporación. Los clostridios son poco afectados por los factores climáticos. Las levaduras se favorecen bajo condiciones de tiempo húmedo, claro a encapotado y con lluvias, humedad relativa baja y poco o ningún movimiento de aire. Los hongos filamentosos se desarrollan mejor en condiciones de temperatura media a baja y sin grandes fluctuaciones, nublado y con alta evaporación.

Efecto del manejo del cultivo, la cosecha y el presecado

- *Pastoreo y fertilización con materia orgánica.* El pastoreo parece influir en la presencia de lactobacilos. Se ha aislado mayor número de bacterias en forrajes que han sido pastoreados, que en pastos cultivados exclusivamente para ensilaje.

Los microorganismos de importancia para el ensilaje, particularmente clostridios y estreptococos, son más abundantes en pastos que han recibido aplicaciones de estiércol líquido dos a tres meses antes, que en praderas que no han recibido este tratamiento.

- *Cosecha.* La población de bacterias en los forrajes, en especial las formadoras de ácido láctico, aumenta dramáticamente durante el tiempo transcurrido entre la cosecha y el momento en que el material llega al silo. Los equipos de cosecha parecen jugar un papel importante en este sentido.

Los microorganismos encontrados en el ensilaje son los mismos que se encuentran en el forraje fresco y, aparentemente, se multiplican en los jugos ricos en nutrimentos, resultantes del daño mecánico que se hace a la planta al cosecharla. También es posible que los lactobacilos se multipliquen en los jugos y partes de planta que se adhieren a la maquinaria, la cual actúa como un inoculador.

- *Presecado.* En términos generales, el marchitamiento previo no tiene un efecto significativo en la microflora del ensilaje, excepto por pequeños aumentos en el número de bacterias formadoras de ácido láctico y en las levaduras, aunque algunos autores reportan incrementos en las bacterias formadoras de ácido láctico, del orden de 7 a 17 veces la cantidad original, en un período de dos horas.

Los marchitamientos muy prolongados pueden afectar adversamente la población de microorganismos benéficos para el ensilaje, es factible que incrementen la población de aeróbicos y anaeróbicos facultativos, lo cual se manifiesta posteriormente durante el proce-

so de fermentación del ensilaje. El efecto del presecado favorece la fermentación subsecuente debido a la tolerancia relativamente alta de las bacterias formadoras de ácido láctico a condiciones de baja humedad.

Cambios cuantitativos y cualitativos

En el proceso de ensilaje se pueden distinguir dos fases diferentes en el desarrollo microbial. La primera por bacterias productoras de ácido láctico, que siempre ocurre, y la segunda por clostridios, que puede o no ocurrir. La proliferación de clostridios depende de una serie de factores, de los cuales, los principales son el contenido de materia seca y el material utilizado.

Cambios durante los primeros estados

La mayor parte de los organismos que se encuentran en el forraje fresco son aeróbicos, pero los rempazan los anaeróbicos, tanto facultativos como obligados, siempre que se establezcan condiciones anaeróbicas; una microflora gram-negativa es sustituida por una gram-positiva.

Las bacterias coliformes son activas únicamente durante los estados iniciales del ensilaje. Estos organismos se multiplican durante los primeros siete días y después disminuye su cantidad; entonces, son remplazados paulatinamente por otros productores de ácido láctico (*Streptococcus*, *Leuconostoc* y *Pediococcus*), los cuales, a su vez, son desplazados por los lactobacilos, mejores productores de ácido láctico, pero de más lento desarrollo. La velocidad de reducción de las bacterias coliformes se considera un buen estimativo de la velocidad de acidificación del ensilaje.

Tomando en cuenta el rápido crecimiento de las bacterias formadoras de ácido láctico, se puede estimar que constituyen una proporción muy considerable del número total de microorganismos viables.

Los cambios cualitativos en la microflora, particularmente en las bacterias formadoras de ácido láctico, no se deben a una mayor habilidad para crecer, sino a su capacidad de supervivencia; ésta se refiere a la tolerancia al medio ácido y al poder acidificante de los géneros involucrados. Los *Pediococcus* son generalmente más tolerantes al medio ácido que otras especies productoras de ácido láctico, lo cual parece confirmar la hipótesis de que estos microorganismos dominan la microflora después de los *cocos*. La acumulación de ácido es la respon-

sable por la detención del crecimiento de la microflora; cuando el ácido se neutraliza, el crecimiento continúa. También se ha propuesto la posibilidad de que las bacterias formadoras de ácido láctico sean antagónicas con otros microorganismos, o tengan algún efecto antibiótico que inhiba su desarrollo.

Cambios durante los estados tardíos

- *Bacterias productoras de ácido láctico.* Después de algunas semanas, el número de bacterias no es un buen indicativo acerca del estado de preservación del ensilaje. El pH es una fuente de información más confiable para determinar si se van a presentar nuevos crecimientos microbiales.

Estudios muy detallados demuestran que las bacterias homofermentativas *Lactobacillus plantarum* y *Lactobacillus curvatus* pueden predominar en ensilajes bien conservados. Cuatro días después de ensilar, el 85% de las bacterias formadoras de ácido láctico encontradas eran homofermentativas, pero más tarde fueron desplazadas por las heterofermentativas *Lactobacillus brevis* y *Lactobacillus buchneri* que llegaron a constituir hasta el 97% del total de lactobacilos. Este cambio en el tipo de fermentación se atribuye a la mayor tolerancia de los lactobacilos heterofermentativos a los ácidos y al bajo pH. La tolerancia de estos organismos al ácido láctico es notable, el cual es producido durante la fermentación heteroláctica. Algunos autores discrepan de esta teoría y sostienen que entre un ensilaje y otro existe una gran variación de la microflora productora de ácido láctico.

- *Clostridios.* La fermentación de ácido láctico a ácido butírico es la principal causa de deterioro del material durante el ensilaje, y este fenómeno conduce a la proliferación de clostridios proteolíticos. Es posible que se pueda producir ácido butírico a partir del ácido láctico, por bacterias productoras de ácido propiónico y por bacterias anaeróbicas facultativas, como algunas especies de *Bacillus*. Si las condiciones son favorables, no se puede precisar el momento en que los clostridios inician su crecimiento, pero algunos factores químicos y físicos juegan un papel importante en este respecto. Se han reportado proliferaciones de clostridios tanto en estados tempranos como en ensilajes maduros, siendo más frecuentes en los estados tardíos de fermentación del ensilaje. Los clostridios sacarolíticos son menos sensibles al pH bajo que los proteolíticos, y generalmente aparecen primero.

Calidad del ensilaje y la microflora

Una alta población inicial de lactobacilos debe conducir a la obtención de un ensilaje de buena calidad. Sin embargo, esto no se ha podido demostrar de manera concluyente. Asimismo, en los estados avanzados se espera que la microflora sea dominada por lactobacilos en los ensilajes de buena calidad, y por clostridios en los de baja calidad; pero tampoco se ha demostrado que esta sea la realidad; más aún, se ha encontrado que son similares las poblaciones de lactobacilos encontradas en ensilajes de mala calidad a las encontradas en ensilajes buenos. En los que se presenta pudrición aumenta considerablemente la población de clostridios, especialmente de los tipos lactofermentativos.

La flora que predomina en los ensilajes de buena calidad, al principio está constituida principalmente por *cocos*, indicación de la importancia de estos microorganismos en la iniciación de una rápida fermentación y de la supresión temprana de los clostridios. En general, no existe una correlación muy estrecha entre la microflora presente y el potencial de una cosecha para ser ensilada, o con la calidad del producto final.

Microbiología del ensilaje expuesto al aire

Un requisito fundamental para obtener un buen ensilaje es la total exclusión de aire, puesto que el proceso se basa en las condiciones anaeróbicas para que los microorganismos que progresan en estas condiciones inhiban la acción deteriorante de los organismos aeróbicos. La obtención y mantenimiento de condiciones anaeróbicas es difícil en la práctica, más aún cuando el silo se abre para alimentar los animales, y prácticamente imposible de alcanzar en el alimento que ya ha sido sacado del silo.

Los microorganismos aeróbicos pueden jugar o no un papel importante durante el ensilaje, dependiendo de qué tan eficiente haya sido el sellado del silo. Su función es predominante en ensilaje proveniente de silos bien cerrados, cuando el material se retira para alimentar los animales, pues en estas condiciones desaparece el factor que limitaba su desarrollo.

La importancia de los microorganismos aeróbicos en el deterioro del ensilaje sólo se apreció recientemente. Hasta hace poco se consideraba que el "moho" que se formaba en la superficie de los silos era inevitable. Hoy se concede gran importancia al sobrecalentamiento y

deterioro del silo, por lo cual se trabaja activamente en aspectos como premarchitamiento del material que se va a ensilar, ensilaje de materiales con alto contenido de materia seca y ricos en carbohidratos como maíz y cereales. Igualmente se investiga activamente en prácticas de cosecha y manipuleo del forraje, adición de preservativos, diseño de silos y manejo del ensilaje, para evitar deterioro de un material tan importante para la explotación ganadera.

A medida que aumentaba el interés por prevenir el deterioro del ensilaje, se acuñaron nuevos términos para describirlo, tales como "fermentación tardía". El uso de la palabra fermentación, en este contexto, es un contrasentido y posiblemente ha sido aceptada porque el calentamiento y la aparición de hongos da la impresión de una verdadera fermentación. El término está mal empleado, porque fermentación es un proceso anaeróbico, y el deterioro resulta de la actividad de microorganismos aeróbicos. En algunos casos, el deterioro aeróbico no va acompañado de calentamiento, especialmente en ensilajes de materiales con alto contenido de humedad, donde ésta atrapa el calor producido y por lo tanto no se detecta el aumento de temperatura, pero siempre va acompañado de pérdidas de ácidos producidos en la fermentación, proteínas y carbohidratos.

Levaduras y otros hongos

Siempre ha existido la creencia de que las levaduras, y en menor proporción los hongos filamentosos, son los principales, si no los únicos, responsables por el deterioro del ensilaje. Esta creencia se origina en el hecho de que ellos proliferan en los ensilajes expuestos al aire y que en cultivos puros pueden metabolizar ácido láctico, ácido propiónico y azúcares (Figura 3.1).

Las levaduras reportadas pertenecen a un limitado número de géneros: las utilizadoras de ácidos son especies de *Candida*, *Endomycopsis*, *Hansenula* y *Pichia*, mientras que las que se benefician de azúcares son principalmente especies de *Torulopsis*. La población de levaduras en el momento de exponer el ensilaje al aire es más importante que su composición química, y determina si el ensilaje va a ser estable al aire o no va a serlo. Ensilajes con conteos de levaduras superiores a 10 por gramo de materia seca, se han reportado como altamente susceptibles al deterioro. En el caso del maíz, parece que las levaduras aumentan de modo considerable durante la maduración de la planta, especialmente

del estado pastoso del grano en adelante. Sin embargo, plantas con bajas poblaciones de levaduras se deterioran con igual velocidad, indicando que este punto no es tan importante, como sí lo es la técnica del ensilado; cuando más tiempo permanezca el aire en el silo o cuanto más acceso tenga al interior de éste, mayor es la probabilidad de que se desarrollen levaduras aeróbicas. Las poblaciones de estos microorganismos aumentan dramáticamente al exponer al aire algunos tipos de silos.

Bacterias

El papel de las bacterias en el deterioro del ensilaje siempre ha sido reportado como secundario. Se ha dicho que algunas bacterias que tienen propiedades proteolíticas pueden desempeñar un cometido importante en los últimos estados del proceso.

Resultados obtenidos en diferentes investigaciones parecen indicar que las bacterias son más importantes en el deterioro de ensilajes de maíz, alfalfa, tréboles y avena que en el de pastos. Las principales bacterias involucradas en el deterioro del ensilaje son *Bacillus*, aunque también se ha reportado la presencia de otros géneros.

FIGURA 3.1
ENSILAJE DE AVENA ATACADO POR HONGOS, COMO RESULTADO DE FALLAS EN LA REMOCIÓN UNIFORME CUANDO SE DESCARGA EL SILO



Parece que los microorganismos involucrados en los procesos de deterioro se encuentran en forma natural en el ensilaje, y no son contaminantes procedentes del aire, sino que simplemente se desarrollan cuando las condiciones aeróbicas lo permiten. Todavía faltan bastantes estudios para comprender completamente los fenómenos que rigen el deterioro del ensilaje.

Listeria en el ensilaje

En algunas regiones de Europa, la llamada "enfermedad del ensilaje" se ha reportado como un problema serio, asociado con diferentes especies de *Listeria*. Sin embargo la epidemiología de estos organismos es confusa y no se tienen datos concluyentes sobre ella. Es posible que el microorganismo tenga un ciclo de vida primario saprofito, pues se aísla en forma relativamente fácil de materiales en descomposición que están en el suelo y soporta bajas temperaturas, mientras que es muy difícil aislarlo de ensilajes de buena calidad, y un poco más fácil de ensilajes de mala calidad.

Cuando se suministra silo contaminado con *Listeria* los animales presentan síntomas de infección, pero sólo unos pocos desarrollan listeriosis. Se ha creído que ésta es una enfermedad exclusiva de los ovinos, pero se ha encontrado en bovinos, y puede causar la muerte a los animales. Generalmente desaparece al suprimir el ensilaje de la dieta.

2. QUÍMICA DEL ENSILAJE

Los cambios que ocurren en el proceso de ensilaje son bastante complejos, pero ampliamente estudiados y mejor comprendidos que las actividades de los microorganismos que los producen. El grado de control de la fermentación del material ensilado es mucho menor que el que puede llevarse a cabo en la fabricación de cerveza y en la producción de antibióticos, casos en los cuales puede controlarse el medio de crecimiento, los tipos de microorganismos y las temperaturas. No obstante lo anterior, ha sido posible la identificación de los cambios principales, razón por la cual el ganadero puede ejercer control sobre la fermentación del ensilaje, seleccionando el tipo de silo, el cultivo, su tratamiento y manejo, y la aplicación adecuada de la tecnología conocida para su elaboración. El conocimiento de las reacciones básicas involucradas en el proceso permite la obtención de una adecuada pre-

servación, un mínimo de pérdidas y un producto final de alta calidad nutritiva y de buena aceptación por el ganado.

Compuestos objeto de cambios químicos

En el forraje existen tres grupos de compuestos vulnerables a cambios químicos durante el proceso del ensilaje:

- Carbohidratos.
- Ácidos orgánicos y sus sales.
- Compuestos nitrogenados, incluyendo proteínas y aminoácidos.

Carbohidratos

Los microorganismos requieren una solución acuosa para su supervivencia y multiplicación; por lo tanto, los carbohidratos solubles son una fuente importante de energía para los que producen la fermentación del ensilaje.

Los principales carbohidratos solubles presentes en los forrajes son glucosa y fructosa (10 a 30 g/kg de materia seca (MS), y sucrosa (20 a 80 g/kg de MS). Se han detectado otros azúcares, pero su cantidad no es significativa. Estos azúcares se hidrolizan rápidamente originando compuestos más simples.

Las fructosanas cumplen un papel menos importante en la fermentación, pero constituyen la mayor parte de los carbohidratos de reserva de los pastos de zona templada, mientras que el almidón constituye las reservas de los pastos tropicales, leguminosas y semillas. Las pentosas se encuentran en pequeñas cantidades, como resultado de la hidrólisis de la hemicelulosa, y las bacterias las convierten fácilmente en ácido láctico.

En el forraje recién cortado, y como resultado de la actividad enzimática, los carbohidratos no estructurales son rápidamente hidrolizados a sus componentes más simples. Estos compuestos, especialmente la glucosa y la fructosa, son las principales fuentes de energía para las bacterias. Las reacciones que se presentan dependen de cuáles bacterias, homofermentativas o heterofermentativas, predominan en el silo después de establecidas las condiciones anaeróbicas.

Cuando ocurre fermentación homolítica tanto la glucosa como la fructosa producen dos moles de lactato por mol de azúcar fermentado. En la reacción no se presentan pérdidas de materia seca y sólo una pérdida insignificante de energía (0.7%).

La fermentación heteroláctica produce una serie de compuestos que dependen del sustrato; la de la glucosa produce una mol de lactato, una mol de etanol y una mol de dióxido de carbono. En esta reacción se pierde 24% de la materia seca, pero solamente 1.7% de la energía. La fermentación heteroláctica de la fructosa produce una mol de lactato, una mol de acetato, una mol de dióxido de carbono y dos moles de manitol, por cada tres moles de fructosa fermentada. En estas reacciones se pierde 5% de la materia seca y 1% de la energía.

Las bacterias homofermentativas y las heterofermentativas actúan sobre las pentosas de la misma manera, produciendo una mol de lactato y una de acetato, por cada mol de pentosa fermentada. En estas reacciones no se pierde materia seca y las pérdidas de energía son insignificantes.

Los microorganismos homofermentativos son más eficientes como productores de ácido y más deseables para preservación del ensilaje que los tipos heterofermentativos. Cuando estos últimos predominan, la fructosa es productor de ácido, y agente preservante menos eficiente que la glucosa. De acuerdo con las consideraciones anteriores, se deduce que los tipos de carbohidratos presentes en el material que se va a ensilar son de gran importancia para obtener un producto final de buena calidad.

Ácidos orgánicos

Estos compuestos tienen gran influencia en las reacciones que se presentan en el ensilaje. Afectan negativamente la eficiencia del proceso debido a la capacidad *buffer* que tienen. El contenido de ácidos orgánicos en el forraje varía entre 20 y 60 g/kg de MS para pastos, y de 60 a 80 g/kg de MS para leguminosas. En general, pastos como azul orchoro y raigrás tienen aproximadamente la mitad de los ácidos que se encuentran en la alfalfa y los tréboles. Los ácidos málico y succínico son los más abundantes en raigrás, mientras que los ácidos malónico, málico y glicérico predominan en trébol rojo.

Los ácidos orgánicos y sus sales son los compuestos con mayor capacidad *buffer* en las plantas y constituyen del 73 al 88% de la capacidad *buffer* total de ellas, mientras otros compuestos sólo representan entre el 10 y el 20% de ésta.

La capacidad *buffer* de los ácidos orgánicos es mayor en el rango de pH del ensilaje fermentado, es decir, pH entre 4.0 y 6.0, y varía con la especie (véase Cuadro 3.1). Como se puede apreciar, el valor bajo para

el maíz permite que este cultivo se ensile fácilmente, mientras que los altos valores registrados para las leguminosas dificultan el ensilaje de estas especies. En la capacidad *buffer* de las distintas especies influyen la época y el estado de madurez de la planta.

Durante el ensilaje se presenta una rápida y completa descomposición de los ácidos orgánicos, especialmente cítrico y málico. En apariencia la desaparición de estos ácidos se podría considerar benéfica, por ser los de mayor capacidad *buffer* en la planta; no obstante, son remplazados por ácidos producidos en el proceso fermentativo, con mayor capacidad *buffer* que los presentes en forma natural, y que implican una pérdida de materia seca, en la forma de dióxido de carbono. El resultado neto es un aumento, entre 2 y 4 veces, de la capacidad *buffer* durante el ensilaje. El material previamente marchitado ofrece menor capacidad *buffer* que el material fresco. Este fenómeno se debe a que durante el marchitamiento en condiciones aeróbicas, los ácidos orgánicos no son transformados en otros ácidos más fuertes, sino que son respirados y convertidos en dióxido de carbono y agua.

CUADRO 3.1
CAPACIDAD *BUFFER* DE DIFERENTES ESPECIES FORRAJERAS

Especie	Capacidad <i>buffer</i> Miliequivalentes de NaOH/kg MS
Maíz forrajero	200
Azul orchoro	300
Raigrás perenne	350
Raigrás italiano	430
Alfalfa	480
Trébol rojo	560

Se ha calculado que para obtener un ensilaje con pH de 4.0 se requieren de 30 a 50 g de ácido láctico/kg de MS, pero en la práctica se necesitan alrededor de 100. Expresado en otra forma, con 1.32 gramos de hexosa por kilogramo de MS, se podría obtener una buena conservación, asumiendo que no existiera capacidad *buffer* en el forraje, y una buena fermentación cuantitativa de azúcar a ácido láctico. Sin

embargo, teniendo en cuenta la capacidad *buffer* de las plantas, la respiración del material antes de que se establezcan las condiciones anaeróbicas, y la existencia de fermentaciones heterolácticas, la cantidad de sustrato requerida es mucho mayor. Se considera que entre 60 y 80 g de azúcar/kg MS son suficientes para forrajes y alrededor de 120 para leguminosas. Por la razón anterior, con frecuencia es necesario enriquecer el ensilaje con fuentes de energía de alta solubilidad como la melaza.

Sustancias nitrogenadas

Del total de sustancias nitrogenadas del ensilaje, entre el 75 y el 90% tienen forma de proteína. Las sustancias restantes están representadas por aminoácidos, aminas, clorofila y péptidos de bajo peso molecular. Los nitratos se encuentran en cantidades que dependen de la cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado al cultivo; en casos extremos en el trópico, cerca del 50% del total de nitrógeno del cultivo se puede hallar en forma no proteica.

Los aminoácidos predominantes en el forraje son ácido glutamínico y arginina, aunque también existen cantidades significativas de lisina, ácido aspártico, alanina y glicina. Estos aminoácidos parece que son poco afectados por el estado de desarrollo de la planta, la cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado o la especie.

Cuando se corta el forraje ocurre proteólisis. Este fenómeno no es selectivo, porque la proteína remanente tiene la misma composición de aminoácidos que la que se hidroliza. La proteólisis aumenta con el marchitamiento; en un período de marchitamiento de tres días se puede hidrolizar hasta 20% de la proteína original. En presencia de humedad abundante, esta reacción puede suceder muy rápidamente. Los compuestos nitrogenados se estabilizan cuando el contenido de materia seca alcanza entre 400 y 450 g/kg de forraje.

La proteólisis continúa durante el proceso del ensilaje. La cantidad de proteína desdoblada depende de la rapidez con que se establezcan las condiciones de acidez en la masa del silo; de tal manera que, cuanto más rápido se acidifique el ensilaje, mejor se conserva la proteína. Esta ha sido la base técnica para aplicar ácidos minerales a los ensilajes.

En especies como maíz, raigrás, trébol blanco y alfalfa se han reportado aumentos en aminoácidos solubles en agua, hasta del 40% del total de nitrógeno, durante los primeros 10 días del ensilaje; los compuestos nitrogenados solamente se estabilizaron cuando el pH bajó a

4.3. Una alta relación de azúcar a proteína ayuda a la preservación de la segunda, puesto que a mayor cantidad de azúcar, se presenta una fermentación más rápida y una pronta formación de ácidos.

Algunos aminoácidos se encuentran en el ensilaje en cantidades menores que las esperadas, lo cual parece indicar que algunos de estos compuestos se pueden transformar en otros durante el proceso. Algunos de los aminoácidos básicos como lisina, arginina e histidina, se pueden degradar y aparecer productos secundarios, gracias a la acción de enzimas de la planta o de la microflora del ensilaje; algunos de estos productos son ácido aminobutírico, ornitina, putrescina y cada-verina, al igual que ácido propiónico, ácido isovalérico e histamina.

Aunque los aminoácidos no se descompongan en el ensilaje y pueden ser utilizados por el animal al ingerirlos, es preferible que el animal consuma proteína verdadera en lugar de los aminoácidos, pues éstos solamente tienen valor como nutrimentos para los microorganismos del *rumen*.

Pigmentos

En el ensilaje ocurre un cambio notable de color, de verde a ligeramente café, resultado de la acción de los ácidos sobre la clorofila, que tiene como producto final un compuesto libre de magnesio de color diferente al verde.

El caroteno, un precursor de la vitamina A, se destruye parcialmente durante el proceso. En ensilajes de buena calidad la pérdida de este pigmento es inferior al 30%; en ensilajes de mala calidad puede ser total. Las pérdidas de caroteno se incrementan con la adición de ácidos minerales o con la entrada de aire al silo, que aumenta la respiración de la masa de forraje y, por lo tanto, incrementa la temperatura. Las mayores mermas se presentan a temperaturas entre 30 y 40°C y valores de pH entre 3.7 y 4.2.

La pérdida de clorofila es inevitable en el proceso, la de caroteno se puede reducir al mínimo procurando condiciones anaeróbicas.

Sustancias tóxicas

Éstas pueden ser constituyentes originales del forraje o resultar del tratamiento previo al ensilaje, una vez cosechado el forraje, o pueden también ocurrir como resultado de las transformaciones químicas y microbiológicas antes o durante el proceso.

Los óxidos de nitrógeno y otros gases tóxicos que se forman durante el ensilaje, generalmente afectan más al hombre que a los animales que consumen el material, ya que estos gases abundan durante la carga y descarga de los silos, especialmente en los de torre. Cuando se ensilan materiales ricos en nitratos se pueden desprender estos óxidos, que se acumulan en la parte baja del silo por ser más pesados que el aire.

Se debe tener en cuenta que algunas personas mueren por no tener suficientes cuidados al cargar un silo. El llenado no se puede iniciar sin un plan previo de seguridad. Nunca se debe entrar a un silo que no haya sido previamente ventilado; se deben extraer o remover todos los gases de un silo vacío, y no se debe entrar sin una alarma, por ejemplo una cuerda, que permita pedir ayuda. La mayor parte de las muertes ocurren cuando se entra a un silo sin tomar precauciones, con el fin de rescatar a alguien que ya se encuentra dentro.

Cuando la exposición a estos gases es continua, aparecen enfermedades respiratorias crónicas, a veces graves, en los trabajadores. Este quebranto de salud se conoce como "enfermedad de los llenadores de silos". También se puede producir la muerte.

Las nitrosaminas se forman por reacciones entre aminas secundarias y ácido nitroso, y su interés radica en que algunas de ellas son carcinógenas. Las aminas secundarias se producen en el ensilaje por la decarboxilación de los aminoácidos, mientras que el ácido nitroso es un intermediario en la reducción de nitritos o nitratos a amonio, o puede ser liberado a partir del nitrito de sodio, que forma parte de muchos aditivos comerciales que se aplican a los ensilajes.

Algunas sustancias estrogénicas o sus derivados pueden disminuir la fertilidad del ganado. La actividad estrogénica de los tréboles y la alfalfa aumenta durante el proceso de ensilaje, especialmente si el forraje fresco se trata con carbohidratos fermentables; lo contrario ocurre si se dejan marchitar previamente al ensilaje.

Hay sustancias que tienen un efecto goitrogénico (producen coto), como la torta de soya. Este efecto se disminuye al ensilarla con una mezcla de forrajes corrientes. No se sabe si el efecto negativo disminuye por la acción de los otros forrajes o si se trata simplemente de un efecto de dilución.

Los residuos de pesticidas como DDT y sus derivados no son afectados por el proceso de ensilaje; igual ocurre con los ácidos fenoxiprónicos. Muchos otros pesticidas y sustancias sintéticas utilizadas con

diferentes finalidades pueden pasar por el proceso de ensilaje sin descomponerse ni perder sus características tóxicas.

Las toxinas resultantes de la acción de los microorganismos pueden afectar tanto al hombre como a los animales, especialmente las micotoxinas. Estas sustancias parece que son elaboradas sobre todo por los hongos filamentosos, que son relativamente abundantes en el ensilaje.

Las aflatoxinas son un metabolito detectado en los ensilajes de maíz, tanto en las capas superiores de los silos como en los efluentes que drenan de la parte baja. En apariencia estas aflatoxinas sufren algún grado de descomposición microbial durante el ensilaje. Es posible que las condiciones anaeróbicas no constituyan un factor determinante en la desaparición de las micotoxinas. Se desconocen muchos aspectos de las reacciones químicas que afectan las distintas sustancias, que de una u otra manera llegan al silo como materiales ensilados o como contaminantes.

Etapas del proceso

Respiración e incrementos en temperatura

Aun varias horas después de cosechado el forraje la respiración continúa dentro de las células vivas, hasta que haya oxígeno alrededor o dentro de la masa, o hasta la muerte de las células. En la respiración, el oxígeno del aire se utiliza para oxidar los carbohidratos, formando anhídrido carbónico y agua y liberando energía. Cuando la disponibilidad de oxígeno se agota, se establecen condiciones anaeróbicas en la masa ensilada. Al morir las células, se liberan las proteínas, los carbohidratos y las grasas, que son el alimento de microorganismos como las bacterias y los hongos que permanecen en el forraje ensilado.

Si existe oxígeno en forma libre, los azúcares y los almidones principalmente, y en menor grado las grasas y las proteínas, son degradados a sustancias simples. Los carbohidratos sencillos como la glucosa pueden ser transformados en agua y bióxido de carbono, liberando gran cantidad de energía, expresada en calor, llegando a generar temperaturas por encima de los 60°C. Para asegurar una fermentación adecuada se consideran como óptimas temperaturas entre 20 y 42°C.

Fermentación

Antes de la cosecha del cultivo que se va a ensilar, los microorganismos de importancia (*Lactobacillus*: bacterias formadoras de ácido láctico)

están presentes en muy poca cantidad, pero durante las primeras semanas se multiplican rápidamente, utilizando como fuente de energía la glucosa y otros azúcares que tienen los forrajes, transformándolos, en condiciones anaeróbicas, en ácidos orgánicos volátiles como el acético, el propiónico y el butírico y no volátiles como el ácido láctico; además, reducen el pH de la masa ensilada. La velocidad en el incremento de este tipo de bacterias y la producción de los ácidos antes mencionados están estrechamente relacionadas con el tipo de material ensilado y principalmente con su contenido de carbohidratos y con el nivel preciso de acidez en el cual se suspende la acción de las bacterias productoras de ácido butírico (pH inferior a 4.2).

Cuando ocurre un crecimiento deficiente de *Lactobacillus*, debido a una inadecuada acidez para su desarrollo y a deficiencias de carbohidratos fácilmente fermentables, asumen mayor importancia las bacterias que deterioran el ensilaje. Inicialmente proliferan las que utilizan azúcares y producen ácido butírico. Este ácido es más débil que el ácido láctico y que el acético y, al desdoblarse, libera CO₂ e incrementa el pH del ensilaje. Bajo estas condiciones, proliferan las bacterias proteolíticas que son menos tolerantes al ácido y cuyas enzimas degradan la proteína, produciendo amoníaco y compuestos amoniacaes, que pueden ser nocivos para el ensilaje y que le dan a éste un mal olor y un dudoso valor nutritivo.

Patrón de fermentación

El patrón de fermentación y su extensión o duración dependen principalmente de la cantidad de agua en la planta, de la cantidad de sustrato fermentable, es decir, carbohidratos solubles en agua (azúcares), y de la capacidad de las plantas para amortiguar la reducción de pH causada por la fermentación.

El agua y los sustratos interactúan en el proceso de fermentación. En cultivos relativamente secos, la duración de la fermentación es menor que la de los cultivos con alto contenido de humedad. A medida que se reduce la cantidad de agua libre, cesa la actividad bacterial, aunque no estén completamente fermentados los carbohidratos solubles.

Las plantas húmedas y con un bajo contenido de carbohidratos solubles en agua pueden sufrir una fermentación secundaria, tipificada por la presencia, en la masa ensilada, de una cantidad grande de agua para el crecimiento bacterial, pero con una baja cantidad de

carbohidratos solubles para asegurar una vigorosa y dominante fermentación de ácido láctico. En esta situación, la capacidad *buffer* del cultivo es generalmente muy alta. Este factor, junto con los mencionados antes, se combina para evitar la reducción del pH que asegure la no proliferación de las bacterias del género *Clostridium*, cuyo crecimiento se inhibe a pH por debajo de 4.5. La actividad de estas bacterias fermenta el ácido láctico a ácido butírico, degrada las proteínas y los aminoácidos a amonio, incrementa el ácido acético en el ensilaje y aumenta gradualmente el pH durante el almacenamiento.

Comparados con los ensilajes bien conservados, los que han sufrido una fermentación secundaria padecen una muy pobre conservación, disminución de su valor energético y de la digestibilidad, reducción de la eficiencia con la cual la fracción nitrogenada es utilizada por el animal, y consumo voluntario bajo.

El factor que mayormente incide en la ocurrencia de una fermentación secundaria es el bajo contenido de materia seca y de carbohidratos solubles en agua, en el momento de cosechar el cultivo. Sin embargo, un cultivo que tenga bajo contenido de materia seca, pero alto contenido de carbohidratos solubles, está menos expuesto a sufrir una fermentación secundaria, que uno con un contenido bajo de carbohidratos.

Las gramíneas suelen tener un contenido de carbohidratos solubles más alto que el de las leguminosas, y las gramíneas de clima templado acumulan más carbohidratos solubles que las gramíneas tropicales.

El "nivel crítico" de carbohidratos solubles, bajo el cual se requiere la aplicación de un aditivo para asegurar la preservación adecuada de un ensilaje, parece estar alrededor de 3% del peso del cultivo fresco. El nivel de carbohidratos aumenta generalmente cuando los pastos maduran, hasta el punto de la floración.

Resumen

En los capítulos posteriores se hará referencia permanente al proceso de fermentación, dada su importancia en la calidad final del ensilaje. Para facilitar su comprensión se presenta la siguiente síntesis:

- Como resultado de las transformaciones bioquímicas del material a ensilar, continúa la respiración de las células vegetales con la producción de anhídrido carbónico, utilización de hidratos de carbono y desprendimiento de agua, la cual, por efecto de la compresión mecánica, fluye a través de la masa ensilada.

- Las bacterias ácido-lácticas actúan sobre los carbohidratos y se inicia una fermentación láctica.
- Sigue una etapa de reposo de la masa ensilada, en la cual la formación de ácido láctico pasa por un máximo, que continúa inalterado si se mantiene el material a un pH constante e inferior a 4.2.
- Prosigue un ataque a los carbohidratos solubles residuales y al ácido láctico de la masa ensilada por organismos productores de ácido butírico, que en casos extremos implica degradación de los aminoácidos (desaminación) y formación de ácidos volátiles grasos y de amoníaco.
- En las tres primeras etapas se invierten tres días aproximadamente y en la cuarta de 17 a 21 días.
- Debido a una formación incompleta de ácido láctico puede presentarse la etapa siguiente, de fermentación secundaria.

Capítulo IV

TECNOLOGÍA DEL ENSILAJE

1. ESTADO DE CRECIMIENTO DE LA PLANTA

La calidad del ensilaje depende en gran medida de la etapa de crecimiento en la cual se corte o se coseche el forraje. Al tomar la decisión, es conveniente recordar que existe una correlación negativa entre la producción total y la calidad del pasto; por lo tanto, es necesario buscar una etapa de equilibrio o de compromiso entre el contenido de carbohidratos fermentables, el contenido bajo de fibra y la relación de hojas a tallos del forraje a ensilar (Cuadro 4.1).

Cuando más adelante se discuta el valor nutritivo y la utilización del ensilaje, se profundizará el análisis de las relaciones antes señaladas; aquí sólo se presentarán algunos indicadores muy generales para la cosecha y el corte de las plantas que se van a ensilar (Cuadro 4.2).

Gramíneas perennes y leguminosas

Con estas especies forrajeras se obtiene un ensilaje de excelente calidad cuando la relación de hojas a tallos es alta y se premarchita el material antes del proceso. Los ensilajes, cuando el pasto está en estado leñoso, exigen al animal un mayor consumo de energía. En general, la producción animal disminuye drásticamente a medida que las gramíneas herbáceas y perennes y las leguminosas maduran y aumentan la producción total de forraje.

Los ensilajes de gramíneas perennes, tréboles y alfalfa, con relaciones de hojas a tallos altas, son medianos en energía y altos en proteína, por lo cual se requiere suplementarlos con alimentos energéticos.

Granos menores

En el sorgo, el trigo, la cebada, la avena y el centeno, las relaciones entre el estado de desarrollo, la morfología y la digestibilidad son simi-

CUADRO 4.1

EFECTO DE LA EDAD DE CORTE EN EL PATRÓN DE FERMENTACIÓN DEL PASTO KING GRASS

Componente	Edad de corte (días)	
	45	60
Ácido láctico (% MS)	1.14	1.16
Ácidos grasos volátiles (% MS)	9.42	6.22
N-NH ₃ como % del N total	20.63	8.79

Fuente: Meléndez (1987). Adaptado de Domínguez, Hardey y Ayala (1982).

CUADRO 4.2

INDICADORES DEL ESTADO DEL CORTE O LA COSECHA DE CULTIVOS PARA ENSILAR

Cultivo	Indicadores
Avena	- Granos en estado lechoso
Gramíneas perennes y leguminosas	- Cada 45 o 60 días - En estado de prefloración
Sorgo	- Grano pastoso - 90 % en floración
Maíz	- Grano pastoso - 2/3 partes del cultivo con las hojas bajas secas - Hojas "bajeras" comenzando a secarse - De 85 a 95 días después de la siembra en climas cálidos - 180 días después de la siembra en climas fríos
Cardones y tunas	- Cuando están tiernas, antes del endurecimiento de las espinas
Quinua	- Inicio, hasta 10% de la floración
Soya	- Cuando está empezando a formarse la semilla
Trigo, cebada, centeno	- Granos en estado pastoso

lares a las señaladas para los forrajes perennes. Sin embargo, su digestibilidad declina menos con la madurez, si se los compara con las gramíneas perennes y con las leguminosas. La digestibilidad de los granos menores alcanza hasta un 75% cuando las plantas tienen una relación alta de hojas a tallos.

Maíz

El maíz es el cereal más utilizado para ensilar en climas cálidos, templados y fríos, razón por la cual es muy abundante la información relacionada con su estado de corte para ensilar.

La producción de forraje de este cereal aumenta progresivamente a partir del estado lechoso del grano, pasando por el estado pastoso, hasta su endurecimiento. Estos incrementos van asociados a un alza considerable de la materia seca (MS), principalmente debido a las inflorescencias y la mazorca (capachos, tusa y granos).

La MS digerible es muy alta antes de formarse la mazorca, y cuando el porcentaje de humedad está alrededor del 80%. A medida que la planta pasa del estado lechoso a la completa madurez, la digestibilidad declina ligeramente, reducción que se atribuye a la baja digestibilidad del capacho, la tusa y las inflorescencias. En general, el maíz y el sorgo de grano contienen suficiente cantidad de carbohidratos para las bacterias lácteas.

El consumo voluntario del ensilaje de maíz es bastante alto en todos los estados de crecimiento de la planta, pero su incremento es mayor a medida que la planta madura, alcanzando su máximo cuando los granos están maduros y lustrosos. En este estado de crecimiento, el porcentaje de MS está alrededor del 42%, y el ensilaje proporciona un alto nivel de energía a los rumiantes, como resultado de su alto consumo y la digestibilidad de la MS.

2. COSECHA

Ésta se realiza mediante diferentes métodos y con diferente tipo de maquinaria, según el sistema de producción, el tamaño del hato, las necesidades de ensilaje y la disponibilidad de capital y de mano de obra. La eficiencia de la labor, cuando se emplea maquinaria, depende de la potencia de los tractores, del tipo y estado de la maquinaria, de la capacidad de los remolques, de la experiencia de los operarios, de las características del material a ensilar y del tratamiento previsto de dicho material, de las características del terreno, de la distancia entre el área donde se siembra el forraje y el silo, entre éste y el lugar donde se alimentarán los animales, y de la aplicación de los aditivos.

Métodos

El más aconsejable para la cosecha de grandes extensiones es el llamado de siega o corte directo, mediante el cual se corta, se pica y se trans-

porta el forraje en una sola operación. También la operación de corte, picado del material y acarreo al silo pueden realizarse separadamente.

El corte o siega del cultivo a ensilar, como operación independiente del picado, cual es el caso del ensilaje en fardos cilíndricos, tiene la ventaja de poder marchitar el material en el campo, permitiendo la extracción del exceso de agua, el incremento de la materia seca cosechada, la concentración de los azúcares solubles y la reducción de pérdidas por los efluentes.

Maquinaria

Para la cosecha del cultivo a ensilar se utilizan cosechadoras de grano, cosechadoras picadoras de forraje, cortadoras o segadoras convencionales, picadoras estacionales y el corte y picado a mano mediante hoces o machetes, y una amplia gama de remolques con dimensiones que fluctúan entre 8 y 15 m³, o más, de volumen. El peso real transportado dependerá del tamaño de los trozos o picado y del contenido de materia seca del forraje (Figuras 4.1 a 4.4).

Las máquinas más utilizadas son las cosechadoras de forraje, que pueden ser cortadoras-picadoras o de corte y trituración de forrajes sueltos. La operación de todas es similar, pero existe una gran diversidad de tipos y tamaños, con sus características propias y con una serie de aditamentos específicos para diferentes funciones (Cuadros 4.3 y 4.4).

Para el ensilaje en fardos o pacas (henolaje), además de las segadoras, se requiere la enfardadora del forraje cosechado y la embaladora plastificadora de los fardos (Figuras 4.5 y 4.6).

3. PRESECADO O MARCHITAMIENTO

El premarchitamiento o acondicionamiento de las gramíneas y leguminosas antes de ensilar es una práctica necesaria para el éxito en su proceso de ensilaje; consiste en el secamiento uniforme del material, antes de apisonarlo en los silos convencionales, o antes de iniciar la elaboración de los fardos o rollos cilíndricos (Figura 4.7). Con esta práctica se busca alcanzar un contenido de humedad alrededor del 70 al 75% y en el henolaje del 50 a 55%. Si la humedad está por encima de estos valores, se propicia una mala conservación del material y se producen ensilajes con un pH muy elevado, alto contenido de ácido butírico, niveles bajos de ácido láctico y pérdidas mayores de efluentes.

FIGURA 4.1
CORTE DIRECTO DE SUCROSORGO PARA ENSILAR (VILLAVICENCIO, META)



FIGURA 4.2
PICADORA ESTACIONARIA
DE FORRAJES

FIGURA 4.3
CARRO FORRAJERO DE DESCARGUE AUTOMÁTICO



FIGURA 4.4
DESCARGA DEL CARRO FORRAJERO (SUBACHOQUE, CUNDINAMARCA)



Por el contrario, si el contenido es muy bajo, se complica el picado del material, su compactación, y se favorece el calentamiento por encima del máximo considerado como ideal (rango entre 24 y 43°C).

El premarchitamiento propicia una mejor fermentación, reduce o elimina las descargas de efluentes contaminantes y el escurrimiento de nutrientes solubles durante la compactación del material; además evita la adición de preservativos y la pérdida de hojas y de pequeños tallos. El maíz, la avena y el sorgo no requieren premarchitamiento. Se ensilan generalmente con porcentajes de humedad que oscilan entre 65 y 70%.

CUADRO 4.3

TIPOS Y CARACTERÍSTICAS CENTRALES DE LAS COSECHADORAS DE FORRAJE

Tipo	Características
Retropropulsadas	<ul style="list-style-type: none"> • Motor propio • Para explotaciones grandes • Capacidad alta • Maniobrabilidad buena • Comodidad para el operador • Puede trabajar en condiciones adversas de campo • Para terrenos inclinados o para ladera • Gran variedad de modelos
Montadas o integrales	<ul style="list-style-type: none"> • De acople a los tres puntos del tractor • De corte y lanzamiento • Equipadas con cabezales de corte de hileras o para recogedor de hileras • Para pequeñas explotaciones • Limitada capacidad • Poco conocidas en nuestro medio
Remolque	<ul style="list-style-type: none"> • Uso generalizado en el país • Disponibles en una amplia variedad de tipos y tamaños • Se acoplan a la mayoría de los tractores existentes • Muy versátiles para la amplia variedad de cabezales: de cultivo en hilera, de corte directo o barra segadora, arrancador de mazorca de maíz

Fuente: adaptado de Camacho (1983) y de Flórez y Camacho (1987).

CUADRO 4.4

TIPO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ADITAMENTOS PARA EL CORTE, LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE PARA LAS COSECHADORAS DE FORRAJE

Aditamento	Uso y características
<p>Cabezales</p> <p>De cultivo en hileras</p> <p>Recogedor de hileras</p> <p>Cabezal de corte directo</p> <p>Arrancadora de mazorca de maíz</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Para el corte de cultivos sembrados en surcos • Disponibles para varios modelos de cosechadoras • Tamaños de una a cuatro hileras con diferentes anchos de hilera. Usados generalmente para cosechas de maíz y sorgo • Se utilizan en los tres tipos de cosechadoras • De varios anchos, según capacidad de la cosechadora y tamaño de la hilera • Recoge el material previamente acondicionado hilerado y dejado en el campo • Altura del recogedor graduable • Para corte de cultivos densos o praderas • Disponibles para la mayoría de las cosechadoras, tipo remolque y autopropulsadas • Ancho varía de 1.8 a 3.6, según la capacidad de la cosechadora • De dos hileras a cuatro
<p>Remolques</p> <p>Corrientes</p> <p>Autodescargables</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Descargue manual del material picado; mayores pérdidas, pero menos costoso • Con dispositivo para el descargue gradual o en masa • Descarga automatizada • Utilizados para la cosecha, transporte y alimentación
<p>Ensiladoras de forraje</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colocan el forraje verde picado en los silos verticales

Fuente: adaptado de Camacho (1983) y de Flórez y Camacho (1987).

FIGURA 4.5
ENFARDADORA DE FORRAJE



FIGURA 4.6
ENVOLVEDORA O EMBALADORA PLASTIFICADORA DE FARDOS



FIGURA 4.7
KIKUYO GUADAÑADO LISTO PARA ENSILAR EN FARDOS CILÍNDRICOS (MOSQUERA, CUNDINAMARCA)



El tiempo requerido para esta práctica depende en gran medida de las condiciones climáticas, pero puede completarse muy fácilmente en 24 horas. La actividad puede acelerarse con el picado o lacerado de la planta, o adicionando al material que se va a ensilar maíz molido con la tusa, bagazo picado o molido, etc. Sin embargo, un marchitamiento prolongado puede reportar pérdidas nutricionales del 5% por día.

El presecado o secamiento parcial del forraje cosechado en el campo, antes de ensilarlo, reduce las pérdidas de materia seca, genera un producto con un menor grado de acidez, mejora la concentración de azúcares solubles, propicia un mayor consumo voluntario y eleva la cantidad de materia seca por unidad de volumen. En general, reducir el porcentaje de humedad a 30 o 40% es tan efectivo como agregar melaza para mejorar el patrón de fermentación.

Es muy importante conocer el contenido de materia seca del material que se va a ensilar. Desafortunadamente, no es fácil su determinación. Cuando no se cuenta con un horno, puede utilizarse el siguiente procedimiento: se pica un peso conocido del material a ensilar y se

coloca en un recipiente con aceite, también de peso conocido, y se calienta hasta el punto de ebullición, lo cual indica que el aceite se ha evaporado. La temperatura empleada no debe exceder 115°C, con el fin de evitar la extracción o remoción de componentes diferentes al agua. Cuando no se produzcan más burbujas y termine de hervir el contenido, se pesa de nuevo el recipiente y lo que queda de él; se asume que la diferencia de peso corresponde al contenido de humedad de la planta.

Cuando no es posible realizar el procedimiento anterior, se toma entre las manos un puñado de forraje picado, se comprime con fuerza, soltándolo rápidamente después de un minuto. Si la masa liberada permanece comprimida y se observa fácilmente abundancia de jugos, la humedad oscila entre 75 y 85%. Si se mantiene la forma, pero se observa una ligera humedad, el porcentaje varía entre 70 y 75%. Si se expande lentamente sin dejar en las manos muestras de humedad, está entre 60 y 70%.

Para el ensilaje en fardos o rollos cilíndricos (henolaje), la determinación de la humedad se lleva a cabo de la siguiente manera: al momento de segar el pasto, se determina un área con estacas, por ejemplo 5 metros cuadrados, se pesa el pasto acabado de cortar y se vuelve a distribuir en el campo, simulando la forma que queda cuando pasa la máquina; después de un tiempo prudencial, 4 a 5 horas, dependiendo de las condiciones de temperatura y brillo solar, se vuelve a recoger el pasto marchito y se pesa nuevamente. La humedad se calcula así: si originalmente el pasto fresco pesó 10 kilos y se supone que tenía 80% de humedad (8 kilos de agua y 2 de materia seca) y se quiere bajar a 50%, debe perder el 30% del 80%, o 2.4 kilos de agua, quedando entonces 2 kilos de materia seca y 5.6 kilos de agua, es decir, que los 10 kilos de pasto fresco quedan reducidos a 7.6 kilos de pasto marchito.

4. PICADO DEL MATERIAL

El picado del material para ensilado convencional favorece la actividad microbiana y la compactación de la masa ensilada. Contribuye a la reducción de la pérdida de material y de nutrimentos; el repicado permite llenar el silo con una presión alta, y una temperatura que oscila entre 20 y 30°C. Los trozos demasiado largos dificultan la expulsión del aire y la compactación, incrementando las pérdidas. Los demasiado finos requieren una mayor fuerza para obtenerlos y afectan negativamente el contenido de grasa del ensilaje.

Se considera recomendable un tamaño mínimo de 0.7 a 1.0 cm y uno máximo de 1.3 a 1.6 cm. En el país se han utilizado para maíz, sorgo, elefante y king grass, trozos de longitud que varían entre 1.5 y 3.0 cm.

El corte de cultivos con muchos tallos gruesos, mal compactados o compactados solamente por su peso, da como resultado ensilajes con un olor agradable, pero con pérdidas muy elevadas, causadas por la respiración celular y alteraciones en la digestibilidad de las proteínas. El proceso que se lleva a cabo en estas condiciones se denomina "fermentación caliente".

Cuando el material a ensilar es rico en proteína, el macerado o machacado mejora la compresión del forraje, permitiendo la liberación de los jugos celulares, los cuales quedan a disposición de los bacilos lácticos; los hidratos de carbono, los aminoácidos y las vitaminas se tornan más disponibles, facilitando el metabolismo de los microorganismos.

5. ADITIVOS

En el proceso de ensilaje de ciertas especies y subproductos, en especial pastos, gramíneas y leguminosas con alto contenido de proteína, se adicionan algunas sustancias o materiales que mejoran el producto ensilado y su preservación, reducen las pérdidas de nutrientes y previenen el deterioro del ensilaje, favoreciendo la fermentación láctica, mediante el mantenimiento de los carbohidratos solubles fácilmente fermentables, corrigiendo la humedad excesiva del material ensilado e impidiendo la formación de hongos y bacterias del género *Clostridium*. En forrajes pobres en nitrógeno, los aditivos incrementan el contenido de este elemento.

La adición de estas sustancias facilita la predicción aproximada de la calidad final del ensilaje, que de otra manera no podría valorarse hasta que el período de almacenamiento se complete y se abra el silo. La toma de muestras periódicas para determinar la bondad del proceso no permite la aplicación de ningún correctivo, si el ensilaje anda mal.

En nuestro medio, los aditivos más empleados han sido, en su orden, la melaza, los granos y subproductos de la molinería, la urea y sus mezclas con melaza y, con contadas excepciones, el estiércol. En otros países se utilizan mezclas de amonio, melaza y minerales.

En Colombia el uso de ácidos minerales diluidos es casi desconocido, y son de uso restringido en otros países, debido principalmente al

alto costo de los productos y a las dificultades y riesgos asociados con su manejo. El método A.I.V., creado por el finlandés A.I. Virtamen, es altamente utilizado en Finlandia, Suecia y otros países de Europa y se ha ensayado muy limitadamente en los Estados Unidos.

El ácido fórmico se introdujo como una alternativa para reemplazar los ácidos minerales diluidos, dada su fácil aplicación y los requerimientos bajos por tonelada de forraje fresco. Este aditivo se ha constituido en un componente químico muy efectivo para mejorar la calidad del ensilaje. Para reducir los problemas de su manejo, se usan sales ácidas de tetraformato de sodio.

Los aditivos que contienen formaldehído se adhieren a las proteínas, haciéndolas menos susceptibles a su degradación en el *rumen*. Se busca, de esta manera, mejorar el suministro de aminoácidos al animal.

Se ha propuesto el uso de enzimas para mejorar la digestibilidad de la fibra y de los antibióticos y para inhibir la formación de esporas, pero sus resultados han sido inconsistentes, y oneroso su empleo comercial.

En los Cuadros 4.5 y 4.6 se resume el uso y efectos de algunos de los aditivos más utilizados. Las variaciones en las cantidades recomendadas son función de la naturaleza del producto a ensilar. Sin embargo, es conveniente resaltar que su uso debe evitarse, hasta donde sea posible, mediante el empleo correcto de la técnica de ensilaje.

Los aditivos pueden aplicarse directamente en el sistema de elevación del forraje para asegurar una distribución uniforme del producto; pero cuando se utilizan aditivos volátiles puede perderse parte por evaporación, y cuando son sólidos, la corriente de aire puede esparcirlos fuera del remolque.

La aplicación de los aditivos líquidos se hace con regaderas, mangueras o con aditamentos especiales, acoplados a una fumigadora a presión. Los líquidos se aplican a mano, cuando no son corrosivos, o con una abonadora pequeña de acción centrífuga, en los silos con paredes (Figuras 4.8 y 4.9).

A los operarios debe proveérseles los medios de protección necesarios y los antídotos requeridos, según el caso, y lavar los equipos después de cada operación.

CUADRO 4.5 EFECTO Y USO DE LA MELAZA, LA UREA, LOS GRANOS, LOS SUBPRODUCTOS Y EL ESTIÉRCOL EN EL ENSILAJE DE PASTOS Y FORRAJES

Aditivos	Efecto	Uso
Melaza	<ul style="list-style-type: none"> - Contribuye a reducir el pH, la producción de NH₃ y el nitrógeno volátil - Mejora la producción de ácido láctico - Favorece la producción de ensilajes más estables, con mejores características de color, olor y sabor - Mejora la respuesta en la producción animal - Mejora la digestibilidad y el valor nutritivo - Coadyuva en el aprovechamiento de la urea - Promueve la rápida fermentación del ácido láctico - Conserva un poco el caroteno que contiene la planta verde - Produce casi el mismo efecto que los aditivos ácidos - Mejora el patrón general de fermentación 	<ul style="list-style-type: none"> - Se disuelve en agua para evitar el aumento de la humedad en el forraje - Su eficiencia es mayor cuando los forrajes tienen entre el 22 y el 28% de materia seca - Se adiciona al material a medida que se carga el silo, diluida en un peso igual de agua - En función de la planta y su estado de madurez: <ul style="list-style-type: none"> Pastos con 80 al 85% de humedad: 50 kg/ton/forraje verde Pastos con humedad entre el 70 y el 75%: 40 kg/ton/forraje verde Pastos con humedad menor del 75%: 15 a 20 kg/ton/forraje verde - Promedio para leguminosas: 40 kg/ton/forraje verde - Promedio para gramíneas: 20 kg/ton/forraje verde <p>Si la humedad es del 75%: 5 a 7 kg diluidos en agua + 100 kg de grano por ton/forraje verde</p> <p>Gramíneas y leguminosas jóvenes: 5 a 12 kg + 50 a 100 kg de grano por ton/forraje verde</p>
Urea	<ul style="list-style-type: none"> - Retarda la acidez de los primeros días del ensilaje y la formación de ácido acético - Disminuye la humedad - Incrementa el contenido de proteína 	<ul style="list-style-type: none"> - Se agrega en el llenado del silo - Los niveles crecientes aumentan linealmente los valores del pH y la proteína cruda - Con niveles del 0.5% y 0.75% en el ensilaje del maíz se han obtenido buenas ganancias de peso de ganado bovino - Se recomiendan entre 5 kg y 7 kg/ton/forraje verde de maíz y sorgo - Urea más melaza 10 + 10 kg/ton/forraje verde - Urea más mineral 50%, 20 kg/ton/forraje verde - 50 kg a 150 kg/ton/forraje verde - Pulpa fresca de citrus en un 20% para ensilajes de gramíneas tropicales
Granos y subproductos: Avena, avena molida, cebada, maíz molido con tusa, pulpas secas, bagazo de caña de azúcar, cáscara de algodón, paja picada de cereales, moggola, pulpa de cítricos	<ul style="list-style-type: none"> - Fuentes de azúcar fermentable como sustrato para las bacterias - Absorben el exceso de humedad - Reducen la percolación o la pérdida de jugos - Mejoran la gustosidad 	<ul style="list-style-type: none"> - La mezcla de estiércol con miel se denomina "Excrementielaje" - La mezcla de estiércol con materias agrícolas "Wastelaje" - El producto final empleado, con un 5% de estiércol "Biofermel" - A medida que se incrementa la presencia de estiércol en las mezclas a emplear, se incrementan los carbohidratos solubles en agua, el porcentaje de fibra detergente ácido y fibra detergente neutro y disminuye el contenido de materia seca.
Estiércol	<ul style="list-style-type: none"> - Con otras materias primas, asegura mayores condiciones de fermentación y mayor aprovechamiento de nutrientes - Produce ensilajes apetecibles, libres de patógenos y sin olor desagradable 	

CUADRO 4.6
EFFECTO Y USO DE LOS ÁCIDOS MINERALES Y DE LOS ÁCIDOS ORGÁNICOS EN EL ENSILAJE DE PASTOS Y FORRAJES

Aditivos	Efecto	Uso
<p>Ácidos minerales diluidos Método A.I.V.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Rebañan el pH - Evitan pérdida de elementos nutritivos - A veces el ensilaje resulta demasiado ácido y pierde gustosidad para los animales - Previene la actividad enzimática de la planta - Reduce pérdidas de materia seca - Reduce producción de NH₃ y nitrógeno volátil 	<ul style="list-style-type: none"> - Adición al silo de diversas mezclas de ácidos minerales - Solución de 70 partes de HCl y 30 de H₂SO₄ en porcentaje - Para neutralizar la acidez se adiciona caliza molida u otra forma de carbonato de calcio. 50 g/cada 10 kg de forraje - H₂SO₄ + formalina: gramíneas 1 + 2 litros/ton/forraje verde Leguminosas 2 + 3 litros/ton/forraje verde
<p>Ácidos orgánicos</p> <p>Ácido fórmico</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce la proteólisis, disminuye el pH, actúa como bactericida - Mejora el consumo del ensilaje y la respuesta animal - Mejora ligeramente la digestibilidad - Puede actuar como decolorante en algunos ensilajes 	<ul style="list-style-type: none"> - Diluido en cantidades de 0.25 a 0.50% del forraje fresco o 5 kg/tonelada de forraje verde o 40 a 45 litros del producto en solución del 12% por tonelada de forraje verde. - Formalina + ácido fórmico gramíneas 1 + 2 litros/ton/forraje verde; leguminosas 2 + 3 litros/ton/forraje verde - Ácido fórmico 85%: gramíneas 2.5, leguminosas 5.0 litros/ton/forraje verde - Tetraformato de sodio: gramíneas 3.0, leguminosas 6.0 litros/ton/forraje verde
<p>Ácido propiónico</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Controla la producción de hongos - Incrementa la presencia de carbohidratos fermentables - Reduce la proteólisis y el calentamiento de la masa y la formación de otros productos 	<ul style="list-style-type: none"> - 0.5 al 2%
<p>Formaldehído</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Restringe la fermentación - Disminuye la formación del ácido láctico - En exceso reduce la digestibilidad de la proteína - Produce inestabilidad del ensilaje, después de remoción del silo 	<ul style="list-style-type: none"> - 4 a 8 lb/ton/forraje verde
<p>Dióxido de azufre o su sal metasufito de sodio (pitosal)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Restringe la fermentación - Utiliza grandes cantidades de oxígeno - Tiene acción bactericida - Su efectividad disminuye cuando la humedad del material es mayor del 75% 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 a 4 kg/ton/forraje verde

6. LLENADO DEL SILO

Silos verticales

Para llenar los silos verticales se utiliza un elevador, y una o dos personas que distribuyan uniformemente el forraje y lo apisonen. Esta última labor se realiza hasta llenar una tercera parte de su capacidad. Alcanzado este volumen, no es necesario el apisonamiento. Se compacta a través de una puerta ubicada a determinada altura del silo.

Cada carga del remolque debe descansar en dos cargas anteriores, con el fin de repartir la presión de la masa ensilada. El material se distribuye del centro hacia los extremos, apisonando bien las orillas para que no penetre el aire. A medida que se carga el silo se adicionan, cuando es necesario, la melaza u otro aditivo, o agua cuando el forraje está muy seco.

En el proceso de fermentación del forraje ensilado se desprende anhídrido carbónico, gas más pesado que el aire, que no se difunde en el silo, el cual forma una capa hasta cierta altura de la superficie del forraje. Si se encuentra en grandes cantidades y las puertas del silo se mantienen cerradas, puede causar asfixia, por lo cual se recomienda no entrar al silo cuando se está cargando, hasta que el aire del ventilador no haya eliminado el gas. La carga del silo se hace por la parte de arriba y se descarga por la ventanilla, empezando por la parte superior, hasta que se llega a la base.

Silos de montón, de trinchera y horno forrajero

Los silos de montón y de trinchera se llenan distribuyendo, del centro a los extremos, capas de forraje de 20 a 30 cm de espesor, las cuales se compactan con tractor de orugas, tractor común, rodillos, *cultipacker*, canecas de 55 galones llenas de agua, vehículos, o simplemente con personas que apisonen el material constantemente. Si se requiere, después de cada capa se aplica melaza, agua u otros aditivos. El silo se llena hasta dos terceras partes de su capacidad y a una altura mínima de un metro sobre el nivel de las paredes. Los silos búnker y de trinchera pueden llenarse por secciones, dos o tres, para evitar la exposición de la masa ensilada al aire y para que no haya pérdidas de material.

En los hornos forrajeros el llenado se facilita colocando el material sin picar en capas que no se entrelacen, con el fin de facilitar la extracción del aire con el apisonamiento (Figura 4.10).

FIGURA 4.8
ADICIÓN MANUAL DE LA MELAZA AL FORRAJE A MEDIDA QUE SE CARGA EL SILO



FIGURA 4.9
APLICACIÓN DE MELAZA EN UN HORNO FORRAJERO



Silos de plástico

En el silo de montón cubierto con plástico, las capas de forraje se distribuyen y se compactan sobre una lámina de plástico y se cubren con otra lámina del mismo material, sellando la zona en donde se ponen en contacto las dos láminas. El plástico puede utilizarse varias veces (Figura 4.11).

En el silo de plástico desechable, el llenado y afirmado del material se hace con una máquina compactadora acondicionada al tractor, que llena la bolsa y la comprime a razón de una o dos toneladas por minuto, dependiendo de la presión que se quiera poner al material.

Silos de compresión al vacío

Bolsas individuales

La extracción del aire se hace mediante una cámara de vacío para la cual se puede utilizar una aspiradora común, un descompresor, una motobomba o una máquina de ordeño mecánico. Se requiere además un tubo de metal o PVC, de una longitud equivalente a las tres cuartas partes de la longitud de la bolsa y de un diámetro de 3 a 4 cm. El tubo va sellado en uno de sus extremos y posee perforaciones o agujeros a lo largo de su superficie.

El forraje se deposita dentro de la bolsa. Cuando se ha llenado una tercera parte, se introduce el tubo de aspiración. La sección perforada del tubo debe quedar totalmente sobre la bolsa. Se continúa llenando la bolsa y agregando los aditivos correspondientes. Cuando se completa un poco más de las tres cuartas partes de la bolsa, se pone a trabajar la bomba de vacío, la cual se debe conectar previamente al tubo de aspiración. Para extraer el aire de la bolsa, son suficientes de 2 a 4 minutos, dependiendo de la capacidad de ésta. Luego se saca rápidamente el tubo y se ata el cuello de la bolsa, procurando evitar la entrada de aire.

En algunos casos, para evitar la aspiración del forraje se prescinde del uso del tubo de succión, introduciendo directamente en la bolsa la manguera de aspiración del aparato de vacío y colocando una tela fuerte en el extremo libre de la manguera.

Cuando la bolsa presenta perforaciones, se escucha un silbido característico al extraer el aire, que permite su rápida ubicación. Estas perforaciones se cierran con cinta adhesiva. Una vez selladas las bolsas, se colocan en un sitio cubierto para evitar los daños que puedan

FIGURA 4.10
LLENADO DEL HORNO FORRAJERO



FIGURA 4.11
SILO DE PLÁSTICO DESECHABLE (MOSQUERA, CUNDINAMARCA)



causar los roedores, enemigos mayores de este tipo de silo. El forraje almacenado de esta manera se puede conservar durante mucho tiempo. En las condiciones de Colombia, ensilajes de avena-vicia y de maíz se han conservado por períodos de más de un año, sin sufrir mayores pérdidas.

Silos de montón al vacío

Para elaborar el ensilaje, se pone una capa de arena o de paja blanda en el suelo, con el fin de que no se rasgue la lámina de plástico que se extiende sobre esta capa. Se coloca el forraje encima de la lámina y se va formando un montón, dejando alrededor de él unos 25 cm de lámina de plástico que se utilizarán para cerrar el silo. La altura del montón será tal que al cubrirlo con la lámina superior, sobren de ella unos 25 cm por todos los lados, para poder efectuar el cierre.

Se coloca el tubo de aspiración entre el forraje, a unos 20 cm de la cresta del montón. Se cubre luego con la lámina de plástico superior y se da salida al tubo de aspiración, por un punto de esta lámina, fijando con cinta adhesiva los bordes de la abertura del tubo.

Se cierra el tubo siguiendo todo su contorno, de tal forma que se aprisionen los bordes de las láminas superior e inferior entre los tubos que forman el cierre. Se pone en funcionamiento la bomba de vacío. Cuando el plástico se ha pegado bien a la masa de forraje, se detiene la máquina, con el fin de descubrir los pequeños agujeros que pueden haberse originado. Después de reparados, se pone de nuevo en marcha la máquina de vacío y se hace funcionar, hasta que la altura del montón no se reduzca más. En este momento se desconecta la máquina y se cierra herméticamente la boca del tubo. Con esta labor queda terminado el silo. Al cabo de unas horas se observa que el silo se hincha debido a la formación de anhídrido carbónico, el cual desaparece poco a poco. Si se acumula líquido en las partes más bajas del silo, se pincha para dar salida a los efluentes y después se repara la abertura con cinta adhesiva.

Silos en bolsas pequeñas

La bolsa de polietileno, que se introduce previamente en la de polipropileno, se llena con forraje picado, compactando bien el material, a medida que se introduce en la bolsa y se agregan los aditivos. Las bolsas se cierran individualmente, con nudos fuertes. Este material es fácil de fabricar, almacenar y transportar.

Fardos o rollos cilíndricos (henolaje)

Una vez guadañado o segado el pasto, antes de empezar a recogerlo, se debe comprobar que tenga el contenido de humedad correcto. El enfardado debe hacerse en el tiempo más breve posible. Las condiciones de trabajo de una máquina enfardadora varían con las características del producto que se va a ensilar y el estado y naturaleza del terreno. Su rendimiento depende de la preparación de las hileras de pasto. El fardo resulta perfecto si la hilera es baja y ancha. Los mejores resultados se obtienen con hileras de 1.10 m, aproximadamente, y de 30 cm a 40 cm de alto. Con estas especificaciones, se facilita la formación del fardo y se evitan pérdidas de material.

Cuando se va a enfardar para hacer el henolaje, en la parte delantera del tractor va montado un tanque que contiene una mezcla de melaza, agua, urea, y un producto que contenga bacterias acidificantes, productoras de ácido láctico (lactobacilos), que se consiguen comercialmente como Sil-All o como Advance. Las proporciones son 100 kg de melaza, 100 kg de agua, 2 kg de urea y 250 g de Sil-All o Advance. Estas cantidades son suficientes para rociar 25 ton de henolaje. No se recomienda hacer el henolaje sin esta mezcla, pues las pérdidas son demasiado grandes por hongos, pudriciones, etc.

Velocidad de llenado

La velocidad de llenado del silo influye en la calidad y las pérdidas del ensilaje. Por tal razón, se recomienda llevar a cabo esta labor en forma ininterrumpida en el día. Si el llenado tiene que posponerse para el siguiente día, se aconseja, para evitar pérdidas posteriores, separar del resto de la masa una capa de 3 cm a 5 cm de espesor antes de descargar el primer remolque. La extracción del aire en los silos al vacío conviene realizarla en una o dos horas. Los ensilajes con un llenado rápido, comparados con los de llenado lento, tienen un mejor patrón de fermentación y favorecen un mayor rendimiento de los animales (Cuadro 4.7).

Los fardos o rollos cilíndricos se deben colocar en las bolsas de plástico, o embalsarse con la lámina del mismo material, a las pocas horas de formados, para asegurar un ensilaje de buena calidad y evitar las pérdidas de materia seca y los daños por efecto del clima.

CUADRO 4.7

EFECTO DE LA VELOCIDAD DE LLENADO SOBRE LAS PÉRDIDAS DE NUTRIENTES Y PATRÓN DE FERMENTACIÓN DEL ENSILAJE DE AVENA, RAYGRAS Y TRÉBOL ROJO

	Velocidad de llenado	
	Rápida ¹	Lenta
Materia seca recobrada como porcentaje de nutrientes ensilados		
- Como buen ensilaje	83.0	77.0
- Como efluentes	8.3	8.7
- Pérdidas por fermentación	8.7	14.3
Composición (% de materia seca)		
- Ácido láctico	9.2	6.0
- Ácido acético	2.4	3.6
- Ácido butírico	1.1	2.2
- pH	4.9	5.1
Producción láctea (lb/vaca/día)	28.7	27.6

¹ El llenado rápido se hizo en un día y el lento en 5 días.

Fuente: Miller (1979).

7. COMPACTACIÓN

Se trata de una labor fundamental para la obtención de un ensilaje de excelente calidad y para evitar pérdidas de material. Su acción contribuye a la expulsión rápida del aire de la masa ensilada y a acelerar la terminación de la respiración aeróbica, obviando las fermentaciones indeseables, la excesiva degradación de los carbohidratos y la desnaturalización de las proteínas, por los efectos de las altas temperaturas. Disminuye, además, la velocidad del movimiento del aire, evita la entrada de aire nuevo y, consecuentemente, previene la presencia de mohos y la descomposición del producto.

La compactación mecanizada se realiza con tractor o buldócer (Figura 4.12). Con los tractores de doble tracción es posible incrementar la altura y la pendiente de los silos con paredes. Pequeñas cantidades se compactan con rodillos, apisonando el material con los pies o con pisonos especiales (Figura 4.13). Es conveniente prevenir que los implementos utilizados para esta labor hagan contacto con el suelo, mientras se realiza la labor, para evitar la contaminación del ensilaje.

FIGURA 4.12
COMPACTACIÓN DEL FORRAJE DE AVENA CON TRACTOR EN UN SILO RÚSTICO
(SOPÓ, CUNDINAMARCA)



FIGURA 4.13
RODILLO UTILIZADO PARA COMPACTAR LA MASA ENSILADA (CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ)



En el ensilado en fardos, el forraje no se somete a la presión de las capas superiores de la masa ensilada, por lo cual los fardos se pueden elaborar y almacenar con un contenido más alto de humedad, sin que se presenten pérdidas por escurrimiento. Los fardos deben estar libres de tierra, con densidad homogénea y forma regular cilíndrica.

8. TAPADO O SELLADO

No es necesario tapar los silos verticales, pero sí debe hacerse en los silos de trinchera, búnker y de montón, así como sellar los silos de plástico y los silos de compresión al vacío, con el propósito de evitar la entrada de aire y de agua que pueden causar la pérdida de los primeros 20 a 30 cm del material ensilado.

El sellado de los silos de trinchera, búnker, parva y de montón puede hacerse cubriendo el forraje con paja, polietileno u otro material, sobre el cual se coloca algún peso (Figura 4.14). En algunos casos se coloca una capa de tierra de 30 a 60 cm de espesor y se siembra alguna gramínea. Cuando se cubren con polietileno, los bordes de la cubierta se apisonan y entierran alrededor del silo, para evitar filtraciones.

La descarga del material se hace de la boca hacia el fondo, destacando pequeñas porciones para consumo de 4 a 5 días. Las pérdidas de materia seca en los ensilajes de los silos búnker no cubiertos pueden ser de 62 a 75% superiores a los ensilajes de los silos búnker cubiertos (Cuadro 4.8).

CUADRO 4.8
EFECTO DEL TAPADO DE SILOS BÚNKER SOBRE LAS PÉRDIDAS DEL ENSILAJE

	Maíz		Avena	
	Cubierto ¹	Sin cubrir	Cubierto	Sin cubrir
Forraje ensilado				
- Fresco (lb)	45.655	47.990	27.450	26.190
- Materia seca (lb)				
Ensilaje conservado				
- Materia seca (lb)	8.568	7.056	7.336	4.911
- Pérdidas de materia seca (%)	25.8	41.9	29.9	52.4

¹ Para tapar se utilizó polietileno 6.

FIGURA 4.14

ENSILAJE DE AVENA CUBIERTA CON PLÁSTICO Y BOLSAS DE TIERRA PARA AYUDAR A LA COMPRESIÓN DE LA MASA ENSILADA. NÓTENSE LOS CANALES LATERALES DE DRENAJE PARA LOS EFLUENTES (BOJACÁ, BOYACÁ)



Fardos o rollos cilíndricos

Si se quiere obtener un buen ensilaje, se debe cerrar herméticamente la envoltura plástica, pues hasta un agujero muy pequeño puede arruinar el fardo por completo.

Embalaje en bolsas plásticas

Cuando el embalaje del cilindro se hace en bolsas plásticas, es conveniente tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Ajustar el tamaño de los fardos de acuerdo con el equipo y la bolsa plástica que se va a emplear.
- Utilizar bolsas plásticas con varias capas, blancas por fuera y negras por dentro.
- Insertar el fardo en la bolsa, cuando todavía está en la máquina que lo transporta.
- Depositar el fardo en el sitio de almacenamiento permanente.

- Cerrar y amarrar el extremo de la bolsa con cuerda plástica, que no estire ni se deteriore con el clima.
- Doblar el extremo de la bolsa, y amarrarlo por segunda vez.

Embalaje con película adhesiva de plástico

Es muy importante realizar el embalaje en tiempo seco, durante las dos o cuatro horas después de recogidos y prensados los fardos, con el fin de evitar el sobrecalentamiento en el interior del forraje (Figuras 4.15 y 4.16). Los fardos deformados pueden tener problemas con la película plástica en el embalaje, lo cual traería como consecuencia la aplicación de un número de pases de película mayor que el previsto. Los fardos prensados deficientemente se embalan con dificultad y producen un ensilaje mediocre; deben ser de buena forma, firmes y amarrados con plástico, en vez de fibras naturales (sisal, cáñamo) o cualquier fibra natural tratada con adhesivos sintéticos.

La integralidad del forraje ensilado depende de la estabilidad en el tiempo y de las características físico-mecánicas de la película o lámina de plástico con la cual se embalan los fardos, las cuales son:

- Resistencia mecánica.
- Poder adhesivo y elasticidad para obtener un sellado adecuado.
- Resistencia a la lluvia, el granizo, las heladas, el viento, etc.
- Capacidad de protección contra los rayos ultravioleta.

En el mercado se consiguen láminas plásticas con excelente grado de dureza y elasticidad; resistentes a rasgaduras, pinchazos, altas temperaturas y a condiciones extremas del clima; que protegen el ensilaje contra hongos y bacterias y reducen al mínimo el daño por roedores; con propiedades antioxidantes y estabilizadoras de los rayos ultravioleta.

El plástico para el trópico debe ser UV20 (para filtrar luz ultravioleta), con capacidad para envolver mínimo 6 capas (a veces disminuyen esta cantidad con el fin de rebajar costos, con resultados desastrosos); el traslape ha de ser del 50% y el plástico debe tener 70% de estiramiento.

Almacenamiento

Los fardos se almacenan, dentro de las 12 horas siguientes al embalaje, en un sitio abrigado, seco, bien drenado, nivelado; preferiblemente con piso de cascajo o arena; lejos de árboles y de personas curiosas; retirados, como mínimo, 10 metros de cursos de agua (diques o drenajes).

FIGURA 4.15
COLOCACIÓN DEL FARDO CILÍNDRICO EN LA EMBALADORA (MADRID, CUNDINAMARCA)



FIGURA 4.16
FARDO EN PROCESO DE EMBALAJE (ENVOLTURA) (MADRID, CUNDINAMARCA)



El almacenamiento se lleva a cabo sobre la cara plana de los fardos. De esta manera, conservan su forma redonda y su manejo será más fácil. Además, el plástico estará mejor protegido de los rayos ultravioleta, puesto que la densidad y las capas de plástico son mayores por estas caras. Se colocan lo más cerca posible, entre sí, en pilas de dos o tres niveles. Se aconseja un solo nivel con fardos con un alto contenido de hojas; dos niveles, con fardos con un contenido de materia seca entre 25 y 35%; y tres niveles, con 35 a 45%.

Si se van a almacenar por mucho tiempo, es conveniente cubrir las pilas con plástico bien estirado y sellado al piso con tierra o arena. La cobertura se puede asegurar con cuerdas plásticas en ambas direcciones, para evitar que el viento la sacuda.

Cuando se aplica la mezcla melaza-urea-bacterias, el henolaje está listo en 20 a 25 días; de lo contrario tarda 50 días y es de calidad inferior.

Las temperaturas de congelamiento pueden dañar el ensilaje húmedo. Si hay ganado próximo, es conveniente protegerlo con cercas (Figura 4.17). En ningún momento se debe permitir el contacto de los fardos con abonos, herbicidas o aceites minerales. Se recomienda revisarlos frecuentemente y sellar los agujeros con cinta plástica. El período de conservación del ensilaje está comprendido normalmente entre 6 y 12 meses.

9. EXTRACCIÓN O DESCARGA DEL SILO

La descarga del silo puede ser mecanizada o manual. Esta rutina es bastante dispendiosa cuando se trata de la alimentación de hatos grandes (Figura 4.18).

Con la extracción mecanizada se descargan de 20 a 25 toneladas por hora. El trabajo se lleva a cabo con alzadoras de caña, adaptadas a esta labor, o retroexcavadoras dentadas ensambladas a un tractor. También pueden utilizarse máquinas adaptadas con cuchillas acopladas a un rotor, que cortan verticalmente el ensilaje, las cuales se acoplan, a la vez, a un sistema de elevadores de banda o al cargado directo.

Para evitar el deterioro del ensilaje por el contacto con el aire, es conveniente no destapar anticipadamente el silo. Además, en el momento de la extracción hay que impedir que el ensilaje bien conservado se mezcle con el dañado. Para realizar esta labor, se requiere un obrero adicional en el momento de la operación de descargue del silo.

FIGURA 4.17
PACAS PROTEGIDAS DEL GANADO (MOSQUERA, CUNDINAMARCA)



FIGURA 4.18
DESCARGUE MANUAL DEL ENSILAJE DE SUCROSORGO (EL ESPINAL, TOLIMA)



El ensilaje en fardos o rollos cilíndricos se comienza a suministrar al ganado tres semanas después de cosechado el forraje; cuando los fardos se embalan en bolsas plásticas, si se desea utilizar de nuevo la bolsa, se desata con cuidado. El rollo se lleva al sitio de alimentación de los animales y se deposita en los comederos, para evitar daños por pisoteo.

Para utilizar el ensilaje de fardos embalados con láminas plásticas, se procede de la siguiente manera: se para el fardo sobre la cara plana; se corta el plástico en todo su contorno en la parte baja del fardo; se retira el plástico, se cortan las fibras de abajo hacia arriba, y se retiran para evitar que los animales las consuman.

El rollo se suministra directamente a los animales, se deshace manualmente para facilitar esta labor. El ensilaje se utiliza en un período no mayor de ocho días con el fin de evitar pérdidas de calidad por acción del aire y la humedad.

Después de usar la película de plástico, es conveniente llevarla a un botadero autorizado, a un centro de reciclaje o incinerarla. Por ningún motivo debe permanecer al aire libre.

El peso del ensilaje depende del tamaño del corte, la clase, el estado, la madurez y la humedad del forraje, la altura del silo y el grado de compactación. Para calcular el tamaño y dimensiones del silo y los cortes diarios de las raciones, se considera un peso promedio de 664 kg/m³, en los silos torre, y de 510 kg/m³ en los silos búnker, de trinchera y de montón. Para los ensilajes de pastos tropicales menos densos y más permeables, se han señalado pesos de 500 kg/m³ a 750 kg/m³. Un fardo típico pesa entre 400 y 750 kg.

10. ORGANIZACIÓN DEL PROCESO MECANIZADO

La manera más sencilla de ajustar las necesidades de maquinaria en la organización del proceso mecanizado de elaboración del ensilaje, se logra mediante la aplicación de la siguiente fórmula (Ojeda *et al.*, 1961):

$$\text{Número de remolques} = \frac{t_2 + t_3}{t_1}$$

En donde:

t_1 = tiempo de llenado del remolque en el campo. Esta variable depende de la productividad de la silo-cosechadora, del rendimiento del área y de la capacidad de carga de los remolques;

t_2 = tiempo de ida y vuelta al silo. Depende de la distancia del silo al área en donde se cosecha el forraje, de la velocidad con la cual se puede transitar, de las operaciones de carga y de las maniobras necesarias en el campo. Es el indicador más factible de disminuir.

t_3 = tiempo de inmovilización del remolque en el silo. Depende de las operaciones de descarga, de las eventuales necesidades de efectuar enganches para subir al silo los equipos de tiro o de si se utilizan aditivos.

El acoplamiento de las máquinas de corte con los equipos de tiro del forraje hacia el silo es el factor que garantiza la eficiencia de la labor, y subordina el resto de las operaciones.

Cuando la suma de los tiempos t_2 y t_3 es inferior a t_1 , dos remolques son suficientes para realizar eficientemente la operación.

11. PÉRDIDAS

En el proceso de ensilaje se presentan pérdidas, tanto en el campo como en el silo y fuera de él. Algunas de éstas se consideran inevitables, como las debidas a la respiración celular y a las transformaciones bioquímicas del material ensilado; otras se deben, en parte, a la acción mecánica y la compresión de la masa ensilada. Una parte de las pérdidas pueden evitarse, como aquellas producto del contacto de la masa con las paredes del silo y también las debidas a la compactación deficiente, al sobrecalentamiento, al mal arreglo y distribución de las capas de material cuando se carga el silo. Asimismo, pueden impedirse las pérdidas de forraje verde y de materia seca antes de ensilar el material, las que se presentan en la alimentación del ganado y las ocasionadas por la exposición del ensilaje al medio ambiente.

Pérdidas de materia seca

En el campo

Éstas son difíciles de estimar. La información varía ampliamente, pero es probable que sean mayores en materiales que se han sometido al presecamiento, que en aquellos de cosecha directa. Se ha estimado que en un período de premarchitamiento de 24 horas, se puede perder el 1.5% de la materia seca y del 5% al 10% del forraje verde. Estos porcentajes pueden reducirse con la utilización de maquinaria ade-

cuada para la cosecha, el picado del material, el transporte al silo y la aceleración de la velocidad de llenado.

Durante el almacenamiento

- a. *Fermentación.* Las pérdidas de materia seca durante el almacenamiento dependen, en gran medida, del patrón de fermentación. El de la glucosa y de la fructosa a ácido láctico es un proceso extremadamente eficiente, en términos de la conservación de la energía. Por el contrario, la fermentación secundaria del ácido láctico a ácido butírico se asocia a altas pérdidas de materia seca y de energía. Cuando no se presentan, las pérdidas de materia seca por este concepto pueden llegar al 5%.
- b. *Efluentes.* Si la cosecha se marchita adecuadamente es probable que no se presenten pérdidas por efluentes. En caso contrario, pueden ser considerables, con el agravante de que son 20 veces más contaminantes de los ríos y corrientes que el estiércol del ganado. Es aconsejable, hasta donde sea posible, evitar su producción o eliminarlos, diluyéndolos en agua, en una relación de uno a uno y regándolos en suelos alejados de las corrientes de agua. Las pérdidas por este concepto se han calculado entre 0 y 12% en los silos verticales y horizontales, pero cesan de ocurrir cuando la masa ensilada llega a un 35% de materia seca.
- c. *Pérdidas superficiales.* Si el silo no se llena completamente, las pérdidas de materia seca pueden alcanzar valores del 30 al 40%. Bajo condiciones de buen manejo, no deben exceder el 6% de la materia seca ensilada.

Durante la retirada del silo

Cuando el ensilaje se transporta para alimentar el ganado, el material se expone al contacto con el aire y, consecuentemente, a la deterioración aeróbica, la cual puede ser más elevada en los climas tropicales o cuando la densidad del ensilaje es muy baja. Para evitar estas pérdidas, es necesario remover uniformemente el ensilaje, eliminando el material alrededor de la cara del silo o utilizando equipo especializado para el descargue.

Pérdidas de digestibilidad

En ensilajes bien preservados, sometidos a marchitamiento, con mermas totales de materia seca de 25% o menos, desde el corte hasta la alimentación, la digestibilidad del ensilaje experimenta sólo una pequeña reducción, la cual puede alcanzar dos o menos unidades porcentuales que el producto que se ensila. Sin embargo, parece que se obtienen iguales resultados con ensilajes de cosecha directa bien preservados.

Pérdidas de otros componentes

En el proceso de ensilaje el caroteno se oxida fácilmente, hay un malograsi casi total de vitamina C y pérdidas parciales de los minerales, por efecto del lavado, al comprimirse la masa ensilada. La respiración celular y las transformaciones bioquímicas afectan el contenido de carbohidratos, principalmente, y en menor proporción el de proteínas. Estos desgastes, medidos en energía digerible, pueden variar entre el 10 y el 15%.

Pérdidas totales

Dependiendo del tipo de silo, se considera aceptable una merma absoluta de material entre el 10 y el 20%. En el país se han reportado los siguientes valores: silos de torre, del 10 al 20%, y de montón, del 6 al 35%.

Indicadores de buen manejo

En ensilajes de gramíneas sometidas a marchitamiento y de cosecha directa, las pérdidas totales de materia seca pueden llegar al 21 y el 19%, respectivamente. Cuando se deben a fermentación, efluentes, mermas superficiales y las ocurridas durante la retirada del silo, no parecen existir diferencias entre los dos métodos. Las pérdidas de materia seca en el campo son bastante superiores en el material marchitado (Cuadro 4.9).

CUADRO 4.9
PÉRDIDAS PROBABLES DE MATERIA SECA EN SILOS BÚNKER, CON GRAMÍNEAS ENSILADAS
CON MATERIAL CORTADO DIRECTAMENTE EN EL CAMPO O SOMETIDO
A MARCHITAMIENTO, BAJO CONDICIONES DE BUEN MANEJO

Pérdidas de materia seca (%)	Corte directo¹	Marchitado²
En el campo		
Respiración	–	2
Pérdidas mecánicas	1	4
Durante el marchitamiento		
Respiración	–	1
Fermentación	5	5
Efluentes	6	6
Pérdidas superficiales	4	4
Durante la retirada del silo	3	3
% total	19	25

¹ Con adición de ácido fórmico.

² Marchitamiento 36 horas en el campo.

Fuente: Wilkinson (1983), p. 56.

Capítulo V

EVALUACIÓN DE ENSILAJES

Los ensilajes pueden evaluarse cualitativamente mediante indicadores como el olor, el color y la textura, o cuantitativamente por valores de pH, la presencia de ácidos fermentables, los componentes nutritivos, el nivel probable de consumo y la digestibilidad de la materia seca.

1. CARACTERIZACIÓN ORGANOLÉPTICA

El patrón de fermentación del material ensilado imparte al producto final características especiales de color, olor y consistencia, las cuales sirven como indicadores para determinar, aunque muy empíricamente, la calidad del ensilaje (Cuadro 5.1).

2. VALORES DE pH

El pH es un buen indicador del patrón de fermentación del ensilaje y su determinación es bastante sencilla utilizando papel Litmus. Con pH por encima de 4.4, se espera la ocurrencia de fermentaciones secundarias, y entre 3.8 y 4.2, fermentaciones ácido láctico dominantes.

3. ÁCIDOS FERMENTABLES

La determinación en el laboratorio de los ácidos volátiles grasos (acético, propiónico, isobutírico, isovalérico y valérico) y del ácido láctico ofrece un cuadro muy completo del patrón de fermentación y, consecuentemente, de la calidad del ensilaje; si éste está bien conservado, se espera que el ácido acético, como porcentaje de la materia seca, sea igual o menor del 2.5% y no contenga otros ácidos volátiles grasos; que el N insoluble en agua caliente, como porcentaje del N-total, sea mayor del 50%, y el N-amoniaco, menor o igual al 5%. Estas metas pueden alcanzarse si se marchita el material antes de ensilar y con el uso de un aditivo que reduzca eficientemente la duración de la fermentación (Cuadro 5.2).

CUADRO 5.1
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL ENSILAJE

Indicador		Patrón de fermentación	Calidad
Color	Verde aceituna o amarillo oscuro parecido a la picadura de cigarrillo rubio	Fermentación láctica Temperatura entre 25 y 30°C	Excelente
Olor	A miel o azucarado de fruta madura		
Textura	El forraje conserva sus contornos continuos, bien definidos. Las hojas permanecen unidas a los tallos		
Color	Verde amarillento. Los tallos con tonalidad más pálida que las hojas	Fermentación láctica	Buena
Olor	Agradable, con ligero olor a vinagre		
Textura	Igual al anterior		
Color	Verde oscuro	Acética	Regular
Olor	Fuerte, ácido, semejante al vinagre		
Textura	Las hojas se separan fácilmente de los tallos. Las hojas tienden a ser transparentes y los vasos venosos muy amarillos.		
Color	Marrón oscuro, casi negro o negro	Butírica Temperaturas altas	Mala
Olor	Desagradable, a mantequilla rancia		
Textura	No se aprecia diferencia entre hojas y tallos, masa amorfa, jabonosa al tacto, húmeda y brillante.		

CUADRO 5.2
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE ENSILAJES DE BUENA Y MALA CALIDAD

Parámetro	Ensilaje de buena calidad	Ensilaje de mala calidad
pH	4.0	5.5
Ácido láctico (% MS)	8.5	1.1
Ácido acético (% MS)	1.5	3.0
Ácido butírico (% MS)	-	3.5
Nitrógeno amoniacal (% MS)	1.0	4.0
Nitrógeno amoniacal (% total)	-	-
Color	Verde amarillento	Negro
Olor	Agradable	Pútrido
Apariencia	Ausencia de hongos	Presencia de hongos
Humedad	70%	Mayor 7%
		Menor 6%
Sabor	Apetecible al ganado	Rechazo por ganado

Fuente: Arguelles (1982).

4. COMPOSICIÓN NUTRITIVA

Para calcular de manera realista el balance de nutrientes requeridos en la dieta con el fin de obtener niveles predeterminantes de productividad, se requiere conocer la composición nutritiva y el nivel de consumo probable del ensilaje, solo o en mezclas con otros productos.

Históricamente el valor nutritivo de los alimentos se ha evaluado en función de su contenido de materia seca (MS), proteína bruta (PB): nitrógeno total por 6.25, ceniza, fibra bruta y otros carbohidratos diferentes a la fibra. En años recientes se han utilizado la fibra detergente ácido (FDA) y la fibra detergente neutro (FDN) como indicadores de calidad, dada su correlación con la digestibilidad del producto, su valor energético y el consumo voluntario del ganado. En los Cuadros 5.3, 5.4 y 5.5 se muestra la composición nutritiva típica del ensilaje de gramíneas y leguminosas, cultivos forrajeros y subproductos propios de los climas cálidos, medios y fríos de los trópicos. La variabilidad observada entre los ensilajes de las mismas especies es el resultado del manejo, estado de crecimiento al corte o cosecha antes de ensilar, y la calidad del proceso de fermentación. Con esta información se discutirán a continuación cada uno de los componentes.

CUADRO 5.3
COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE ENSILAJES DE PASTOS GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS

Pasto	País	Estado de crecimiento al corte	Materia seca	Como % de materia seca					Fibra detergente neutra	Fibra detergente ácida
				Proteína bruta	Fibra bruta	Cenizas	Extracto etéreo	Extracto libre de nitrógeno		
Gramíneas										
Andropogum	Ghana		25.0	5.8	37.4	7.4	1.9	47.5		
Elefante	Zimbabwe	120 cm de altura	23.5	6.8	35.8	13.7	0.9	42.8		
	Zimbabwe	210 cm de altura	21.4	4.2	35.3	15.2	1.2	44.1		
Estrella	México		22.0	10.0	28.8					
Guinea	Tanzania		20.0	6.3	39.7	19.6	2.7	31.7		
Kiluyo	Colombia			4.6						
Pangola	Trinidad		27.2	6.9	29.9	16.2	2.0	45.0		
	México		19.9	7.6	32.2					
Puntero	Brasil		32.2	4.3	43.11	9.1	2.5	41.0		
Rhodes	Nigeria	Final período vegetativo	23.6	4.5	37.2	13.4	2.2	42.7		
Elefante enano	Florida (EU)		26.9	10.9					44.8	
Bermuda	Florida (EU)		32.8	11.4					68.8	74.5
Sorgo forrajero	Florida (EU)		24.7	7.8					58.4	33.7
Leguminosas										
Alfalfa	Chile		24.6	20.4	20.9	12.6	8.9	37.2		
	Comell (EU)			21.1						42.0
Kudzu	Zimbabwe			13.3	31.1	11.6	4.2	39.8		
Trébol rojo	Chile		22.8	14.2	28.9	14.6	5.8	36.3		

Fuente: adaptado de Gohl (1982), Blaser (1986) y Knowlton et al. (1993).

CUADRO 5.4
COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE ENSILAJES DE CULTIVOS TEMPORALES

Pasto	País	Estado de crecimiento al corte	Materia seca	Como % de materia seca					Fibra detergente neutro	Fibra detergente ácido
				Proteína bruta	Fibra bruta	Cenizas	Extracto etéreo	Extracto libre de nitrógeno		
Avena	Reino Unido		23.7	8.0	35.9	7.6	3.4	45.1		
	Colombia		27.3	9.7	32.7	9.0	4.3	37.3	43.2	
Avena + vicia	Colombia		28.0	12.0					43.0	
	Colombia		26.0	12.0					45.0	
Cirasol	Colombia		20.4	8.1						
	Canadá	En mitad floración	24.3	14.1	25.6	13.3	5.1	41.9		
Maíz (clima cálido)	Canadá	Maduro	47.7	10.6	21.3	11.1	5.1	51.9		
	Colombia		20.4	8.1					35.4	
Maíz (clima frío)	Colombia		6.8						32.9	
	Colombia		21.1	7.9					25.8	
	Colombia		23.1	5.6					32.0	
	Colombia		19.0	7.7					27.0	
	Colombia	Con mazorca	9.5	9.5					30.3	
Maíz + frijol (clima frío)	Colombia	Sin mazorca	6.5	6.5					40.9	
	Cornell (EU)		9.5							
	Florida (EU)		8.9						42.9	
	Tanzania	Medio floración	28.8	7.4	31.4	6.2	1.9	53.1	54.6	
	Virginia (EU)	Estado lechoso	6.5	31.9		5.0	3.3	53.3		
Sorgo de grano (clima frío)	Colombia	Pastoso duro	7.2	16.4						
	Colombia		11.1							
	Colombia		14.6	11.7						
	Estados Unidos	Floración	18.5	11.1						
	Estados Unidos	Pastoso	14.6	11.7						
Trigo	Estados Unidos	Pastoso	26.6	7.5	26.4	6.1	2.5	57.5		
	Estados Unidos	Maduro	24.4	7.3	27.5	6.0	2.0	56.4		
	Virginia (EU)	Pastoso duro	30.4	8.0	22.8	6.8	3.0	59.4		
	Virginia (EU)	Pastoso duro	8.7	23.1						
	Virginia (EU)	Pastoso duro	8.0	29.5						
Cebada	Virginia (EU)	Pastoso duro	7.9	31.7						
	Virginia (EU)	Pastoso duro	15.1	30.8						
	Virginia (EU)	Pastoso duro	9.9	19.7						
Jacinto de agua	Filipinas	Planta completa	10.1	9.9	19.7	19.0	1.5	47.9		
	India	Henolaje	33.5	11.4	24.5	20.1	1.4	42.6		
	India	Henolaje+2% sal	46.8	13.9	17.4	18.9	1.5	48.3		

Fuente: adaptado de Blaser (1986), Laredo y Kleermann (1990), Díaz (1986), Knowlton et al. (1993) y Staples et al. (1993).

CUADRO 5.5
COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE ENSILAJES DE SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS Y PECUARIOS

Pasto	País	Material ensilado	Materia seca	Como % de materia seca					
				Proteína bruta	Fibra bruta	Cenizas	Extracto etéreo	Extracto libre de nitrógeno	
S. agrícolas									
Arroz	India	Ensilaje de tamo (paja)		5.9	30.0	11.4	1.7	51.0	
Arveja	Colombia	Vainas (cáscara)	27.5	14.4	24.6	3.6	2.6	47.2	
	Colombia	Legumbres	23.6	12.7	30.5	6.5	3.6	46.7	
Banano		Rastrojo	25.6	14.8	25.4	17.4	5.9	36.5	
Caña azúcar	Puerto Rico	Frutos verdes + 5% melaza	24.8	4.7	3.5	5.1	3.5	83.2	
	Puerto Rico	Tallos		3.6	36.1	6.3	2.1	51.9	
	R. Dominicana	Cogollos		5.0	30.0			50.0	
Citrus	R. Dominicana	Cáscara	23.0	10.6	21.0	9.5	6.4	52.5	
	Antillas	Cáscara	19.2	7.3	13.0	4.2	2.0	73.5	
	Israel	Cáscara	19.6	7.7	14.3	5.1	2.6	70.3	
Mango	Malí	Fruta	16.0	5.0	16.6	9.2	6.2	63.0	
Papa	Hawai	Rastrojo	25.0	12.8	17.6	22.4	10.8	36.4	
Piña	Hawai	Hojas	19.1	6.0	22.8	10.0	2.9	58.3	
Sorgo	Colombia	Soca		8.2	33.9				
Trigo	India	Tamo (paja)	27.5	3.5	39.4	14.6	0.5	42.0	
S. pecuarios									
Pescado	Trinidad	Tipo malta	49.8	38.0	6.0	10.2	4.4	50.0	
	Trinidad	Tipo melaza	47.6	28.2	6.1	11.3			

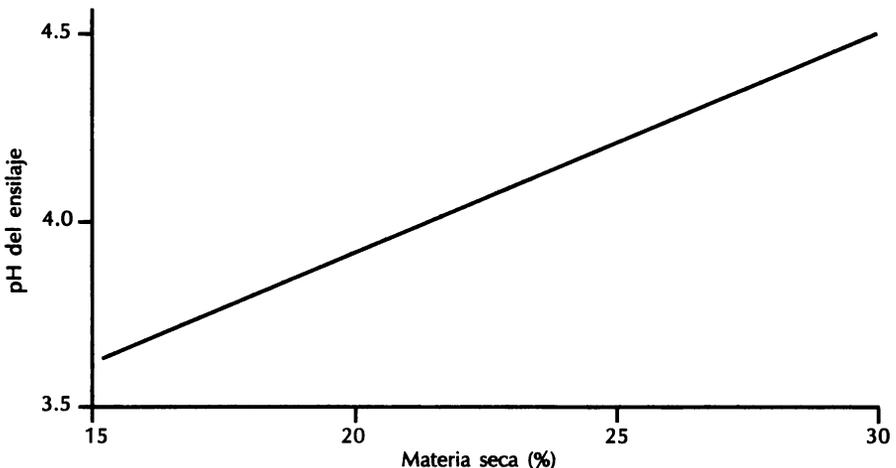
Fuente: adaptado de Cohl (1982).

Materia seca

La MS del material antes de ensilar parece tener poco efecto sobre el valor del forraje para el animal, pero influye directamente en la estabilidad del material ensilado durante el período de almacenamiento, puesto que el pH óptimo, en el cual el ensilaje permanece estable, se aumenta con los incrementos en el contenido de MS (Figura 5.1).

Para evitar reducir el riesgo de fermentaciones secundarias y sus consecuentes efectos en la reducción de la calidad del ensilaje, se recomienda cosechar las gramíneas con porcentajes de MS que oscilen entre 20 y 55%, los granos o cereales menores entre 40 y 50% y el maíz y el sorgo entre 25 y 35%. El contenido óptimo estaría entre 30 y 35%, valores que deben obtenerse mediante el marchitamiento o desecación al sol del forraje y no a expensas de la maduración o envejecimiento de las plantas.

FIGURA 5.1
VALORES TÍPICOS DE pH DE ENSILAJES DE GRAMÍNEAS, COSECHADAS A DIFERENTE CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA



Fuente: Wilkinson (1983), p. 51.

Nitrógeno total

Este componente ($N \text{ total} \times 6.25 = \text{proteína bruta (PB)}$) es el más importante de los que conforman el valor nutritivo del ensilaje, y un buen indicador global para determinar la calidad del producto y las condiciones bajo las cuales se ha conservado. Su determinación se debe hacer en muestras frescas porque en el secado del ensilaje se pueden perder fracciones nitrogenadas como las aminas, las amidas y el amoníaco.

El contenido de N total varía considerablemente entre muestras de la misma especie, dependiendo de la etapa de crecimiento en el momento de la cosecha o del corte y de los niveles de fertilización aplicados. Los niveles altos de fertilización propician el consumo de lujo y la probabilidad de incrementar el contenido de nitratos y nitritos en el momento de la cosecha. Sin embargo, no se ha presentado evidencia de que estos compuestos hayan causado problema en la alimentación animal cuando se suministran en el forraje ensilado.

Comúnmente los ensilajes contienen la mitad de su N como N insoluble en agua, y la otra proporción como aminoácidos, amidas y amonio, en cantidades diferentes, dependiendo del patrón de fermentación. Los ensilajes con contenidos bajos de N-amínico y N-amoniaco son el resultado de una fermentación de ácido láctico. Los que tienen altos contenidos son el producto de fermentaciones secundarias llevadas a cabo por bacterias del género *Clostridium*. Una parte de la proteína soluble en agua es degradada en el proceso de fermentación del material ensilado y se la conoce como proteína degradable (PD).

La determinación del N soluble en agua da una medida aproximada de la proteína verdadera en los forrajes conservados, la cual es degradada a nitrógeno no proteico (NNP) por las enzimas microbiales del rumen. La porción que escapa a la degradación es la de mayor valor para el animal, pues tiene alta probabilidad de absorción en el rumiante, escapando a su fijación por los microorganismos. La fracción fijada no es utilizada por el animal, y se excreta en la orina como urea.

La proporción de N-amoniaco como porcentaje de N-total es el indicador más útil de la calidad de la preservación del ensilaje y la ocurrencia o no de fermentaciones secundarias en el proceso. Su determinación se hace después de que la cosecha lleva ensilada por lo menos 120 días. Los ensilajes bien conservados contienen menos del 10% del N-total como N-NH₃.

Cuando en la preservación del ensilaje ocurren temperaturas superiores a 35°C, alguna proporción de la proteína forma complejos

con los azúcares (reacción tipo Maillard). El producto final de este proceso es casi indigerible por el animal y con un contenido alto de N-total, deteriorado por el calentamiento. En un buen ensilaje esta forma de N no debe exceder el 10% del N-total.

En el Cuadro 5.6 se presentan los valores y rangos promedios típicos para la proteína bruta en el ensilaje de gramíneas, leguminosas, cereales menores y maíz y sorgo, de zonas templadas y de zonas tropicales. Los valores para la proteína bruta de los ensilajes de las gramíneas tropicales están por debajo del rango inferior de los valores típicos, con excepción de los ensilajes de pasto estrella, pasto angola, elefante enano, coastal bermuda y sorgo forrajero. El de alfalfa se halla dentro del rango típico de los ensilajes de clima templado, y el de trébol rojo por debajo del límite inferior. La PB del kudzu, leguminosa bastante común y muy bien adaptada a las condiciones del trópico húmedo, está muy cerca del límite inferior del rango típico para las leguminosas tropicales.

De los ensilajes elaborados en Colombia, el de avena está por encima del rango superior al de los granos menores de zonas templadas. Los de maíz en climas fríos y medios se ubican en el rango de los correspondientes para zonas tropicales y son muy similares a los señalados para los ensilajes de maíz y sorgo en los Estados Unidos. La proteína bruta del ensilaje de la mezcla maíz-fríjol está por encima del rango superior de los del maíz y del trigo en las zonas templadas.

CUADRO 5.6
VALORES PROMEDIO Y RANGOS EN PROTEÍNA BRUTA DE ENSILAJES DE CULTIVOS DE ZONAS TEMPLADAS Y DE ZONAS TROPICALES

Cultivo	Proteína bruta (% de la materia seca)			
	Zona templada		Zona tropical	
	Promedio	Rango	Promedio	Rango
Gramíneas	16.0	10.0 – 17.9	11.3	7.5 – 12.5
Leguminosas	20.0	16.3 – 22.5	16.3	13.7 – 18.1
Cereales menores	10.0	7.5 – 11.3	---	--- - ---
Maíz y sorgo	8.7	7.5 – 10.0	6.9	5.0 – 8.1

Para el contenido de N, dividir por 6.25.

Fuente: adaptado de Wilkinson (1983).

El jacinto de agua es una planta bastante común de los embalses, canales, lagunas y estanques en Colombia y se la considera una de las malezas más nocivas, debido a la dificultad para erradicarla y la rapidez con que se propaga. El contenido de proteína bruta del ensilaje y el henolaje de esta planta están entre los ensilajes de granos menores. Su utilización en las dietas de los animales, aun en mínimas cantidades, contribuirá a bajar los costos de la alimentación y a la limpieza y mantenimiento de las fuentes de agua para consumo e irrigación.

La proteína bruta de los ensilajes de los subproductos de la arveja, aunque de escaso volumen en el país, está en los rangos típicos de los ensilajes de las leguminosas tropicales; y en el rango de las gramíneas tropicales, los ensilajes de cáscara de cítricos, de rastrojo de papa y de soca de sorgo; estos dos últimos, de un gran volumen de producción en Colombia.

Si bien la proteína bruta es baja en los ensilajes de cogollo de caña de azúcar, de frutos de banano, de tamo de trigo y de arroz, el volumen de producción es bastante elevado y podría contribuir significativamente al mantenimiento del ganado en épocas de escasez de forraje.

El contenido de proteína bruta no explica por sí solo el comportamiento del animal, pues, como se señaló anteriormente, esta cifra representa el contenido de nitrógeno en sus diferentes formas, muchas de las cuales el animal no puede utilizar. Para relacionar este valor con el comportamiento de los bovinos, se requiere convertirlo en proteína digerible, utilizando la ecuación $Y = 0.886X - 3.06$; en donde Y es la proteína digerible y X la proteína bruta (Harris *et al.*, 1968, en: Laredo, 1988).

Fibra

La fibra cruda es un indicador muy útil para medir el estado de crecimiento en el cual el cultivo para ensilar se ha cosechado y para predecir la digestibilidad y el valor energético del forraje. Esta fracción, que corresponde a los componentes estructurales de las plantas ensiladas, es de menor digestibilidad que la de los contenidos celulares, y permanece casi inalterada durante la fermentación, razón por la cual su proporción en el ensilaje es un poco mayor que la del forraje en pie, pero su digestibilidad es menor.

El contenido de fibra en la ración diaria de los animales está inversamente relacionado con el contenido de energía y, por lo tanto, se relaciona con el control del consumo de la materia seca. Es decir, un animal consumirá alimento hasta satisfacer sus requerimientos de energía, por

lo cual el consumo de uno con alto contenido de fibra se reducirá, así como la ganancia diaria y la producción de leche. En nuestro medio, donde abundan los forrajes altos en fibra, la estrategia para la alimentación del ganado sería la de optimizar el uso de los forrajes para reducir los costos, pero sin sacrificar drásticamente los niveles de producción.

Se ha demostrado que la concentración de fibra detergente neutro (FDN) en la dieta animal está positivamente relacionada con la capacidad del tracto digestivo para llenarse, o sea, con el mecanismo físico que controla el consumo de materia seca. Puesto en otras palabras, un animal consumirá alimento hasta alcanzar la capacidad de llenado del tracto digestivo. Se ha postulado además que el consumo de fibra detergente neutro de las vacas lecheras es una constante que corresponde al 1.2% del peso vivo del animal.

En vacas lecheras alimentadas con ensilajes de maíz, pasto elefante y sorgo forrajero, se ha demostrado que, a medida que la concentración de fibra detergente neutro en la ración se aumenta del 31 al 39%, la producción de leche se reduce; y que por cada incremento del 1% en la concentración de FDN en la ración, el consumo de alimento se reduce en 0.23 kg.

La fibra bruta de los ensilajes presentada en los Cuadros 5.3, 5.4 y 5.5 es en general alta para los ensilajes de gramíneas y leguminosas, con excepción de la de los ensilajes de pasto estrella, pangola y trébol rojo. El ensilaje de arveja es bajo en general para los cultivos forrajeros y muy bajo para los subproductos, exceptuando los ensilajes de tamo de trigo, los de la soca de sorgo y los de los tallos y cogollos de la caña de azúcar.

Cenizas

Si en los ensilajes el porcentaje de cenizas totales excede el 12% de la materia seca, es muy probable que el forraje conservado se haya contaminado con suelo, lo cual puede inducir ocasionalmente fermentaciones secundarias y reducir el consumo.

Hidratos de carbono

El contenido de hidratos de carbono de los ensilajes que se han venido analizando, puede catalogarse como bueno para las gramíneas, con excepción del de guinea, que se considera bajo, junto con el de las leguminosas; es excelente para ensilajes de maíz, de sorgo de grano y de girasol maduro; bueno para los de girasol en mitad de la floración, de avena y de jacinto de agua; entre buenos y excelentes para ensilajes

de los subproductos, pero regular para ensilajes de rastrojo de papa y de arveja.

Digestibilidad de los nutrientes

La información sobre composición nutritiva que se ha venido discutiendo representa solamente los valores totales que de cada nutrimento contienen los ensilajes, y no los que el animal utiliza para cumplir sus funciones de crecimiento, mantenimiento, producción y reproducción. La suma de cada uno de estos coeficientes se denomina nutrientes digeribles totales (NDT). Cuanto mayor sea su contenido, mayor será la calidad del ensilaje.

Los coeficientes de digestibilidad se pueden calcular directamente o se puede predecir el porcentaje de nutrientes digeribles totales utilizando la ecuación de predicción, que tiene como variable independiente el contenido en base seca de PB, FC, el extracto etéreo y el extracto libre de nitrógeno.

5. CONSUMO VOLUNTARIO

En toda explotación agropecuaria es conveniente conocer con anterioridad la cantidad de alimento que consumirá determinado tipo de animal, con el fin de predecir su crecimiento, su producción de leche y carne y las necesidades de suplementación de la dieta diaria (Cuadro 5.7).

Factores que afectan el consumo

Además de la edad, la especie y los objetivos económicos de la explotación, los factores que mayormente inciden en el consumo de materia seca son el peso del animal, la digestibilidad del forraje conservado y el nivel de suplementación. Para el consumo de los ensilajes, se deben agregar como factores condicionantes adicionales el patrón de fermentación y la longitud de los trozos del material ensilado.

Peso del animal

Los animales más pesados consumen menos alimento que los menos pesados. El consumo expresado en función del peso vivo tiende a disminuir con el aumento de peso del animal, razón por la cual este indicador se expresa en unidades de peso vivo, sobre todo cuando se hacen comparaciones entre forrajes.

CUADRO 5.7
CONSUMO DIARIO DE ENSILAJE POR LOS BOVINOS

Raza o grupo racial	Estado productivo	Consumo promedio Kg
Holstein*	Vacas productivas	40
Holstein*	Vacas secas	35
Holstein*	Novillas (330-360 kg)	25 - 30
Holstein*	Termeros (5 meses)	12
Holstein*	Toretas	30
Sistema doble propósito*	Vacas productivas	14
Romosinuano**	Termeros (170 kg)	15
Sistema doble propósito*	Novillas (250 kg)	20
Cebú*	Vacas productivas	30
Cebú*	Vacas secas	25
Cebú*	Novillas y toretas	18
Cebú*	Termeras levante	10

* Confinamiento.

** Semiconfinamiento

Fuente: Argüelles (1982), Vélez y Tirado (1987) y Londoño et al. (1991).

Digestibilidad

Ésta describe la proporción del alimento que produce energía útil o proteína animal. Se expresa, generalmente, como el porcentaje de nutrientes totales digeribles o como el contenido de materia orgánica digerible en la materia seca.

Usualmente, con los incrementos en digestibilidad se aumenta el consumo de los forrajes conservados. Esta relación, sin embargo, puede alterarse por factores tales como la preservación de la calidad del ensilaje y la especie ensilada. Por esta razón, pueden darse diferencias en el consumo entre especies de igual digestibilidad. La diferencia es más marcada entre el consumo de leguminosas y el de gramíneas, siendo mayor en las primeras.

Aun con ensilajes bien preservados, el consumo se relaciona positivamente con el contenido de materia seca y con la digestibilidad, y negativamente con los valores de pH. En términos muy generales, un porcentaje de materia seca digerible por encima del 52% se considera excelente, y deficiente por debajo del 35% (Cuadros 5.8 y 5.9).

La determinación de la digestibilidad de un alimento puede realizarse directamente en pruebas *in vivo* o *in vitro*, o mediante ecuaciones estadísticas elaboradas para cada especie forrajera o para cada grupo de forrajes. En nuestro país, el ICA determinó ecuaciones para estimar la energía digerible de especies forrajeras de climas medio y cálido.

CUADRO 5.8

DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DE ENSILAJES DE CULTIVOS DE LA ZONA TEMPLADA

Ensilaje	Estado de crecimiento al corte	Digestibilidad materia seca (%)
Maíz	Pastoso duro	61.4
	Pastoso duro	71.0
	Materia seca 41.5%	61.1
	Materia seca 35.2%, altura 1.24 m	59.5
Sorgo de grano	Pastoso duro	58.5
	Materia seca 36.9%	59.1
	Altura 2.48 m	56.7
Sorgo forrajero	Altura 4.3 m	56.2
Trigo	Estado bandera	64.8
	Floración	61.8
	Dureza suave	56.5
	Pastoso duro	55.6
	Tamo	52.0
Cebada	Bandera	66.5
	Floración	59.5
	Dureza suave	60.9
	Pastoso duro	55.6
Centeno	Bandera	63.9
	Floración	56.4
	Dureza suave	54.5
	Pastoso duro	68.7
Alfalfa más orchero	Alfalfa en yemas, orchero bandera	58.9
	Alfalfa pre-yemas, orchero bandera	59.0
	Alfalfa 0.1% floración, orchero completa floración	52.0
	Alfalfa prefloración, orchero bandera	59.0

Fuente: adaptado de Blaser (1986).

Picado del material y patrón de fermentación

El picado del material que se va a ensilar puede incrementar el consumo voluntario de la MS en los vacunos, facilitando la liberación rápida de los carbohidratos solubles en el silo, y, consecuentemente, el proceso de fermentación, así como la velocidad de consumo de alimento y la reducción del período entre el final de la comida y la iniciación de la rumia (Cuadro 5.10). Evita además el tramado de las partículas en el *rumen*, que impide a veces la regurgitación del bolo alimenticio durante la rumia.

CUADRO 5.9
DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DE ENSILAJES DE ZONAS TROPICALES

Ensilaje	Estado de corte o tratamiento	Digestibilidad Materia seca (%)
Maíz	Estado lechoso	74.7
	Estado lechoso	61.4
	Mitad floración	53.6
Avena		55.1
Arveja	Legumbres	76.6
	Rastrojo	68.6
Andropogon		42.9
Guinea	Trozos de 15 a 20 cm	46.7
	Trozos de 4 a 5 cm	50.3
	Trozos de 4 a 5 cm con 4% miel	53.2
	Trozos de 4 a 5 cm y presecado	56.3
		51.7
Elefante	Presecado	62.8
	Ácido fórmico al 5%	62.5
	Sin tratamiento	58.6
Pangola	Trozos de 4 a 5 cm	56.3
	Trozos de 4 a 5 cm con 4% miel	56.4
	Trozos de 15 a 20 cm	58.8
		63.9
Rhodes		52.9
Puntero	Finales del periodo de floración	51.7
Jacinto de agua		78.5

Fuente: adaptado de Laredo et al. (1987), Gohl (1982) y Félix O. et al.

CUADRO 5.10
INFLUENCIA DEL PICADO DEL MATERIAL A ENSILAR SOBRE EL CONSUMO DE MATERIA SECA Y DEL PATRÓN DE FERMENTACIÓN

Indicador	Novillos		Vacas	
	Picado		Picado	
	Largo	Corto	Largo	Corto
Consumo de MS g/km W ^{0.75}	68.8	83.5	97.7	109.9
pH	4.6	4.1	3.7	3.6
Ácido láctico	53.7	49.7	48.5	58.0
Ácido acético	21.9	15.8	13.8	12.0
Ácido butírico	3.4	3.1	0.8	0.0
N-NH ₃ (% total)	8.8	7.2	4.4	3.8

Fuente: Meléndez (1987).

CUADRO 5.11
EFFECTO DEL PATRÓN DE FERMENTACIÓN SOBRE EL CONSUMO DE ENSILAJE
EN EL GANADO DE CARNE

Indicador	Preservación	
	Buena	Mala
pH del ensilaje	4.2	4.8
N - amoniacal (% del N total)	7.0	18.0
Digestibilidad de la materia seca	74.0	71.0
Consumo voluntario de MS (% del peso vivo)	1.9	1.4

Fuente: Flymn (1981).

De igual manera, un ensilaje bien preservado, comparado con otro de mala preservación, tendrá un pH más bajo, un porcentaje menor de nitrógeno amoniacal, N-NH₃, una mayor digestibilidad de la materia seca y un consumo voluntario mayor (Cuadro 5.10).

Predicción del consumo

Teniendo como base los resultados de grupos de experimentos, es posible elaborar ecuaciones para predecir el consumo de ensilajes, solos o en mezclas con otros productos, para animales de diferente tipo, edad y función productiva. Formulada la ecuación para un ensilaje específico o grupos de ensilajes, se utilizan, según el caso, los valores de indicadores, tales como contenido y digestibilidad de la materia seca, de la proteína y de la fibra bruta, el contenido de N-NH₃, el de ácido butírico, el concentrado, el peso del animal, etc. En la literatura colombiana consultada no se encontró este tipo de ecuaciones.

Capítulo VI

POTENCIAL PRODUCTIVO DE LOS ENSILAJES

La utilización del ensilaje en la alimentación del ganado vacuno no es una práctica muy generalizada en el país, aunque en los últimos años se ha venido empleando con mayor frecuencia en la alimentación del ganado lechero y, esporádicamente, en la del ganado de carne y en el sistema de doble propósito. Además, en Colombia es muy escasa y fragmentaria la información producto de la experimentación en el uso de ensilajes de gramíneas y de cultivos forrajeros tropicales por razas, edades y tipo de empresas ganaderas.

No obstante, con base en la información disponible en Colombia y en los resultados experimentales obtenidos en algunos países de la zona tropical y en la zona templada, se harán algunos planteamientos del potencial productivo de los ensilajes y su relación con la calidad del producto, en especial con su contenido de materia seca y su digestibilidad, los aditivos utilizados, la energía y la proteína suplementaria requerida para suplir las deficiencias nutritivas en los ensilajes de gramíneas, leguminosas, cultivos y subproductos tropicales; la reducción de consumo y la pérdida de nutrientes que pueden ocurrir en las fermentaciones secundarias.

De igual manera, se analizará la información disponible en Colombia sobre el tema, la de algunos ensilajes de gramíneas y leguminosas tropicales comunes en nuestro medio, así como la obtenida en zonas templadas con ensilajes de gramíneas, leguminosas, maíz y cereales menores, especies muy bien adaptadas a los climas fríos del país.

1. FACTORES CONDICIONANTES

Contenido de materia seca

Se ha señalado que se obtienen mejores rendimientos con ensilajes elaborados con material presecado o marchitado, que con ensilajes de cosecha directa. Sin embargo, al hacer la comparación, la ventaja en

ganancia diaria del ensilaje presecado puede variar entre 100 y 150 gramos diarios, diferencia que puede eliminarse con la utilización de un buen aditivo que asegure una adecuada preservación del forraje. En tal sentido, en la alimentación de ganado de carne, el presecado del material sólo se justifica por la mayor velocidad de la cosecha, la reducción de los efluentes y el costo bajo de los aditivos.

Buena parte del beneficio del presecado en el comportamiento productivo de los animales, se atribuye más al mejoramiento de la calidad de la preservación del forraje, que al contenido de materia seca *per se*. Por lo tanto, si en el ensilaje de cosecha directa se logra una buena preservación, aplicando adecuadamente las técnicas apropiadas, no hay mucho beneficio del presecado o marchitamiento en los rendimientos del ganado de carne, o en la eficiencia con que se convierte el ensilaje en ganancia diaria. Se ha dicho, además, que la digestibilidad del material presecado es ligeramente más baja que la del ensilaje de cosecha directa. También se ha venido acumulando evidencia que indica que en los ensilajes de material marchito hay menor suministro de aminoácidos si se compara con ensilajes de cosecha directa bien preservados.

Digestibilidad

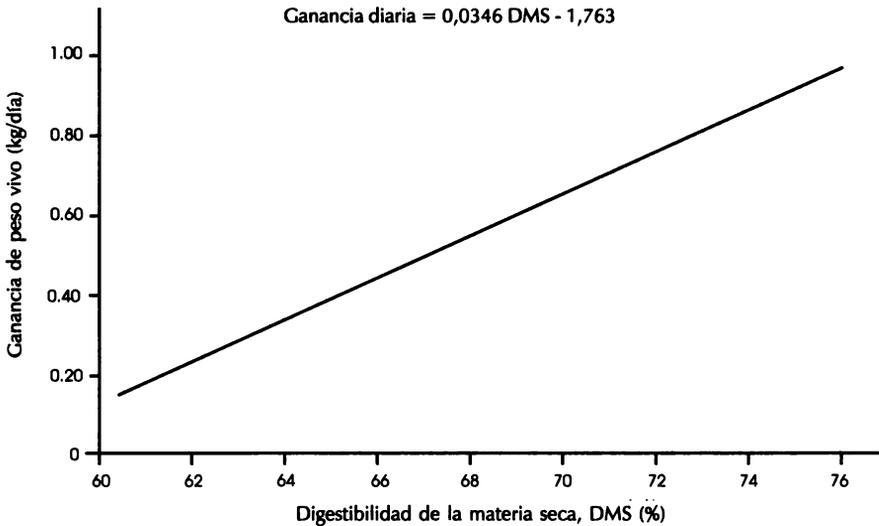
El patrón de fermentación del ensilaje puede minimizar los efectos de la digestibilidad en el consumo y en los rendimientos del animal. Mientras que el consumo está relacionado con la digestibilidad, el pH y el contenido de materia seca del ensilaje, la ganancia diaria de peso está aparentemente afectada por la digestibilidad (Figura 6.1). Por cada unidad de incremento en la digestibilidad de la materia seca, DMS, la respuesta en ganancia diaria puede ser de 35 g.

Dependiendo del potencial de crecimiento según la raza o el sexo, el potencial de ganancia de peso vivo con el suministro de ensilaje de gramíneas y leguminosas puede ser de 0.8 kg a 1.1 kg diarios. Para alcanzar esta meta, es necesario cosechar las gramíneas en estados tempranos y asegurar una buena preservación del silo.

Aditivos

Los mejores consumos y ganancias diarios se obtienen en los ensilajes con aditivos que contribuyen a eliminar las fermentaciones secundarias o que evitan la degradación de la proteína.

FIGURA 6.1
 RESPUESTA EN GANANCIA DIARIA DE PESO DE GANADO DE CARNE DE 400 KG CON EL
 INCREMENTO EN LA CALIDAD DEL ENSILAJE



Fuente: Wilkinson (1983).

Energía suplementaria

El rendimiento de los animales alimentados con ensilaje y reforzados con suministro de concentrados depende en gran medida de la calidad del ensilaje y de la ganancia diaria atribuible al solo ensilaje en la dieta. Con ganancias de peso por encima de 0.75 kg diarios por efecto del ensilaje, la respuesta al concentrado puede ser mínima o insignificante. Por otra parte, una reducción en el valor energético del ensilaje se refleja en la necesidad de un mayor incremento en la cantidad de concentrado. Se buscará entonces optimizar la contribución del ensilaje en la dieta y disminuir la cantidad de concentrado.

No obstante lo anterior, cuando el nivel del concentrado sobrepasa el 30% de la materia seca total ingerida, empieza a presentarse una sustitución, en detrimento del consumo del ensilaje, lo que hace menos eficiente el producto conservado y más costoso cada kilogramo de leche obtenido.

Proteína suplementaria

En varias ocasiones se ha expresado que una alta proporción de la proteína es degradada en el proceso de fermentación. Se espera, por lo tanto, que haya respuesta en rendimiento a la suplementación proteica cuando se utilizan ensilajes de gramíneas. La respuesta será mayor en animales que tienen requerimientos relativamente elevados para formación de tejidos, aumento muscular y producción de leche. La suplementación proteica es más necesaria cuando se suministra a los animales ensilaje de gramíneas tropicales.

2. CRECIMIENTO

En las etapas de crecimiento no se recomienda el uso generalizado del ensilaje, debido principalmente a que todavía el animal no ha desarrollado completamente el rumen y su flora ruminal y a los altos requerimientos en proteínas y vitaminas A y D que se requieren en esta etapa de desarrollo, cuyo contenido no es, por lo general, muy elevado en los ensilajes de gramíneas. Además, parte muy importante de los aminoácidos, como la arginina, la lisina y el N-total, puede ser degradada por las bacterias de la preservación del forraje, lo cual puede contribuir al suministro reducido de proteína y aminoácidos para el crecimiento del tejido magro del animal. El tejido grasoso constituye una proporción alta de la ganancia diaria de peso de los animales jóvenes.

A un mismo nivel de consumo, para satisfacer los niveles de mantenimiento la ganancia de peso que se obtiene con una dieta basada en ensilaje puede ser menor hasta en un 40% a la obtenida con una dieta de heno de gramíneas, razón por la cual el ganadero suministra a los terneros heno en vez de ensilaje.

Cuando se presentan fermentaciones secundarias en el proceso de ensilaje, hay una mayor pérdida de nutrimentos, el consumo puede reducirse hasta en el 30% y la ganancia diaria hasta en el 50%. Estos efectos se manifiestan principalmente en ganado joven, pero pueden ocurrir también en animales adultos.

3. MANTENIMIENTO

La mayoría de los productores de ganado de las zonas templadas utilizan como forraje básico en la alimentación el ensilaje, no obstante que éste sólo suministra hasta un 60% de los requerimientos de ener-

gía metabolizable. La razón de esta preferencia se atribuye a la facilidad de mecanización del proceso, a la rapidez para cosechar grandes volúmenes de forraje y a la automatización de la remoción del material, su transporte y suministro a un gran número de animales.

En general, las raciones con ensilaje altos en energía se deben reservar para los animales con potencial elevado de respuesta, como vacas lecheras en producción, remplazos jóvenes, animales en crecimiento o engorde, terneros destetos y madres lactantes.

Cuando no se persiguen ganancias rápidas en vacas de ganado de carne y ovejas, se puede obtener toda la energía requerida a partir de ensilajes de mezclas de gramíneas y leguminosas o granos menores. Es recomendable no suministrar granos, a menos que el animal esté enfermo.

Con forrajes altos en energía, como son los ensilajes de sorgo de grano y de maíz con mazorca, se obtienen producciones de leche y carne elevadas, si se suplementa con proteína y minerales. La primera puede suministrarse como una mezcla de proteína vegetal o animal, proporcionando heno o ensilaje de una mezcla de gramíneas y de leguminosas, o una leguminosa, en un 20% de la dieta.

Si se quieren obtener producciones altas con ensilajes de gramíneas perennes o de granos menores de clima frío, es necesario suplementar la ración con un ensilaje alto en energía o con granos. Sin embargo, estos ensilajes proveen por lo general una nutrición adecuada para vacas de remplazo, vacas secas y vacas con ternero.

Las vacas lecheras en producción alimentadas con gramíneas tropicales requieren, además de la suplementación de un ensilaje alto en energía, una adicional con proteína. Es difícil que sólo con una dieta a base de ensilaje las vacas lecheras puedan llenar los requerimientos de proteína y energía (Cuadros 6.1 y 6.2). Esta situación puede agravarse cuando ocurren fermentaciones secundarias en la preservación del forraje.

Se ha demostrado que en las vacas lecheras alimentadas con raciones mixtas en las cuales el ensilaje es uno de los componentes, y con tres o cuatro horas de pastoreo diarias, el rendimiento de leche puede aumentarse en 1.7 kg/vaca/día, reduciéndose a la vez la probabilidad de sobrepastoreo, pues éste no produciría un incremento adicional.

CUADRO 6.1

BALANCE DE NUTRIENTES DE VACAS LECHERAS ALIMENTADAS CON ENSILAJE DE TRES PASTOS TROPICALES

Indicador	Energía (M cal)			Proteína (g)		
	Guinea	Estrella	King	Guinea	Estrella	King
Requerimiento	21.8	21.6	21.6	895.2	895.2	895.4
Consumo	22.9	19.3	19.4	751.4	778.0	648.0
Déficit	1.1	-2.3	-2.2	-144.0	-177.0	-247.0

Fuente: adaptado de Esperance y Díaz (1985). Tomado de Meléndez (1987).

CUADRO 6.2

PRODUCCIÓN DE LECHE, CONSUMO DE MATERIA SECA Y CAMBIOS DE PESO DE VACAS ALIMENTADAS CON ENSILAJE DE PANGOLA TRATADO CON ADITIVOS

Indicador	Tratamiento		
	Control	Fórmico	Miel
Producción de leche/vaca/día	5.8	6.2	6.0
Consumo de ensilaje % peso vivo	2.1	2.4	2.1
Cambio de peso vivo kg/vaca/día	-0.2	-0.2	-0.1

Fuente: Esperance, Ojeda y Cáceres (1981). Tomado de Meléndez (1987).

De igual manera, adicionando heno a razón de 2 a 3 kg diarios por vaca, o con una ración compuesta de 40% de forraje verde y 60% de ensilaje, se logran incrementos de producción de leche de 0.5 kg/día/vaca y se alcanzan ganancias de peso. Por regla general, no es conveniente alimentar el ganado lechero sólo con ensilaje.

En el ganado de carne se puede utilizar el ensilaje como ración de mantenimiento o para alcanzar metas bajas de ganancia de peso en períodos de escasez de forraje, y aprovechar luego el consumo de pasto fresco para explotar al máximo el aumento compensatorio.

Resumiendo, el ensilaje puede constituirse en un medio de mantenimiento para ciertas épocas del año, pero si se suplementa o complementa con pastos frescos, henos o concentrados, puede producir económicamente leche y carne, y aun incrementar favorablemente la producción.

4. PRODUCCIÓN

En Colombia no son muy abundantes los resultados experimentales sobre la utilización del ensilaje en el ganado vacuno. Los trabajos realizados se centran principalmente en el ensilaje de maíz y en su utilización para el levante y ceba de animales Holstein.

Los resultados que se presentan y analizan a continuación, no son estrictamente comparables, pues provienen a veces de un solo experimento, o de varios pero en diferentes espacios, tiempos y edades. No obstante estas limitaciones, se harán algunos planteamientos generales, con fines indicativos sobre la bondad del uso del ensilaje en la alimentación del ganado.

Ensilajes de pastos tropicales

La respuesta de los animales al suministro de algunos ensilajes tropicales es bastante errática y variable (Cuadro 6.3). Si se promedian las ganancias obtenidas, se pueden alcanzar aumentos de peso de 0.200 kg con el ensilaje de elefante, 0.400 kg con el ensilaje de socas de sorgo y 0.467 kg con el de sorgo forrajero. La respuesta a la suplementación con melaza, urea y concentrado, cuando la hay, es bastante inconsistente.

Se ha encontrado que el ensilaje de pangola, como única ración, tiene en los trópicos un potencial de producción de leche de 5.8 litros diarios por animal; con adición de miel, 6.0 litros y con ácido fórmico, 6.2 litros. Sin embargo, parte de esta producción se consigue a expensas de la pérdida de peso del animal.

Con el ensilaje de pasto pangola y de pasto estrella se pueden alcanzar ganancias diarias en terneros de razas lecheras de 0.396 kg y 0.409 kg/animal/día, respectivamente.

Ensilaje de maíz

El ensilaje de maíz es uno de los forrajes más utilizados en la alimentación del ganado en las zonas templadas y en el país.

Si las variedades de maíz se cosechan cuando los granos están duros, producen casi invariablemente excelentes ensilajes, los cuales, suplementados únicamente con proteína y minerales, favorecen rendimientos elevados en ganado lechero, remplazos en el ganado de ceba y terneros de levante. Sin embargo, no son apropiados para edades inferiores a los cuatro meses, debido a condiciones fisiológicas del animal y a las características nutricionales del producto. Pero pueden cons-

CUADRO 6.3
CONSUMO Y GANANCIA DIARIOS CON ENSILAJE DE PASTOS Y FORRAJES TROPICALES, SOLOS O CON SUPLEMENTO

Ensilaje	Suplemento	Consumo diario kg	Ganancia diaria kg	Tipo de animal o raza	País	Fuente
Avena	Torta de algodón (TA) 1 kg	20.9	0.640	Novillas Holstein	Colombia	Hernández et al. (1967)
Avena	TA 0.5 kg. Melaza-urea (9:1):0.65 kg	18.1	0.620	Novillas Holstein	Colombia	Ibíd.
Elefante	Sin suplemento	16.2	0.396	Novillas Holstein	Colombia	Zapata y Medrano (1989)
Elefante	Concentrado 1 kg, melaza 7%, 0.5 urea	(2.6)*	0.125	Novillas Holstein	Colombia	Zapata (1987)
Elefante	Concentrado 1 kg, melaza 3%		0.344	Novillas Holstein	Colombia	Ibíd.
Elefante	Melaza 3%	(3.1)	0.040	Novillas Holstein	Colombia	Ibíd.
Elefante	Urea 3%	(2.3)	0.080	Novillas Holstein	Colombia	Ibíd.
Sorgo soca	Sin suplemento	16.6	0.607	Novillas Holstein	Colombia	Zapata y Medrano (1989)
Sorgo soca	Sin suplemento	(2.4)	0.274	Novillas Holstein	Colombia	Zapata (1985)
Sorgo soca	Concentrado 1 kg	(2.4)	0.502	Novillas Holstein	Colombia	Ibíd.
Sorgo forrajero	Sin suplemento	22.7	0.490	Novillas cebú pringado	Colombia	Moreno (1978)
Sorgo forrajero	Concentrado 1.5 kg	25.5	0.444	Ceba cebú pringado	Colombia	Patiño y Franzen (1968)
Sorgo forrajero	Soya (3:1)	(6.3)	0.730	Novillos cebú pringado	Colombia	Moreno (1978)
Pangola	Ácido fórmico	(2.4)	-0.200	Vacas lecheras	Cuba	Esperance, Ojeda y Cáceres (1981)**
Pangola	Miel	(2.1)	-0.100	Vacas lecheras	Cuba	Ibíd.
Pangola	Sin suplemento	(2.1)	-0.200	Vacas lecheras	Cuba	Ibíd.
Pangola	Sin suplemento	(1.04)	0.396	Terneros R. lechera	Cuba	Simón y Ducazal (1983)
Estrella	Sin suplemento	1.08	0.409	Terneros R. lechera	Cuba	Ibíd.

* Las cifras entre paréntesis se refieren a base en materia seca.

** Tomado de Meléndez (1987).

tituirse en la ración principal para el ganado lechero joven y para las vacas en producción.

El ensilaje de maíz con mazorca, cuando la proteína está por encima del 9% y los nutrientes digeribles totales por encima del 68%, puede constituirse en la dieta única para novillas en gestación y para el levante de novillas. De acuerdo con el potencial de proteína de este ensilaje, sólo pueden esperarse producciones de 11 a 12 kg de leche/vaca/día, pero por su potencial energético podría llegarse a 23 kg de leche por día.

El ensilaje de maíz sin mazorca se puede emplear como dieta única para novillas; sin embargo, requiere suplementación con gramíneas o leguminosas de alto contenido de proteína. Por su contenido de proteína, favorece producciones hasta de 5.1 kg de leche al día, y hasta de 19.3 kg por su contenido de energía.

La investigación sobre la utilización del ensilaje de maíz es la más copiosa en el país (Cuadro 6.4). Al consolidar esta información para facilitar el análisis comparativo de las raciones (Cuadro 6.5), se observa un incremento progresivo en la ganancia diaria de peso con la suplementación del ensilaje. El potencial puede llegar a 1.15 kg/animal/día, aproximadamente un 67.1% superior al obtenido con el ensilaje de maíz como única ración. Además, parecen no justificarse cantidades superiores a 1 kg diario de concentrado por animal.

Dada la respuesta a la suplementación con hojas de yuca, es probable que con la suplementación del ensilaje de maíz con henos de leguminosas se pueda alcanzar el potencial señalado, sin necesidad de concentrados. De todas maneras, la decisión sobre la suplementación del ensilaje tendrá que tomarse en función del costo del suplemento y el valor del incremento en rendimiento esperado por su utilización.

El potencial de producción de leche de ganado Holstein con sólo ensilaje de maíz debe estar muy por debajo de 12 kg diarios por animal, si se toman como indicadores los resultados presentados en el Cuadro 6.6. Pueden esperarse sin embargo ganancias diarias entre 0.455 kg y 0.494 kg cuando se utiliza el ensilaje de maíz en el levante de novillas de razas lecheras tropicales y en su cruce con ganado lechero especializado (Cuadro 6.7).

En el "Plan de modernización tecnológica de la ganadería bovina de los trópicos", que ejecuta Corpoica en los sistemas de producción pecuaria de la región Caribe, se han reducido las pérdidas de peso en un 40%, y aumentado la producción de leche en un 50%.

CUADRO 6.4
CONSUMO Y GANANCIA DIARIOS CON ENSILAJE DE MAÍZ EN COLOMBIA, SUMINISTRADO SOLO O SUPLEMENTADO CON OTROS PRODUCTOS

Suplemento	Consumo diario kg	Canancia diaria kg	Tipo de animal o raza	Fuente
Sin suplemento (ensilaje con mazorca (ECM))	33.9 (2.0)	0.434 0.825	Ceba machos Holstein Novillas Holstein	Tinoco (1972) Zapata et al. (1985)
Sin suplemento	16.9	0.804	Novillas Holstein	Zapata y Medrano (1989)
Torta de algodón (TA) 0.5 kg	28.1	0.906	Machos ceba	Escobar et al. (1971)
Torta de algodón 0.5 kg	36.0	0.912	Ceba machos Holstein	Tinoco (1972)
Torta de algodón 1.0 kg	19.2	1.080	Novillos Holstein	Hernández et al. (1967)
Torta de algodón 1.0 kg	27.5	1.000	Machos ceba Holstein	Escobar et al. (1971)
Torta de algodón 0.5 kg urea 0.5%	44.3	0.941	Ceba machos Holstein	Tinoco (1972)
Torta de algodón 0.5 kg urea 0.5%	27.9	0.751	Machos cebú ceba	Escobar et al. (1971)
Torta de algodón 0.5 kg melaza-urea (9:1):0.5 kg	20.1	1.150	Novillos Holstein	Hernández et al. (1967)
Urea 0.5%	41.2	0.744	Ceba machos Holstein	Tinoco (1972)
Torta de soya 0.42 kg (MS)	16.5	0.650	Vacas Holstein	Sánchez y Zapata (1986)
ECM 1.0 kg concentrado (MS)	16.5	0.615	Vacas Holstein	Ibid.
ECM 1.5 kg concentrado (MS)	7.1	0.924	Novillas Holstein	Zapata et al. (1972)
ECM 2.0 kg concentrado (MS)	7.3	1.003	Novillas Holstein	Ibid.
ECM 2.0 kg concentrado, 0.5 kg urea MS	7.5	0.998	Novillas Holstein	Ibid.
ECM 1.5 kg concentrado, 0.5 kg urea MS	7.2	0.989	Novillas Holstein	Ibid.
Concentrado 1.0 kg	28	0.770	Ceba pringados cebú	Patifio y Fransén (1968)
Concentrado 0.25 kg	24.9	0.430	Ceba pringados cebú	Ibid.
Hojas de yuca 2 kg, 1 kg C. (kg/MS/100 de PV)	(4.7)	0.531	Novillas Holstein	Zapata et al. (1976)
Hojas de yuca 4 kg, 1 kg C. (kg/MS/100 de PV)	(5.3)	0.611	Novillas Holstein	Ibid.
Hojas de yuca 4.5 kg, 1 kg C. (kg/MS/100 de PV)	(5.6)	0.835	Novillas Holstein	Ibid.
Hojas de yuca 8 kg (kg/MS/100 de PV)	(6.4)	0.825	Novillas Holstein	Ibid.

CUADRO 6.5
 RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN DEL GANADO HOLSTEIN ALIMENTADO CON ENSILAJE DE MAÍZ EN COLOMBIA

Suplemento	Ganancia de peso kg/día/animal	Incremento por el suplemento (%)
Sin suplemento	0.688	0.0
Urea 0.5 kg	0.744	8.1
Concentrado 0.5 kg	0.823	19.6
Hojas de yuca 8 kg	0.825	19.9
Concentrado 0.5 kg + 0.5 kg urea	0.846	23.0
Concentrado 1 kg	0.866	25.9
Concentrado 1.5 kg	0.924	34.3
Concentrado 1.5 kg + 0.5 kg urea	0.989	43.7
Concentrado 2.0 kg + 0.5 kg urea	0.998	45.0
Concentrado 2.0 kg	1.003	45.8
Concentrado 0.5 kg + 0.5 kg melaza - urea 9:1	1.150	67.1

Fuente: elaboración propia con base en la información del Cuadro 6.3.

CUADRO 6.6
 PRODUCCIÓN DE LECHE DE VACAS HOLSTEIN CON ENSILAJE DE MAÍZ SOLO Y EN MEZCLA CON SOYA Y GIRASOL, SUPLEMENTADOS CON CONCENTRADOS

Ensilaje	Concentrado kg/animal/día	Consumo		Producción de leche promedio kg/animal/día
		Ensilaje kg/animal/día	Materia seca kg/animal/día	
Maíz solo	1.5	42.0	13.2	13.9
Maíz + soya	1.0	30.5	10.4	12.5
Maíz + girasol	1.5	49.2	15.9	13.9

Fuente: Zapata et al. (1989).

CUADRO 6.7
 CONSUMO Y GANANCIA DIARIOS DE NOVILLAS LECHERAS DE 18 A 20 MESES EN EL VALLE DEL SINÚ, CON ENSILAJES DE SORGO Y MAÍZ

Raza	Consumo diario kg/cabeza	Ganancia diaria kg/cabeza
Costeño con cuernos	18.1	0.455
Holstein	22.8	0.360
Media sangre (Holstein x costeño con cuernos)	25.6	0.494
Pardo suizo	31.5	0.238

Fuente: Rubio et al. (1967).

Para orientar el cálculo de las necesidades de ensilaje de maíz como única ración o como complemento al pastoreo para diferentes edades o etapas de producción, se ha elaborado la información del Cuadro 6.8.

Generalizando la inferencia posible de la información del Cuadro 6.8, podría señalarse que el diseño y fomento de sólo dos sistemas de producción, basado el primero en la estabulación total del ganado y el suministro de ensilaje como ración principal, y el segundo en el pastoreo restrictivo y el suministro de ensilaje como ración complementaria, permitirían la reducción de la presión del pastoreo en la tierra dedicada a la ganadería hasta en 80% en el primer sistema y hasta 40% en el segundo. El logro de este objetivo general haría posible la liberación de tierra para la agricultura, conservación de fuentes de agua y la recreación, reducción del proceso acelerado de erosión en tierras de pastoreo intensivo, incremento de la sostenibilidad del recurso suelo en términos de conservación, de producción y de productividad, crecimiento del hato nacional, incremento en producción y productividad de leche y carne, participación en el ingreso rural y en su valor agregado en el crecimiento del sector.

Ensilajes de zonas templadas

Los rendimientos en producción de carne obtenidos con los ensilajes de maíz y sorgo de grano en zonas templadas fluctúan entre 0.801 kg y 1.224 kg diarios por animal, y son bastante similares a los conseguidos con estos ensilajes en el levante de novillas y ceba de machos Holstein en el país. Con el solo ensilaje de sorgo, cebada y centeno, granos menores de amplia adaptación en los climas fríos de Colombia, pueden esperarse ganancias diarias de carne de 0.387 kg a 0.609 kg, con suplementación proteica y energética hasta 0.960 kg (Cuadro 6.9).

Los ensilajes de la mezcla de alfalfa y pasto azul orchoro son bastante deficientes en energía. Cuando se requieren rendimientos altos de peso, es necesario adicionar a la ración un suplemento energético. Si constituyen el 30% del consumo de materia seca, en raciones a base de ensilaje de maíz, se pueden esperar ganancias diarias de carne hasta de 0.837 kg (Cuadro 6.10).

La alfalfa es una leguminosa perenne adaptada muy bien a los suelos de buen drenaje de los climas fríos y templados de Colombia. El orchoro y la festuca, gramíneas perennes, fueron hasta hace poco de amplia utilización para el pastoreo en el clima frío, sembradas solas o en mezclas con tréboles blanco y rojo.

CUADRO 6.8
CONSUMO POSIBLE DE ENSILAJE DE MAÍZ DEL GANADO HOLSTEIN, SEGÚN EDAD O ETAPA PRODUCTIVA

Edad o etapa productiva	Consumo kg/día
Como ración principal	
Vacas en producción	30 - 45
Vacas secas	30
Novillas	20
Toretos	20
Novillos de 12 a 18 meses	14
Novillas de seis meses a un año	8 - 10
Como complemento al pastoreo	
Vacas de más de 12 litros	20 - 25
Vacas en producción	10 - 12
Vacas secas	15
Toros	25 - 30
Novillas	20
Terberos destetos	10
Terberos de cinco meses	5

Fuente: adaptado de diferentes publicaciones del ICA.

CUADRO 6.9
CONSUMO Y GANANCIA DIARIOS CON ENSILAJE DE MAÍZ, SORGO Y GRANOS MENORES EN ZONAS TEMPLADAS

Ensilaje	Estado de crecimiento al corte	Suplementación	Consumo diario kg	Ganancia diaria Kg
Maíz forrajero Maíz	Materia seca 39.1%	Concentrado (89% torta de algodón y 11% urea (C) 0.68 kg) Mazorca de maíz molida (MMM) 3.3 kg C. 0.68 kg. C. 0.68 kg MMM 3.3 kg, C. 0.68 kg C. 0.72 kg Torta de algodón (TA) 1.8 kg Sin concentrado Torta de algodón, 0.67 kg Torta de algodón, 1.21 kg Torta de algodón, 1.90 kg Mezcla de proteína a base de urea (MS) Mezcla de proteína a base de urea Mezcla 89% TA y 11% urea: 0.68 kg Mezcla TA y urea: 0.68 MS, 2.70 kg MMM	17.0	0.828
	Materia seca 39.1%		10.8	0.882
	Altura 1.24 m, 35.2% MS		21.3	0.801
	Altura 1.24 m, 35.2% MS		15.8	0.895
	Pastoso duro		19.8	1.035
			18.5	1.170
			19.4	0.900
			22.0	1.143
			21.2	1.224
			20.7	1.228
			(7.3)	0.999
			(8.9)	1.170
	(8.8)	1.120		
	—	0.909		
	—	0.927		
Sorgo de grano	Altura 2.48 m, MS 30.5%	Concentrado (89% torta de algodón + 11% urea) (C) 0.68 kg C. 0.68 kg, MMM 3.3 kg C. 0.72 kg C. 0.72 kg, MMM 3.0 kg C. 0.68 kg C. 0.68 kg, MMM 2.7 kg	22.6	0.725
	Altura 2.48 m, MS 30.5%		15.2	0.846
	Pastoso duro		25.7	0.936
	Pastoso duro		20.1	0.990
	Contenido MS 36.9		—	0.904
Cebada	Pastoso duro	C. 0.72 kg C. 0.72 kg, MMM 3.0 kg	19.9	0.603
	Pastoso duro		16.8	1.333
Trigo	Pastoso duro	C. 0.72 kg C. 0.72 kg, MMM 3.0 kg	19.6	0.680
	Pastoso duro		14.5	0.887
Centeno	Estado bandera 50%	C. 0.72 kg C. 0.72 kg, MMM 3.0 kg	14.3	0.387
			14.4	0.960

Fuente: adaptado de Blaser et al. (1986).

CUADRO 6.10
CONSUMO DE MATERIA SECA Y GANANCIA DIARIA CON ENSILAJES DE LA MEZCLA DE ALFALFA-ORCHORO, EN DIFERENTES ESTADOS DE COSECHA, SIN Y CON SUPLEMENTO ENERGÉTICO

Ensilaje	Materia seca en el ensilaje	Suplementación	Consumo diario de MS kg	Ganancia diaria kg
Alfalfa antes de las yemas florales y orchoro en estado bandera: - sin marchitar		Sin suplemento Mazorca de maíz molido 1.35 kg	5.0 5.3	0.288 0.552
Alfalfa con 0.1% de floración y orchoro en completa floración: - sin marchitar		Sin suplemento Mazorca de maíz molido 1.35 kg	4.6 5.1	0.104 0.311
Alfalfa en prefloración y orchoro en estado bandera: - sin marchitar - marchitamiento incipiente - marchitado	23.0 27.0 40.0	Sin suplemento Sin suplemento Sin suplemento	4.8 5.1 7.3	0.120 0.329 0.495
Alfalfa con 0.01% de floración y orchoro con floración tardía: - marchitamiento incipiente	30.0	Sin suplemento	4.5	0.104
Alfalfa más orchoro, 28% materia seca en la ración, con ensilaje de maíz	55.9	Sin suplemento	--	0.877
Festuca más trébol rojo, 30% de materia seca en la ración, con ensilaje de maíz	66.0	Sin suplemento	--	0.837

Fuente: adaptado de Blaser et al. (1986).

Capítulo VII

SISTEMAS PECUARIOS DE PRODUCCIÓN

Hasta el momento se han discutido principios teóricos y prácticos del proceso de ensilaje y de la utilización del producto final por el ganado vacuno. Se pretende en este capítulo, a la luz de la información presentada anteriormente, analizar la contribución del ensilaje como elemento principal o complementario en la alimentación de los bovinos.

1. LA OFERTA TECNOLÓGICA DISPONIBLE

Se ha señalado que en los países en vía de desarrollo "el conocimiento técnico sobre la producción pecuaria y la comercialización de los productos excede en mucho la capacidad humana de absorberlos". Parece, entonces, que la disponibilidad de tecnología no es la variable que mayormente restringe la producción ganadera, y que la brecha existente entre la adopción y la oferta apropiada disponible se debe más bien a factores asociados con la correcta identificación, análisis y solución de la problemática en el contexto integral de la producción a nivel de finca, subregión, región o país, por parte de los formuladores de política, los especialistas en desarrollo, las entidades financieras, de fomento o extensión, los profesionales de asistencia técnica, y de los ganaderos en general. En Colombia, sin embargo, es casi inexistente la información comparativa entre sistemas alternativos de producción pecuaria, resultado de estudios de casos o de la experimentación.

2. EL ENFOQUE DE SISTEMAS

Para solucionar apropiadamente la problemática pecuaria se requiere que el negocio o empresa ganadera se estudie y comprenda de una manera integral o sistémica, en función del logro de objetivos y metas previamente establecidos, en el contexto de las variables sociales, eco-

nómicas y ambientales del entorno respectivo. Se trata, entonces, de comprender la estructura, partes o componentes de los sistemas pecuarios en una forma integral. Es decir, no interesa qué tan bien se comporte la raza o la alimentación dentro del respectivo negocio, sino su contribución real al desempeño o producción de la empresa según sus indicadores respectivos: rentabilidad, producción de carne o leche por hectárea, sostenibilidad del negocio, etc.

Resumiendo las proposiciones anteriores, la identificación y análisis de la problemática, la evaluación de la oferta tecnológica apropiada para solucionar dicha problemática, la definición y la utilización óptima de recursos e insumos y la formulación de políticas, estrategias y mecanismos para asegurar la adopción, deben llevarse a cabo con un *enfoque de sistemas*.

Los sistemas no son estáticos, ni en el tiempo ni en el espacio, se redefinen continua y progresivamente con el planteamiento de nuevos objetivos, de nuevos conceptos científicos y tecnológicos y de los cambios de las variables sociales, económicas y culturales del entorno.

3. CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS PECUARIOS

En la práctica existe o puede diseñarse un gran número de alternativas posibles de sistemas pecuarios (SP), pero, según los componentes centrales de su estructura, pueden caracterizarse patrones o jerarquías de mayor nivel mediante criterios y componentes generales.

Criterios y componentes

Para la identificación y caracterización general de los sistemas pecuarios se han utilizado criterios tales como:

- Naturaleza del producto final: producción de carne, de leche, de leche y carne, de terneros, de terneros destetos, animales para la ceba o el fomento.
- Intensidad de la operación: intensiva, semiintensiva, extensiva.
- Tamaño de la empresa en términos de número de unidades animal (UA).

Las categorías anteriores pueden desagregarse en criterios y componentes relacionados con la alimentación principal, la clase de actividad de la empresa, la raza, el sitio o lugar de manejo de los animales y las metas por alcanzar (Cuadro 7.1). El Centro de Investigaciones Ga-

CUADRO 7.1
CRITERIOS Y COMPONENTES EN SISTEMAS PECUARIOS DE PRODUCCIÓN

Criterios	Componentes
1. Alimento principal	<ul style="list-style-type: none"> - Pastoreo de gramíneas - Granos-concentrados - Granos, forraje conservado y pastoreo - Ensilaje - Forrajes y subproductos conservados - Pastoreo, forraje conservado y granos
2. Actividad 2.1. Cría 2.2. Levante 2.3. Engorde 2.4. Ceiba	<ul style="list-style-type: none"> - Vaca/ternero - Vaca/ternero/desteto - Vaca/ternero/desteto/crecimiento - Vaca/ternero/desteto/finalización - Vaca/ternero/desteto/finalización - Ternero desteto/finalización - Finalización
3. Raza	<ul style="list-style-type: none"> - Especializadas - Cruces
4. Sitio de manejo	<ul style="list-style-type: none"> - Potrero - Potrero-semiconfinamiento - Confinamiento - Corral de engorde
5. Metas	<ul style="list-style-type: none"> - Edad al sacrificio - Ganancia diaria de peso por animal - Peso al sacrificio - Producción de leche por animal - Producción por hectárea de leche o carne

naderas y Agrícolas (CEGA) identificó y caracterizó, para la ganadería vacuna en Colombia, los sistemas de producción, combinando criterios de alimento principal, sitio de manejo y actividad.

En el "Plan de modernización de la ganadería colombiana", que ejecuta Corpoica en concertación con otras entidades, uno de los proyectos se relaciona con la caracterización de los sistemas de producción bovina del Trópico Bajo (Caribe, Valles Interandinos, Piedemonte Llanero y Caqueteño), del Trópico de Altura (altiplanicies y laderas frías de la región Andina), y del Trópico Medio (laderas y mesetas me-

dias de la región Andina). Como avance de los resultados del proyecto, se ha publicado el *Atlas de los sistemas de producción bovina del trópico bajo colombiano*. En el Cuadro 7.2 se presentan los sistemas de producción identificados utilizando el criterio de actividades del negocio. El sistema doble propósito, con sus tendencias y en combinación con otros sistemas, conforma el 67% de las 3.063.599 hectáreas diagnosticadas.

Por ejemplo, una caracterización más precisa de un sistema pecuario sería la siguiente: producción intensiva de carne, mediante finalización de terneros destetos en corrales de engorde, utilizando el maíz con mazorca como alimento principal, para alcanzar en 12 meses un peso al sacrificio de 250 a 300 kg.

La caracterización de este sistema pecuario define el contexto en el cual se realizará la planificación de la empresa, su organización, dirección, manejo y presupuestación.

CUADRO 7.2

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PECUARIA CARACTERIZADOS EN LA REGIÓN VALLES INTERANDINOS: NORTE, CENTRO Y SUR DEL MAGDALENA MEDIO, NORTE Y SUR DEL ALTO MAGDALENA; VALLE DEL RÍO CAUCA, VALLE DEL PATÍA

Sistema de producción	Hectáreas	%
Doble propósito	1.458.176	47.6
Cría-doble propósito	326.377	10.7
Doble propósito-cría	83.702	2.7
Doble propósito, cría-levante	37.619	1.2
Doble propósito-levante	85.425	2.8
Doble propósito, levante-ceba	13.546	0.4
Doble propósito, ciclo completo	19.552	0.6
Doble propósito, cría-ceba	9.225	0.3
Doble propósito, leche	11.346	0.4
Doble propósito-ceba	128.081	4.2
Doble propósito (arroz)	40.592	1.3
Cría	372.853	12.2
Cría-ceba	114.861	3.8
Ceba	260.068	8.5
Ciclo completo	102.176	3.3
Total región	3.063.599	100.00

Fuente: elaborado con información de Corpoica y otros (1999).

Si bien el ganado suele cambiar de manos una o varias veces durante su vida antes del sacrificio, es útil considerar la producción de leche, de carne, o de leche y carne como indicador del comportamiento o desempeño de un sistema pecuario determinado, de tal manera que se puedan definir las metas con anterioridad, el tiempo para alcanzarlas, el manejo, el seguimiento y la *evaluación ex ante* de la viabilidad técnica y la factibilidad económica de la empresa. Para el éxito del negocio estas decisiones son más importantes que el simple precio de compra o venta del ganado.

4. SELECCIÓN DE SISTEMAS PECUARIOS

Teniendo como base la información disponible sobre algunos de los componentes o elementos de los sistemas pecuarios, se señalarán a continuación diversas orientaciones para sus selección adecuada. Se acepta, como principio, que el sistema que se escoja debe responder a las condiciones agroecológicas, biológicas y económicas de cada finca y entorno particulares.

Disponibilidad de alimento

Un factor decisivo en la selección final del sistema es la disponibilidad del alimento en calidad y cantidad, durante la vida que el animal permanece en la finca, de acuerdo con la actividad, la raza y las metas predeterminadas para el negocio. Por tal motivo, se requiere que el consumo de nutrimentos exceda siempre los requerimientos para mantener el peso corporal, y lograr así, en el tiempo programado, las metas de producción de leche o de peso y calidad al sacrificio.

Al finalizar cada período de invierno, en las zonas de pastoreo se deben inspeccionar las praderas con el fin de tomar una o varias de las siguientes decisiones:

- Utilizar algunos potreros para conservarlos como ensilaje en el verano.
- Restringir el pastoreo diario de los animales y hacer las provisiones del forraje complementario.
- Disponer de tierra y forraje adicionales, según el sistema pecuario de producción.

Intensidad de la operación

La intensidad de la operación, generalmente, hace referencia a la relación entre la tierra y el número de animales. Se mide por la presión del pastoreo o capacidad de carga animal que puede soportar una hectárea de terreno bajo ciertas condiciones edáficas, climáticas y de manejo. En tal sentido, la disponibilidad de alimento define, en gran medida, la presión de pastoreo o la intensidad de la operación.

Es conveniente señalar que la presión de pastoreo es una medida de la cantidad de forraje por hectárea; y la producción de leche, o la ganancia diaria de peso del animal, es una medida de la calidad; pero el desempeño biológico, comportamiento o producción del sistema pecuario, se mide en función de la producción de leche o carne/hectárea/año. Este indicador es el resultado de multiplicar la capacidad de carga por la ganancia de peso o la producción de leche diarias. Por eso, en el negocio ganadero es necesario considerar tanto la cantidad como la calidad del forraje suministrado a los animales.

Sistemas pecuarios extensivos

Los sistemas pecuarios de producción de carne extensivos se han usado tradicionalmente para actividades de cría de terneros de razas de ganado de carne, en tierras poco productivas o marginales para la agricultura, debido a sus condiciones topográficas, su fertilidad, susceptibilidad o erosión de los suelos, inundaciones prolongadas o escasez de agua. La producción de forraje de estas tierras no es suficiente para mantener la madre y el ternero durante todo el año o hasta el destete.

Estos sistemas también pueden ser el resultado de factores tales como la distancia de las zonas de cría al mercado, la relación de los precios del producto con los del transporte, la carencia de una industria para la finalización del ganado hasta el sacrificio y el mercadeo, o simplemente la imposibilidad de usos alternativos para dichos suelos.

Según el uso potencial de la tierra en Colombia, los sistemas pecuarios extensivos o muy extensivos cuentan con 10.908.775 hectáreas, aproximadamente el 9.5% del total del país y el 56.6% del área predominante ganadera (Cuadro 7.3). Estas tierras están localizadas en la Orinoquia mal drenada, las laderas de las cordilleras y en la altillanura disectada o serranía de los Llanos Orientales.

Sistemas semiintensivos

Los sistemas pecuarios semiintensivos están asociados tradicionalmente a la producción de terneros destetos y al levante y engorde del ganado en pastos mejorados. El país cuenta con 8.342.625 hectáreas de tierras aptas para este tipo de sistemas, localizadas en las zonas de colinas del Caribe, del Cauca, del Magdalena Medio y la altillanura plana de la Orinoquia. Bajo condiciones naturales, si se eliminan las restricciones en la producción de forraje de los períodos secos, la capacidad de carga de estas praderas puede ser de 1.5 a 2.5 UA durante todo el año.

CUADRO 7.3
APTITUD DE USO DE LAS TIERRAS EN COLOMBIA

Uso	Superficie (Ha)	%
1. Áreas predominantemente agrícolas		
1.1 Agricultura de riego	3.499.000	3.1
1.2 Agricultura de secano		
• Tierras planas-cultivos transitorios	2.692.450	2.4
• Tierras en ladera		
- Cultivos transitorios	190.342	0.2
- Cultivos semipermanentes, permanentes y transitorios en multiestratas	7.981.075	7.0
Subtotal	14.362.867	12.7
2. Áreas predominantemente ganaderas		
2.1 Ganadería extensiva a semiintensiva con cultivos transitorios y semipermanentes	8.342.625	7.3
2.2 Ganadería extensiva	4.942.725	4.3
2.3 Ganadería muy extensiva	5.966.050	5.2
Subtotal	19.251.400	16.8
3. Áreas predominantemente forestales		
3.1 Con posibilidad agropecuaria		
• Cobertura permanente bosque protector-productor	11.208.275	9.8
3.2 Sin posibilidad agropecuaria		
• Bosque protector-productor	42.518.876	37.2
• Protección o reforestación	24.574.334	21.5
Subtotal	78.301.484	68.5
4. Otras áreas		
4.1 Ciénagas, pantanos, ríos y zonas urbanas	2.259.049	2.0
Subtotal	2.259.049	2.0
Total	114.174.800	100.0

Fuente: IGAC-ICA (1985).

Sistemas intensivos

Los sistemas intensivos están asociados o alternan con sistemas agrícolas en tierras de agricultura de riego o de secano. En Colombia estas tierras están localizadas en las planicies aluviales de los grandes ríos, los lechos de las antiguas ciénagas, las planicies aluviales o abanicos del piedemonte y en los altiplanos, así como en la zona cafetera y en otras áreas de ladera. Su superficie potencial es de 14.362.867 hectáreas, de las cuales 3.499.000 hectáreas son aptas para agricultura de secano. Su total, 8.171.417 hectáreas -7.2% del total nacional- se localiza en suelos de ladera; de ellas, 4.749.557 corresponden a la zona cafetera. En el censo cafetero de 1970, unas 2.161.500 hectáreas de estos suelos se dedicaban a potreros, superficie que seguramente se incrementó considerablemente en la década de los noventa. Es posible, entonces, que de las tierras de ladera con agricultura de secano puedan utilizarse unos 4.000.000 de hectáreas para ganadería intensiva, con pastos mejorados y de corte, complementados con ensilaje de pastos gramíneas, de maíz y subproductos de la agricultura: pulpa de cítricos, cogollo de caña panelera, cascara de café o de cacao, hojas, seudotallos y frutas de banano y plátano, hojas de yuca, capacho y tusas de maíz molidos, etc.

Para eliminar los riesgos de erosión se utilizaría un pastoreo restrictivo y se suministrarían los forrajes conservados y los subproductos en el potrero, en semiconfinamiento o en confinamiento total. Bajo estas condiciones es posible diseñar diferentes sistemas pecuarios como alternativa sostenible de producción y de recursos de suelo y agua con capacidad de carga por hectárea mínima de 2 a 3 UA.

En las tierras planas potenciales para cultivos transitorios con agricultura de riego o de secano, que llegan en el país a 6.191.450 hectáreas, se puede alternar la agricultura con ganadería intensiva de carne y leche, mediante el diseño y utilización de diferentes sistemas integrales de producción, SIP. En éstos, el subsistema pecuario complementaría el desempeño y rentabilidad de empresas mixtas, haciendo un uso más intensivo de la tierra, de la mano de obra, del capital y de la maquinaria, en períodos de poca actividad agrícola. Además, el negocio ganadero emplearía los subproductos de la agricultura en la finca y de la agroindustria en la zona. Los sistemas integrales de producción son alternativa sostenible de los recursos suelo y agua, debido principalmente al papel que tienen las gramíneas, las leguminosas y las excretas de ganado en el mejoramiento de las condiciones

físicas, la fertilidad de los suelos y el control cultural de plagas y enfermedades, por efecto de las rotaciones.

Bajo el supuesto general de que los suelos agrícolas se roten con gramíneas y cultivos forrajeros cada cuatro años, en promedio, se podría contar con 1.500.000 hectáreas utilizables en subsistemas pecuarios intensivos de producción de carne o de leche con pastoreo parcial, en semiconfinamiento, en confinamiento total o en lotes de engorde. Las actividades se especializarían en el terminado de terneros al destete, terminado de terneros a partir de terneros destetos, la ceba y la producción de animales puros para el fomento.

La alimentación principal se haría a base de ensilajes de gramíneas, de leguminosas o sus mezclas, de maíz con mazorca, de sorgo forrajero o de grano, de avena y veza en clima frío, solos o como complemento de gramíneas en pastoreo, subproductos de la agricultura o la agroindustria; y suplementados, si es el caso, con henos de leguminosas, de hojas de yuca, de ramio, de acacia forrajera y de guandul, tortas de oleaginosas, urea y minerales. La combinación de materias primas para conformar la ración diaria, según la actividad de la empresa, el tipo de ganado y las metas por alcanzar, depende de la disponibilidad del forraje, de los subproductos y de los concentrados, de su costo relativo y de su peso en la rentabilidad del negocio.

Con el propósito de dar una idea del potencial de estas tierras para la producción de carne o leche de razas especializadas, en el Cuadro 7.4 se calcula la carga animal que puede soportar una hectárea de ensilaje de maíz con mazorca utilizado como base principal de la ración diaria. El número de animales se estima bajo el supuesto de una producción de forraje verde de maíz con mazorca de 40 ton/ha y una pérdida total del 20% en el proceso de ensilaje; una cosecha al año en clima frío, dos cosechas en las zonas planas de secano y tres cosechas en las zonas planas con riego suplementario y variedades precoces de maíz.

Como se puede apreciar, según la etapa de desarrollo del animal, la carga por hectárea de ensilaje de maíz puede variar de dos vacas en producción con una sola cosecha al año, hasta 24 novillas de seis semanas a un año con tres cosechas anuales. La producción de carne de novillos para ceba podría fluctuar entre 766.5 kg por año con sólo ensilaje de maíz con mazorca, hasta 2.295 kg con tres cosechas por año; y de 1.259.3 kg a 3.777.8 kg cuando se suplementa el ensilaje con 0.5 kg de concentrado y 0.5 kg de una mezcla de melaza y urea en relación de 9:1 (Cuadro 7.5).

CUADRO 7.4

POTENCIAL GANADERO DEL ENSILAJE DE MAÍZ, COMO ALIMENTO PRINCIPAL EN TIERRAS PLANAS POTENCIALES PARA LA AGRICULTURA DE RIEGO O DE SECANO

Etapas de desarrollo	Ensilaje diario kg/animal	Animales/hectárea/año		
		No. de cosechas al año		
		1	2	3
Vacas en producción	40	2	4	6
Novillos	25	3	6	9
Toretas	20	4	8	12
Novillos de 12 a 18 meses	14	6	12	18
Novillas de 6 semanas a 1 año	11	8	16	24

CUADRO 7.5

POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE CARNE POR HECTÁREA AL AÑO CON ENSILAJE DE MAÍZ SOLO O SUPLEMENTADO CON CONCENTRADO, UREA Y MELAZA, EN TIERRAS PLANAS POTENCIALES PARA LA AGRICULTURA DE RIEGO Y DE SECANO

Ración principal	Cosecha año No.	Animales ha/año	Ganancia diaria kg/animal	Toneladas de carne ha/año
Ensilaje de maíz con mazorca	1	3	0.700	.766
	2	6	0.700	1.533
	3	9	0.700	2.299
Ensilaje de maíz con mazorca más 0.5 kg de concentrado y 0.5 kg de la mezcla melaza-urea 9:1, por animal	1	3	1.150	1.259
	2	6	1.150	2.518
	3	9	1.150	3.777

Fuente: información del Cuadro 5.5.

También se pueden emplear sistemas intensivos de ensilaje de gramíneas, con las cuales pueden alcanzarse ganancias diarias de peso hasta de un kg por animal, si se suplementan con 1.5 kg diarios de concentrado. El pasto estrella bajo riego y fertilización nitrogenada, tiene un potencial de 100 a 120 toneladas de ensilaje al año y una carga animal de 10 a 12 novillos/ha/año.

A los sistemas intensivos de engorde de ganado con ensilaje de gramíneas, comparados con los sistemas convencionales, se les atribuyen las siguientes ventajas:

- Una mejor oportunidad para controlar la nutrición de los animales y, consecuentemente, la ganancia diaria de peso y la velocidad de crecimiento, lo cual permite calcular con mayor precisión el presupuesto y mejorar la ganancia de la empresa. En los sistemas pecuarios con base en pastoreo, la precisión en el logro de las metas es muy variable por efecto de la variación en la producción de forraje entre pastoreos y por los problemas parasitarios que a veces reducen la producción animal.
- El sistema intensivo tiene una operación continua, mediante la compra mensual de grupos de terneros o de animales para ceba, lo cual contribuye a un mejor flujo de caja.
- Para la producción del ensilaje se pueden seleccionar las gramíneas más apropiadas para cada finca en particular y manejarse como cualquier cultivo.
- Pueden reducirse las pérdidas por pisoteo, en especial la de las gramíneas de porte erecto, y, por consiguiente, incrementar la producción de forraje por hectárea y la carga animal.

Como desventajas se señalan los costos de maquinaria y de mano de obra requeridos para alimentar animales todo el año y la movilización de las excretas de los corrales. No obstante lo anterior, la carga animal potencial de 10 a 12 animales por hectárea provee un horizonte bastante mayor que cualquier otro sistema pecuario.

En los países de zonas templadas, los terneros de razas lecheras, de carne o de sus cruces, se llevan a zonas productoras de granos a edades tempranas, con el fin de terminarlos para el mercado, con base en ensilaje de granos, en corrales de engorde que varían de unos pocos animales hasta 100.000 cabezas. En la década de los sesenta, la Comunidad Económica Europea, con el uso del ensilaje de maíz para el engorde de ganado, pasó de ser importador de carne a segundo exportador después de Australia.

La raza

Definida la operación y la actividad, se selecciona la raza o los cruces más adecuados, y se decide sobre el número de animales que se pueden manejar, de acuerdo con la disponibilidad de alimento y de capital.

El ganadero conoce muy bien las características distintivas de las razas y sus cruces, en relación con el clima, la calidad del forraje disponible, el tamaño del animal, su precocidad (peso al nacer y al deste-

te), la madurez, el rendimiento y la calidad de los canales. Por lo general las razas de mayor tamaño crecen con mayor rapidez y producen más carne en un período determinado, utilizan mejor los alimentos altos en energía, los granos y el ensilaje de maíz; pero son de madurez más tardía que las razas pequeñas, las cuales llegan más rápidamente a la edad de sacrificio. En Europa, fuera de Inglaterra, Irlanda, Francia e Italia, sólo de 2% a 5% del ganado vacuno corresponde a razas especializadas de carne, y tres cuartas partes al de doble propósito.

El financiamiento

Como se dijo antes, la información comparativa de diferentes sistemas pecuarios, como resultado de la experimentación o de estudios de casos, es casi inexistente en Colombia. Resultados obtenidos en otros países señalan que el capital de trabajo se acumula durante la vida del ternero y alcanza su máximo casi antes de la venta. Al principio del negocio domina el precio del ternero, pero a medida que la vida del animal progresa los costos de la alimentación adquieren mucho mayor importancia.

Los sistemas pecuarios en que se suministra a los terneros alimentos altos en energía y granos, que se sacrifican a edad temprana y pesos bajos, requieren capital de trabajo muy bajo. Por el contrario, los sistemas pecuarios con razas lecheras, cuya alimentación se basa principalmente en gramíneas, tienen requerimientos intermedios de capital. La producción de terneros, a su vez, exige tres veces más capital de trabajo por cabeza que la producción de carne con cereales, debido al costo del alimento de la madre; además, el margen bruto (ventas menos costos variables y costo del ternero) es muy sensible a las variaciones de los precios del ternero y de los concentrados.

Cuando el sistema pecuario elimina las restricciones asociadas con la disponibilidad de forraje en períodos críticos, la compra y venta del ternero se distribuye durante todo el año, reduciendo de paso las etapas pico de requerimiento de capital.

Las metas

Las metas de rendimiento de carne y de leche se determinan de acuerdo con la raza y su potencial productivo, la edad, el momento cuando el animal alcanza el peso de sacrificio o de venta y el rendimiento en canal. Como indicadores para las metas, se utilizan variables como la

ganancia de peso o la producción diaria de leche, la edad y el peso al sacrificio y la producción de leche o de carne por hectárea.

La ganancia de peso y la producción diaria de leche por animal son función del alimento utilizado, el consumo total y la edad de sacrificio para el ganado de carne. Estos indicadores son una medida de la calidad del alimento suministrado a los animales.

El indicador producción de carne o de leche por hectárea resulta de multiplicar la ganancia de peso o la producción de leche diaria por la capacidad de carga o número de animales que una hectárea de tierra puede sostener sin deteriorar el suelo y el pastizal, bajo condiciones específicas de manejo. La capacidad de carga es un indicador de la cantidad de alimento disponible por hectárea.

Con el fin de ofrecer una idea aproximada para el cálculo en los sistemas pecuarios se presentan en el Cuadro 7.6, para zonas templadas y de acuerdo con la raza y el alimento principal, metas para la edad y peso al sacrificio, ganancia diaria, hectáreas requeridas por cabeza para la producción de gramíneas y concentrados y las toneladas de materia seca de forrajes conservados y de concentrados que se requieren por animal. Esta información es tanto más útil cuando los pastos y cultivos temporales utilizados se adaptan y cultivan en los climas fríos de las zonas tropicales.

En los climas medios y cálidos se han alcanzado, con sólo pastoreo de gramíneas, ganancias diarias hasta de 0.700 kg, con buen manejo y fertilización nitrogenada. Sin embargo, bajo condiciones naturales y manejo tradicional, las ganancias diarias pueden llegar hasta 0.400 kg en las épocas de abundante crecimiento de pasto. En los períodos críticos para el crecimiento de las gramíneas, generalmente no se llenan los requerimientos de materia seca para el mantenimiento de los animales y menos aun para la producción de leche o ganancia de peso.

Si se pretendiera producir animales de 495 kg a la edad de sacrificio, con una ganancia diaria de 0.400 kg durante todo el año, complementando la dieta en el verano, se necesitarían tres años y cinco meses, aproximadamente. El tiempo se duplicaría bajo condiciones de seis meses de sequía, sin complementación de la ración diaria en el verano.

El entorno político e institucional

El éxito o fracaso de determinado sistema pecuario dependerá de las capacidades técnica y gerencial del ganadero, pequeño, mediano o grande. La primera está en función de los conocimientos del produc-

CUADRO 7.6
METAS DE PRODUCCIÓN PARA GANADO DE CARNE EN ZONAS TEMPLADAS

Raza	Fuente principal de alimento	Edad al sacrificio Meses	Ganancia diaria de peso kg/animal	Peso al sacrificio kg	Hectáreas requeridas por cabeza		Ton de materia seca por cabeza	
					Gramíneas	Concentrado	Forraje conservado	Concentrado
Carne	Gramíneas	9 – 11	0.9	250-300	0.60	0.06	1.3	0.2
Holstein, razas grandes de carne x Holstein	Granos	11 – 12	1.2	450	0.02	0.51	0.2	1.8
Termeros Holstein, terneros Holstein x razas de carne	Granos, forraje conservado y gramíneas	14 – 16	1.0	460	0.08	0.13	0.7	0.5
Holstein, razas de carne x Holstein	Ensilaje de gramíneas o de maíz	14 – 17	1.0	500	0.20	0.13	1.8	0.5
Termeros de razas de carne, cruces de razas de carne x Holstein	Forrajes y subproductos conservados	16 – 24	0.8	440	0.13	0.05	1.2	0.2
Holstein, razas de carne x Holstein	Pastoreo de gramíneas, forrajes conservados y granos	15 – 18	0.8	475	0.30	0.20	1.1	0.7
Holstein, razas de carne x Holstein	Pastoreo de gramíneas	20 – 24	0.7	495	0.40	0.15	0.7	0.6
Termeros de cruces de razas de carne	Pastoreo de gramíneas	16 – 24	0.7	495	0.40	0.15	0.7	0.6

Fuente: Wilkinson (1983), pp. 14-15.

tor, para manejar las interacciones del suelo, la planta y el animal, y la segunda, de sus conocimientos y habilidad para manejar con eficiencia y eficacia la interacción del sistema pecuario con variables exógenas de tipo económico, cultural, social y climático.

Puede decirse entonces que la decisión final del ganadero al seleccionar su sistema pecuario tendrá necesariamente que hacerse en el contexto de las variables exógenas al sistema: precios, mercado, infraestructura de transporte, almacenamiento y transformación; incentivos y fomento para la inversión y la adopción de tecnologías apropiadas; seguridad en el campo y en la inversión; asistencia técnica e investigación científica y tecnológica.

5. EL HATO NACIONAL POTENCIAL

En párrafos anteriores se señalaron las capacidades de carga potenciales para algunos sistemas pecuarios de producción, según aptitud de uso de tierras en el país, con la eliminación de las restricciones de alimento durante épocas críticas. De acuerdo con esta información, las hectáreas potenciales para la ganadería pueden llegar a los 25 millones aproximadamente, 2 millones menos que el total actualmente utilizado y 15 menos que el total útil según los estimativos de la Sociedad de Agricultores de Colombia, SAC, para el año de 1994. Con la capacidad de carga media, propuesta para algunos de los sistemas pecuarios de producción, podría alcanzarse un potencial ganadero de 39.639.638 unidades animal, UA (Cuadro 7.7).

CUADRO 7.7
POTENCIAL GANADERO NACIONAL SEGÚN APTITUD DE USO DE LAS TIERRAS BAJO SISTEMAS PECUARIOS EXTENSIVOS E INTENSIVOS, SIN RESTRICCIÓN DE ALIMENTOS EN ÉPOCA CRÍTICA

Sistema	Hectáreas potenciales	Carga potencial media UA/ha	Total potencial UA
Extensivo	10.908.775	0.5	5.454.388
Semiintensivo	8.342.625	2.0	16.685.250
Intensivo			
- En tierras de ladera	4.000.000	2.5	10.000.000
- En tierras planas	1.500.000	5.0	7.500.000
Total	24.751.400	----	39.639.638

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, P.A. (1983). "Sistemas de almacenamiento de forrajes". En: *Suplemento Ganadero*, ICA, vol. 3, No. 2, Bogotá, pp. 42-49.
- Agricultura de las Américas (1984). "Como preparar ensilaje en fardos cilíndricos", septiembre, pp. 8-11.
- (1984). "Ensilado en fardos cilíndricos", junio, p. 20.
- Álvarez, R.V., Pacheco, J.P., Pérez, G.E., Pooson, I. y Viniegra, G. (1979). "Sustitución de maíz por biofermel (melaza, estiércol prefermentados) en dietas para bovinos". *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 13:83.
- Ammerman, C.D. y Henry, P.R. (1992). "Utilización de subproductos cítricos para ganado". En: *Memorias de la Conferencia Internacional sobre Ganadería en los Trópicos*. Florida: Universidad de Florida, Gainesville, p. 70.
- Arndt, D.L., Day, D.L. y Hatfield, E.F. (1979). "Processing and handling of animal excreta for refeeding". *J. Anim. Sci.* 57:461.
- Argüelles, G. (1982). *Carta Ganadera*, vol. 1 No. 4, Bogotá.
- Ayala, C.H. (1969). "El ensilaje como factor de progreso para la ganadería colombiana". En: *Curso corto sobre ganado de carne*. Ibagué, Colombia: ICA-Fondo Ganadero del Tolima, pp. 195-210.
- , Escobar, G. y Thompson, R. (1968). "Maíz y sorgo para ensilaje en el Valle del Cauca". En: *Curso de suelos, pastos y ganadería para el Valle del Cauca*. Bogotá: ICA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Palmira. Boletín Técnico No. 4, pp. 93-103.
- Balcázar, V. Álvaro (1994). "La ganadería bovina en Colombia". En: *Transformaciones en la estructura agraria. Minagricultura 80 años*. Bogotá: Banco Ganadero, Caja Agraria, Vecol y Tercer Mundo Editores, pp. 309-334.
- Bernal, E. J. (1991). *Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo*, 2a. ed. Bogotá: Banco Gadero.

- Blaser, R.E. *et al.* (1986). *Forage animal management systems*. Blacksburg, Virginia Agricultural Experimental Station. Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia: Bulletin 86-7, pp. 49-61.
- Bosman, A.H. (1990). "Producción de ensilaje en 24 horas". *Agricultura de las Américas*, septiembre-octubre, pp. 22-26, 28, 40.
- Camacho G., H.A. (1986). "Alternativas en la cosecha mecánica de forrajes para ensilaje". En: *Día de Campo*, Bogotá: ICA, pp. 43-51.
- Castaño Q., M. (1973). *Métodos para preparación de raciones para animales (aves, conejos, cerdos, curies)*. Bogotá: ICA. Subgerencia de Investigación, División de Ciencias Animales, Programa de Especies Menores. Boletín Técnico No. 27.
- CEGA (1998). *La ganadería bovina en Colombia. 1996-1997*. Santafé de Bogotá: Fedegan.
- Chaverra G., H. (1967). "Manejo de potreros". En: *Pastos y ganados para la Costa Atlántica*. Cereté, Córdoba: ICA, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Turipana, Boletín de Divulgación No. 15, pp. 51-58.
- Checa E., J. (1987). "Ensilaje de pastos". En: *Temas de Orientación Agropecuaria*, No. 101, Bogotá, pp. 5-56.
- Cobos, P.M. (1987). "Evaluación nutricional de ensilados a base de estiércol, melaza y rastrojo de maíz en la alimentación de ovinos". Tesis MSc. Colegio de Postgrado, Chapingo, México.
- Corpoica (1999). *Plan de modernización tecnológica de la ganadería bovina en Colombia*. Avance de resultados. Santafé de Bogotá.
- Escobar, G. (1971). *Análisis económico de la ceba de novillos en confinamiento*. Palmira, Colombia: ICA, Centro Regional de Investigaciones.
- Esperance, M., Ojeda, F. y Cáceres, O. (1981). "Marco fermentativo, valor nutritivo y producción de leche con hierba pangola ensilada con ácido fórmico o miel". En: *Pastos y Forrajes*, Cuba, 4: 237-248.
- Díaz M., T.E. (1986). *Día de campo sobre ensilaje de maíz*. San Juan de Pasto, Colombia: ICA, Centro de Investigación Obonuco, Regional 5.
- (1984). "Comportamiento de vacas Holstein en confinamiento durante la primera fase de lactancia alimentadas con ensilaje de maíz y suplemento proteico". Bogotá: ICA-Universidad Nacional. Tesis MSc.
- Domínguez, G.H., Hardy, C. y Ayala, R.J. (1982). "Efectos de la edad de corte y niveles de miel final en la calidad del ensilado de King

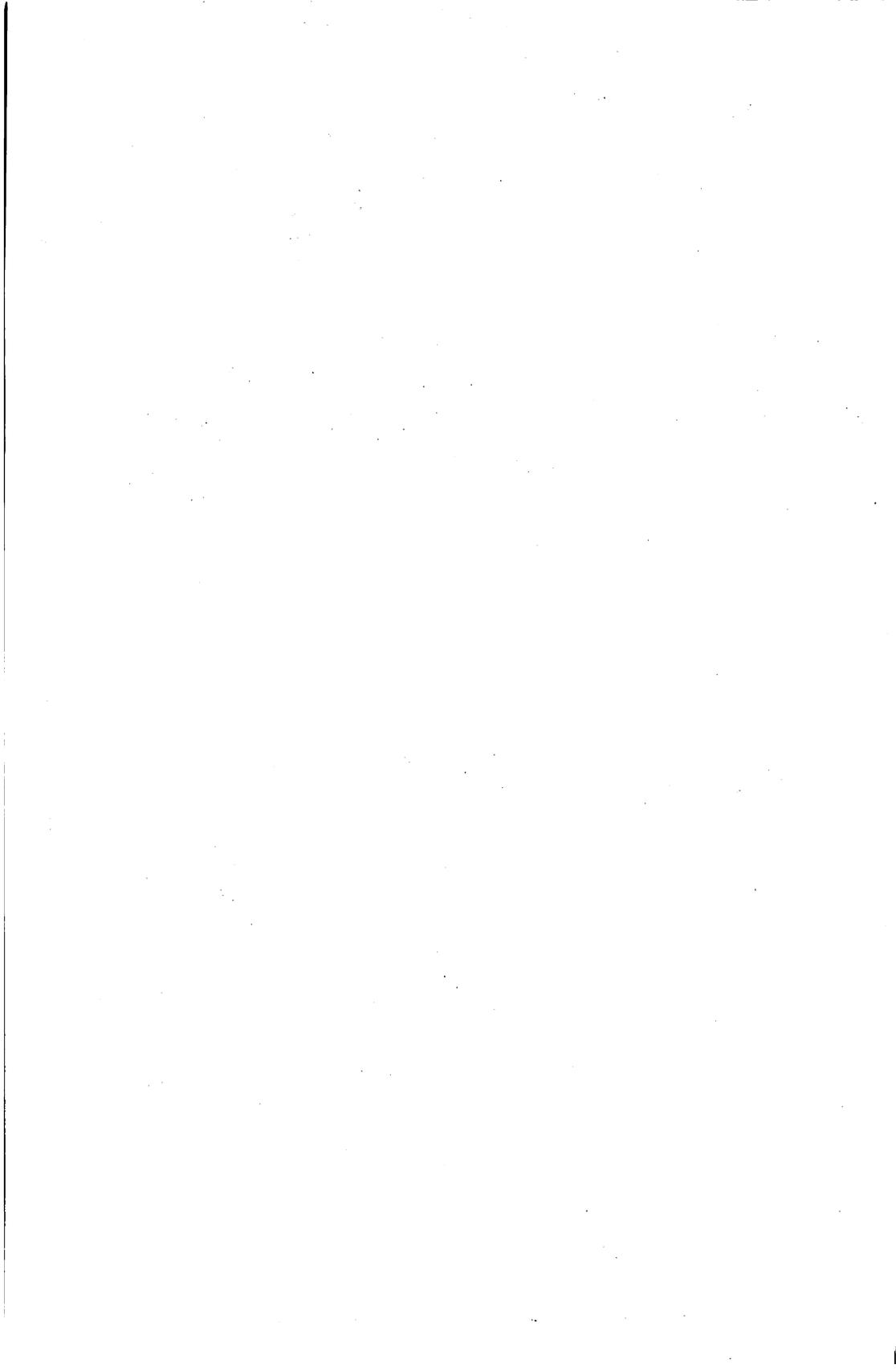
- grass (*P. purpureum xTyphoides*)". En: *Revista Cubana de Ciencia Agrícolas*, 16:89-94.
- y Elías, A. (1981). "Efecto de la edad de corte, la adición de urea y de diferentes niveles de miel final en la calidad del ensilado de bermuda cruzada No. 1 (*Cynodon dactylon* L.)". *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 15 (1): 77-82.
- Fedegan (1997). "La ganadería bovina en Colombia: balance y realizaciones". Santafé de Bogotá, mimeo.
- Flórez B., A. y Camacho G., H. (1987). *Equipos y sistemas en la cosecha de maíz para ensilaje*. Bogotá: ICA, Programa de Maquinaria Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas, Tibaitatá, mimeo.
- Fonseca V., C.A. y Calderón R., S.E. (1986). "Evaluación de la aplicación de aditivos y preservativos en el ensilaje de quinua forrajera (*Chenopodium quinua*, W)". Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, tesis Ingeniería Agrícola.
- Franco V., J.J. (1992). "Utilización de ensilajes y henos como métodos de conservación forrajera". En: *Curso alternativas no tradicionales para alimentación de rumiantes*. San Juan de Pasto, Colombia: ICA. Subgerencia de Investigación y Subgerencia de Transferencia de Tecnología, Regional No. 5. Creced Altiplano de Nariño. Centro de Investigaciones Agropecuarias, Obonuco.
- Gohl, B. (1982). *Piensos tropicales*. Colección FAO: Producción y Sanidad Animal, No. 121. Roma: FAO.
- Gómez, F. y Mejía, J. (1971). "Estudio comparativo de la producción y los costos de la ceba de novillos Holstein con ensilaje de maíz y avena". En: *Resúmenes de los trabajos presentados al Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. Cúcuta, Colombia.
- González M., M. y Valencia M., A. (1994). "Determinación del uso consuntivo para pastos en siete regiones de Colombia". Bogotá: ICA.
- Hernández, G. et al. (1987). "El uso de urea, melaza, torta de algodón, ensilaje de avena, ensilaje de maíz en ceba de novillos Holstein". En: *Día de campo sobre ciencias animales*. Bogotá, Colombia: ICA, pp. 19-25.
- Huertas R., H.B. (1992). "Producción animal y agroindustrial con la utilización de la planta de yuca". *Carta Ganadera*, vol. 29 (7):31-34. Santafé de Bogotá: Banco Ganadero.
- ICA (1988). *Proyecto "Generación y transferencia de tecnología en sistemas de producción"*. Bogotá: ICA-CIID, Subgerencia de Investigación y Transferencia, División Cultivos Múltiples. Informe anual 1988, pp. 54-60.

- Jacques, K.A., Axe, D.E., Harns, T.R., Harman, D.L., Balsen, K.K. y Johnson, D.E. (1986). "Effect of sodium bicarbonate and sodium bentonite on digestion, solid and liquid flow on ruminal fermentation characteristics of forage sorghum silage – based diets fed to steers". *J. Anm. Sci.* 63:923-932.
- Jiménez, N. (1976). "Comportamiento de dos fuentes energéticas y un anabólico sobre la utilización de urea en ceba de bovinos con ensilaje de maíz sin mazorca". Bogotá: Universidad Nacional-ICA. Tesis MSc.
- Knowlton, K.E., Pitt, R.E. y Fox, D.G. (1993). "Model predicted value of enzymes treated alfalfa silage for lactating dairy cows". *J. of Production Agriculture*, vol. 6, No. 12, pp. 280-286.
- Laredo C., M.A. y Kleermann, G. (1990). *Tabla nutricional para ganado de leche*. Bogotá: ICA-GTZ.
- y Cuesta, P.A. (1988). *Tabla de contenido nutricional de pastos y forrajes en Colombia*. Bogotá: ICA, Subgerencia de Investigación y Transferencia, División de Disciplinas Pecuarias, Sección Programa Nacional de Nutrición Animal. Publicación del Comité de Educación y el Departamento de Asistencia Técnica de Colanta, 2a. ed. corregida, pp. 24-25, 30, 44, 52.
- Luengas A., A. (1989). "Bondades de la suplementación con ensilaje de maíz para épocas críticas en vacas de leche". *Día de campo*. Bogotá: ICA, Fenalce, Banco Ganadero, pp. 49-62.
- y Pulido, H.J. (1986). Utilización del ensilaje de maíz en la alimentación de bovinos. En: *Día de campo*, "La planta de maíz para ensilaje". ICA, Centro Regional de Investigaciones Tibaitatá.
- McDonald, P. (1981). *The biochemistry of silage*. Inglaterra: Pitman Press.
- Medrano L., J. (1992). "Subproductos agrícolas y su utilización en el sistema integrado de producción". En: *Curso alternativas no tradicionales para alimentación de rumiantes*. San Juan de Pasto, Colombia: ICA, Subgerencia de Investigación y Subgerencia de Transferencia de Tecnología, Regional No. 5, Creced Altiplano de Nariño. Centro de Investigaciones Agropecuarias, Obonuco.
- Mejía, E. (1971). "El efecto de la adición de urea en el valor nutritivo de los ensilajes". Bogotá: Universidad Nacional - ICA. Tesis MSc.
- Meléndez N., F. (1987). "Ensilaje de forrajes tropicales". Trabajo presentado en la XXI Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal (AMPA). Ciudad Victoria, Tams.
- Miller, W.I. (1979). *Animal feeding and nutrition*.

- Morales G., G. (1992). "Fundamentos de alimentación, manejo y sanidad bovina". *Catie, Serie Técnica, Informe Técnico No. 189*.
- Moreno, M. (1978). *Aspectos prácticos del ensilaje*. Turrialba, *Catie*, 6 p.
- Munévar, G. (1994). "Ensile y olvídense del verano". *Carta Ganadera*, 31 (7): 48-53, Bogotá.
- Oberle, S. (1994). "Farming systems options for U.S. Agriculture: An Agroecological perspective". *J. Prood. Agric.* 7: 119-123.
- Ojeda G., F., Cáceres G., O. y Esperance M., M. (1961). *Conservación de forrajes*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Olave B., M., Castellar P., N. "Determinación de la calidad nutricional del forraje de soya (*Glycine max L. Men*) previamente conservada mediante ensilaje y henificación". En: *Acta Agronómica*, vol. 37 (1): 66-79. Palmira, Colombia.
- Ortega, A., Rubio, R. y Huertas, E. (1972). "Valor alimenticio del ensilaje de sorgo de grano y de maíz en la producción de leche". *Revista ICA*, vol. 7, (4): 415, Bogotá, Colombia.
- Panditharantne, S.V., Allen, V.G., Fontenot, J.P. y Jayasonya, M.C. "Ensiling characteristics of tropical grasses as influenced by stage of regrowth, additives and chopping length". *J. Anm. Sci.* 63:197.
- Patiño E., J.O. (1989). "Efecto de la adición de lisocelina y bicarbonato de sodio en la degradabilidad *in situ* de ensilado de estiércol". Chapingo, México: Tesis MSc. Colegio de Postgrado.
- Peláez E., J.D. (2000). Información personal. Medellín, Colombia.
- . "Una alternativa para el Plan de modernización de la ganadería bovina en Colombia. Agricultura y conservación de forrajes. Estudio de caso". Medellín, Colombia.
- Pérez, P. y Viniestra, G. (1980). *Uso de estiércol en la alimentación de bovinos*. México: Instituto de Investigaciones Biomédicas, Unam.
- Plan de modernización tecnológica de la ganadería colombiana (1999). *Atlas de los sistemas de producción bovina del trópico bajo colombiano. Región Valles Interandinos*. Santafé de Bogotá: Corpoica, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colciencias, Fedegan.
- Rivera B., L. (1956). "Value of roofing tower silos and paper and earth covers for trench silos". *J. Agr. Univers.*, 20 (1):78-82, Puerto Rico.
- , Marchán, F. y Del Toro, E. (1947). "Studies on silage in Puerto Rico. Methods of ensiling and resulting quality of Merker and cane tops grass silages". *J. Agr. Univers.*, 31 (2):168-179, Puerto Rico.
- Rubio, R., Johnson Jr. J., Salazar, J.J. y González, D. (1967). "El ensilaje en la alimentación del ganado lechero en el Valle Sinú". En: *Pastos y ganados para la Costa Atlántica*. Cereté, Córdoba, Colombia: ICA.

- Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Turipaná, Boletín de Divulgación, No. 15.
- Salazar, D., Peña, F., y Gavilanes, C. (1980). "Comportamiento de novillos Holstein alimentados con ensilaje, heno y pastoreo de una mezcla de gramíneas". XII Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Villavicencio, Meta, Colombia, pp. 99-100.
- (1980). "Comportamiento de novillas Holstein alimentadas con ensilaje, heno y pastoreo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)". *Revista ICA*, vol. 15 (3): 145.
- Serna, A., Ugarte, J., Elías, A. y Ruiz, R. (1978). "Efecto de la adición de cantidades de heno en raciones para vacas en pastoreo suplementadas con ensilaje". *Memorias Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, vol. 13 (13): 27-28.
- Simpson, J.R. (1989). *Economía de sistemas de producción ganadera en América Latina*. Gransville, Florida: Editorial Agropecuaria Latinoamericana, INC.
- Staples, Ch., Ruiz, T. y Bernal, E. (1993). *Alimentación de ganado lechero con ensilaje de pasto bermuda*. Departamento de Producción Lechera, Universidad de Florida, Gainesville.
- Valdez, F.R., Harrison, J.H. y Fransen, S.C. (1988). "Effect of feeding corn-sunflower silage on milk production, milk composition, and rumen fermentation of lactating cows". *J. Dairy, Sci.* 71: 2462-2469.
- Vargas B., R. (1988). "Sistemas prácticos para la conservación de forrajes". En: *Ganadería de doble propósito*. ICA-SENA-Creced, Sur del Tolima, pp. 136-140.
- Vélez, G. y C.J. Tirado (1987). *El cebú*, No. 237, Bogotá.
- Wilkinson, J.M. (1983). "Silages made from tropical and temperate crops". I. The ensiling process and its influence on feed value. *World Annual Rev.*, 45:36.
- Woolford, M.K. (1984). *The silage fermentation microbiology series*. The Grassland Research Institute Hurley Mandenhead. Berkshire, England. Marcel Dekker, INC.
- Zapata A., J.O., Medrano, J. y Agudelo, O. (1989). "Uso del ensilaje de girasol, ensilaje de soya y ensilaje de maíz en animales productores de leche". En: *Asiava: Orientación Agropecuaria*, 28:31.
- , Sánchez, L. y Meza, J.H. (1985). "Evaluación nutritiva de tres clases de ensilajes". En: *Día de Campo*. ICA, Centro de Investigaciones Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

- y Medrano, J. (1989). "Alimentación de novillas con ensilaje de maíz, ensilaje de pasto elefante y ensilaje de soca de sorgo más gallinaza". ICA, Informe Anual, Programa de Ganado de Leche, Centro de Investigaciones Palmira, Valle del Cauca, Colombia.
- , Rubio, R. y Gartner, J. (1976). "Uso del ensilaje de maíz, hojas de yuca y pasto elefante en novillas Holstein". X Congreso de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Medellín, Colombia.
- , — y Pineda, J. (1976). "Utilización del pasto elefante, heno de alfalfa y ensilaje de maíz en la alimentación de novillas Holstein". En: Colveza. Memorias X Congreso de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Medellín, Colombia, p. 184.
- (1972). *Alimentación de novillas Holstein mediante el uso de aditivos en el ensilaje de maíz*. Palmira, Colombia: ICA, Centro Regional de Investigación Palmira.
- Zonificación Agroecológica de Colombia (1985). *Memoria explicativa*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección Agroecológica; ICA, Subdirección de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria.



**Este libro se terminó de imprimir en octubre del 2000
en los talleres de Tercer Mundo Editores, División Gráfica.
pbx (571) 312 6816, Fax (571) 212 5976
E-mail: tmundoed@polcola.com.co
Bogotá, Colombia**

JAVIER BERNAL EUSSE es Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional, sede de Medellín; Msc en fisiología vegetal y fertilidad de suelos de la Universidad de Cornell y PhD en fisiología vegetal de la Universidad de Iowa, Estados Unidos.

En la empresa privada ocupó el cargo de gerente de Semillas la Pradera, y actualmente se desempeña como gerente de investigaciones pecuarias IN-PEC, LTDA., en la ciudad de Medellín. Como investigador del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), fue director de la división de semillas, ingeniero agrónomo auxiliar, jefe de producción y director del programa nacional de pastos y forrajes.

Ha sido profesor de las cátedras de pastos y forrajes y de manejo de praderas en la Universidad Nacional, de ecología y fisiología vegetal en la Universidad Jorge Tadeo Lozano y en la Escuela de Graduados (ICA), Universidad Nacional.

Como consultor internacional ha prestado sus servicios a la FAO, a la Sociedad Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ), al Banco Mundial, al IICA y al Acuerdo de Cartagena. Como consultor nacional ha prestado su colaboración a Monómeros, Monsanto y Analac.

Es autor de aproximadamente 120 publicaciones de pastos y forrajes, que incluyen dos libros, artículos técnicos y divulgativos, informes científicos y aspectos legales sobre semillas y propiedad intelectual de especies mejoradas.

EL ENSILAJE EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO VACUNO ofrece a los asistentes técnicos y ganaderos los principios básicos y la tecnología para la elaboración, manejo y utilización del ensilaje, como estrategia de ajuste para los períodos de escasez de forraje en la empresa ganadera, con el fin de mantener la producción de carne y leche durante todo el año.

A partir del análisis de las variaciones de la precipitación y su distribución en regiones ganaderas representativas del país, se describe la importancia del ensilaje como método de conservación de forrajes, los tipos de silos, la bioquímica del proceso de ensilaje, la tecnología disponible, su evaluación como suplemento en la alimentación del ganado vacuno, y su potencial productivo en nuestro medio como componente en sistemas pecuarios de producción.

Se da especial importancia al análisis de información resultado de la experiencia y de la investigación en el medio colombiano, para presentar en forma resumida, la oferta tecnológica potencial sobre el tema.

