

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



***“MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE FORRAJES PARA LA
ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES”***

NEFTALÍ CLEMENTE OVANDO

MONOGRAFÍA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:**

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México

Abril del 2009

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**“MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE FORRAJES PARA LA ALIMENTACIÓN
DE RUMIANTES”**

NEFTALÍ CLEMENTE OVANDO

MONOGRAFÍA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER

EL TÍTULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México

Abril del 2009

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**"MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE FORRAJES PARA LA
ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES"**

POR

NEFTALÍ CLEMENTE OVANDO

ASESOR PRINCIPAL

MC. SERGIO IGNACIO BARRAZA ARAIZA

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



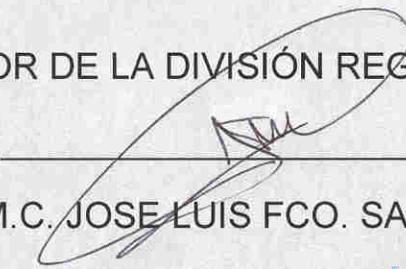
**"MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE FORRAJES PARA LA ALIMENTACIÓN
DE RUMIANTES"**

ASESOR PRINCIPAL



MC. SERGIO IGNACIO BARRAZA ARAIZA

COORDINADOR DE LA DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



M.C. JOSE LUIS FCO. SANDOVAL ELIAS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**



**COORDINACION DE LA DIVISION
REGIONAL
CIENCIA ANIMAL**

Torreón, Coahuila, México

Febrero del 2009

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



MONOGRAFÍA ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESIDENTE:

MC. SERGIO IGNACIO BARRAZA ARAIZA

VOCAL:

M.C. JORGE ITURBIDE RAMÍREZ

VOCAL:

I. Z. JORGE HORACIO BORUNDA RAMOS

VOCAL:

MVZ. RODRIGO ISIDRO SIMON ALONSO

Torreón, Coahuila, México

Febrero del 2009

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
FACTORES QUE LIMITAN EL USO DE RESIDUOS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL.....	5
SUBPRODUCTOS AGRÍCOLA Y AGROINDUSTRIALES.....	5
COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	8
Composición Química de la paja de los cereales trigo y cebada (%).....	10
CLASIFICACIÓN DE SUBRODUCTOS AGRÍCOLAS Y AGROINDUSTRIALES....	11
FACTORES A CONSIDERAR EN LA ALIMENTACIÓN DE LOS RUMIANTES.....	13
MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE FORRAJES Y SUBPRODUCTOS AGRÍCOLA Y AGROINDUSTRIALES EMPLEADOS EN MÉXICO.....	14
TRATAMIENTOS QUÍMICOS.....	16
TRATAMIENTOS FÍSICOS.....	17
Henificación.....	18
Tecnología de la henificación.....	19
Henificación natural.....	20
Henificación semi-artificial.....	22
Henificación artificial.....	25
Factores que influyen en la calidad de un buen heno.....	28
Perdidas de la henificación.....	31
Apreciación de la calidad de los henos.....	32
Cualidades de un buen heno.....	33
Características de un heno de calidad.....	33
TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS.....	35
Fermentación en sustrato solido.....	35

Ensilaje.....	37
TIPOS DE ENSILAJES.....	39
Formas de silos.....	39
Silos verticales.....	39
Silos horizontales.....	40
Factores que afectan el valor nutritivo del ensilaje.....	42
SELECCIÓN DE LOS METODOS DE CONSERVACION.....	43
CRITERIOS FUNDAMENTALES PARA LA SELECCIÓN DE LOS METODOS DE CONSERVACION.....	44
LITERATURA CITADA.....	45

INDICE DE CUADROS

Composición Química de la paja de los cereales trigo y cebada (%).....	10
Porcentaje de materia seca del heno según el método de preparación.....	25
Caracteres organolépticos de los ensilados.....	42

Dedicatorias

A mis padres

Eugenia Ovando García y José Salustio Bernardo Clemente Díaz, por brindarme su apoyo incondicional en esos momentos difíciles que se presentan en la vida y motivarme con su forma peculiar a terminar mis estudios y seguir el camino correcto.

A mi hija

Esa personita muy especial que se presentó en mi vida para cambiarla completamente y hacerme feliz, a ti Mariam Gabriel, un ángel mandado por dios para cuidarme y motivarme para seguir luchando y no darme por vencido.

A mi compañera

Jazmín López Anzures, por ser mi cómplice y mi apoyo en la vida que estamos emprendiendo juntos.

A mi abuela

Teresa García Madariaga, por guiarme y cuidarme de pequeño, por los regaños y consejos, con cariño sinceramente su gordito.

A mi familia

A cada uno de ellos que me dieron el consejo correcto o el regaño preciso en el momento adecuado, que fueron muy valiosos para mí y me ayudaron en mi formación personal.

Agradecimientos

A Dios

Por darme la oportunidad de terminar esta carrera y por estar con mígo en todos momentos de mi vida.... Gracias.

A mi Alma Terra Mater

Por acogerme y brindarme un hogar en estos 5 años de mi vida, instruirme y forjarme como un buen profesionista y haberme brindado todas las herramientas necesarias para enfrentarme a la vida laboral.

A mi asesor

M.C. Sergio Ignacio Barraza Araiza por brindarme su tiempo y apoyo para la realización de este trabajo, sin su ayuda y colaboración no hubiera sido posible, sinceramente gracias.

A mis profesores

Por haberme compartido sus conocimientos e inculcado el valor de la educación y la superación personal, que cada quien en su forma y modos, pero siempre valiosa su aportación hacia mi persona.

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad desarrollar el tema relacionado con la conservación de forrajes utilizados en la industria ganadera. Así como la elaboración de un documento que incluya la reunión de los últimos avances e investigaciones que se hayan desarrollado sobre el tema y que constituyen una herramienta de consulta para estudiantes profesores y productores.

En él se abordaran mediante una descripción detallada los métodos que se emplean en México para la conservación de forrajes como los tratamientos físicos en donde se encuentra el picado y henificado, así como los tratamientos químicos que se dividen en hidrolíticos y oxidativos principalmente, en los cuales se trata de adicionar sustancias que cambien la estructura del rastrojo, incrementando su solubilidad permitiendo que el animal absorba la mayor cantidad de nutrientes, y los tratamientos biológicos, que consisten en la utilización de microorganismos (bacterias y hongos) que degradan lignina y en menores cantidades la celulosa y hemicelulosa de los rastrojos, en general este tratamiento se dividen en dos métodos que son: Fermentación en Sustrato Solido y el Ensilado.

Palabras claves: Métodos. Forrajes. Conservación. Microorganismos. Lignina

INTRODUCCION

La explotación de los rumiantes en México, se realiza principalmente en condiciones extensivas con forrajes y pastos nativos. El rastrojo de maíz, pajas de sorgo, trigo, frijol, avena y punta de caña suman 90 % del total de los subproductos agrícolas, aprovechándose de estos el 50 %. Los esquilmos son importantes para la alimentación, por su disponibilidad y la capacidad de los rumiantes para utilizar los productos lignocelulósicos (Carreón y cols., 2005), todos estos son considerados forrajes de baja calidad, los cuales se caracterizan por tener un alto contenido de polisacáridos estructurales (celulosa y hemicelulosa: carbohidratos que representan la principal fuente de energía para los rumiantes) y de lignina (compuesto químico indigestible que limita el aprovechamiento de los carbohidratos) (Barrios y Ventura, 2001). En México se producen alrededor de 70 millones de toneladas de residuos agrícolas de las cuales el rastrojo de maíz, de sorgo y paja de trigo, representan 58, 12 y 15%, respectivamente (Fuentes, 2001)

La conservación de forrajes, subproductos agrícolas y agroindustriales representa uno de los puntos críticos en la producción y alimentación de diversas especies pecuarias, lo anterior se debe a que una parte de los forrajes producidos en las explotaciones ganaderas son consumidos directamente y otra debe de ser conservada para las épocas de sequía. Los residuos agrícolas fibrosos representan más del 50% de la producción de materia orgánica total de la actividad agrícola, se estima que aproximadamente 1 kg de residuo es producido

por cada kg de grano cosechado. Con esta relación de grano versus residuo se puede hacer una estimación de 400 millones de toneladas de residuos de cosecha anualmente en los Estados Unidos de Norteamérica y 330 millones de toneladas en Europa y la Unión Soviética. En los países antes mencionados la mayor parte de estos residuos se quedan en el campo después de la cosecha del grano y una porción menor es utilizada como alimento para animales. Aunado a lo anterior, los industriales dedicados al procesamiento de frutas y hortalizas o industrias malteras y cañeras generan grandes volúmenes de subproductos que son desechados al medio ambiente pues se estima que el residuo generado por la industria azucarera en el proceso de fabricación de azúcar es el bagazo de caña, se calcula que por cada tonelada de caña se generan de 150 a 160 kg de bagazo caña seca (Elizondo 1998), provocando desequilibrios en los sistemas ecológicos, especialmente aquellos que producen efluentes y que al no ser aprovechados adecuadamente ocasionan problemas de contaminación en suelos y mantos freáticos. En este sentido el procesamiento químico, físico-químico o biológico en los diversos alimentos vegetales juega un papel importante para el aprovechamiento y conservación integral de una gran variedad de forrajes y subproductos cuyo destino final es la alimentación animal. Sin embargo, para obtener éxito en la elección de los procesos de conservación de forrajes y subproductos es necesario tener conocimiento de su procedencia, volumen, edad de corte, características nutritivas, costos y riesgos de contaminación entre otras. De allí que la elección de un procesamiento debe ser coherente con el tipo de subproducto a conservar. (Meneses 2008)

En México existe un potencial agrícola que puede ser aprovechado mediante tratamiento biotecnológicos, sin embargo el problema principal para el aprovechamiento de los forrajes bastos es su baja digestibilidad ya que el consumo de estos alimentos está asociado directamente a la digestibilidad de su fibra.

FACTORES QUE LIMITAN EL USO DE RESIDUOS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL.

El uso de subproductos agrícolas y agroindustriales en la alimentación de rumiantes está limitado por su bajo contenido de nitrógeno y por sus altos niveles de fibra, que influye en la baja digestibilidad debido a los altos niveles de lignina que contienen. La cual se entiende por la configuración de las células vegetales que químicamente están estructuradas con paredes laminadas de hemicelulosa, celulosa y lignina cada una con propiedades específicas.

Conforme avanza la edad de la planta, la digestibilidad de los tallos declina más rápidamente que la de las hojas (efecto asociado a la concentración de lignina), la que se combina con los carbohidratos de la misma reduciendo la digestibilidad.

SUBPRODUCTOS AGRICOLAS Y AGROINDUSTRIALES.

El término de subproducto es referido al componente o producto secundario de otro considerado como principal, sin embargo cuando se utiliza en el ámbito de alimentación animal, hay que matizarlo, y entender este término como un alimento potencial o de uso para el ganado. Al respecto durante los últimos 20 años, a nivel mundial existe una constante lucha para lograr satisfacer las necesidades alimentarias por la gran población que existe, de tal suerte que los sistemas

agroindustriales evolucionen paralelamente a ese ritmo desenfrenado produciendo una gran variedad de alimentos y sus derivados para compensar la demanda de la población, al existir una demanda de alimentos la contra parte (residuos, subproductos y/o desechos) supone un problema grave para los sistemas ecológicos.

La producción de cultivos y la ganadería en los países en desarrollo se han duplicado en los últimos 30 años; sin embargo, la demanda de alimentos se ha incrementado en un plano aun mayor, lo que ha provocado que aumenten las importaciones de alimentos en un 10% aproximadamente cada año (Leng 1995). Se estima que un 1/3 de los cereales producidos en el mundo se destina a la alimentación del ganado, en México según datos preliminares en el 2007 se destinaron 20,361(miles de toneladas de granos forrajeros) (SAGARPA 2008) para detrimento de la población humana que tanto necesita de estos productos. Así pues debe recomendarse y orientar el uso de residuos lignocelulósicos cada vez más en la alimentación animal, debidamente tratados y correctamente administrados en la dieta de los rumiantes.

El valor nutritivo de la paja varía de acuerdo a diversos factores entre los cuales se incluyen:

- 1) Las especies cereales (en general, las pajas de avena, cebada, sorgo y mijo tienen mejor digestibilidad que la paja del trigo y arroz).

- 2) La variedad y el contenido de taninos. Existe una correlación negativa entre contenido de taninos y la digestibilidad.
- 3) Etapa de recolección (ejemplo. El arroz cultivado por fanguero a menudo se cosecha verde).
- 4) La porción de hoja y tallo que se selecciona.
- 5) La aplicación de fertilizante y la calidad del suelo.
- 6) El riego: la paja procedente del trigo que ha sido regado tuvo una digestibilidad in vitro del 41% comparada con un 34% para el trigo no regado.
- 7) Enfermedades de las plantas.
- 8) El intervalo de separación del grano y el uso de la paja: la pérdida de hojas aumenta a medida que pasa el tiempo después de la cosecha.
- 9) La madurez.
- 10) Bajo contenido de nitrógeno
- 11) Están formadas principalmente por componentes de pared celular con poco contenido de solubles.

Para mejorar el valor nutritivo de los residuos agrícolas altos en fibra para alimentar rumiantes, generalmente se requiere de algún proceso físico mecánico, químico, microbiológico o combinaciones de estos que aumente el consumo diario y mejore la digestibilidad de los nutrientes (Elizondo 1998).

Lo anterior hace necesario un conocimiento básico del alimento que se ofrecerá existiendo diversas maneras de clasificarlos.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química de estos materiales, así como el valor nutritivo, depende de varios factores como por ejemplo, el grado de maduración de la planta y otro es, cuando la mayoría de los nutrientes se transloca para las semillas y frutos. Otros factores pueden afectar la composición química y el valor nutritivo de los residuos, como la fertilización de las tierras, las condiciones del tiempo, etc.

Estos materiales se constituyen por tres grupos de composiciones orgánicas principales:

- a) La celulosa
- b) La hemicelulosa
- c) La lignina

La mayor parte de los componentes de las pajas de cereales (incluyendo proteína y minerales), están asociados a la pared celular. Como media, contienen un 71% de FND (Fibra Detergente Neutra) distribuida en un 40% de celulosa, un 23% de hemicelulosa, un 8% de lignina y un 0,2% de cutina. En el rumen del 40 al 80% de estos polímeros son fermentados por diversas especies de microorganismos, pero el 20 al 60% no es utilizado (Pinos 2002). Las dos primeras: celulosa y hemicelulosa son potencialmente fermentables por la flora digestiva, pero su degradación se ve limitada por la estructura cristalina de la celulosa y por la existencia de enlaces covalentes con la lignina. Como consecuencia, la velocidad de degradación en el rumen es muy lenta (del orden

de un 10 y un 25% a las 12 y 24 h, respectivamente) y los niveles finales de digestión son bajos (50% a las 72 h). La baja velocidad de digestión condiciona también una escasa capacidad de ingestión. Su valor energético es todavía inferior en monogástricos, dado el menor tiempo de permanencia de la digesta en el área fermentativa. No obstante, tiene un cierto valor en estas especies (especialmente en conejos), al igual que en rumiantes en engorda intensiva, como aporte de fibra larga.

La paja tiene un bajo contenido en proteína bruta (3,4%) que, además, es casi totalmente indigestible. Esto es debido a que en su mayor parte (75%) se encuentra ligada a la pared celular. El resto está constituido por nitrógeno no proteico fácilmente soluble. Por otra parte, presenta marcadas deficiencias en la mayor parte de los macrominerales (excepto potasio, cloro y hierro) y en vitaminas.

A pesar de su bajo valor nutritivo, la paja puede constituir una elevada proporción (hasta un 70%) de dietas de mantenimiento de rumiantes en sistemas extensivos. En estos casos, debe complementarse con fuentes de energía y proteína y con un corrector vitamínico-mineral para evitar una pérdida excesiva de peso. Los concentrados de fibra digestible (pulpa de remolacha o cascarilla de soya) a niveles moderados (5-10%) se consideran la complementación energética ideal de forrajes de mala calidad. Esto es debido a que su inclusión, además de proporcionar nutrientes fácilmente asimilables, favorece la proliferación de flora celulolítica y, por tanto, la digestión de la paja. Lo contrario

ocurre con los concentrados de almidón o de azúcares cuyo efecto acidificante del contenido ruminal se ve acentuado por la baja capacidad tampón de la paja (de Blas 2003).

La composición química de estas se muestra en la siguiente tabla

Composición Química de la paja de los cereales trigo y cebada (%)

Humedad	Cenizas	Proteína Bruta (PB)	Extracto Etéreo (EE)	Grasa verdadera (%)	Fibra Bruta (FB)
8	6.1	3.5	1.6	50	39.1
Fibra Detergente Neutra (FDN)	Fibra Detergente Acida (FDA)	Lignina Detergente Acida (LDA)	Almidón	Azúcares	
70.9	48.3	8.4	0.7	1.3	

Cuadro 1. Composición Química de la paja de los cereales trigo y cebada (%). (De Blas C., Mateos G.G. y Rebollar P.G. 2003)

CLASIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS Y AGROINDUSTRIALES.

Los subproductos los podemos clasificar de acuerdo a su origen o procedencia:

1. Industria alimentaria
2. Industria no alimentaria
3. Residuos agrícolas
4. Desechos animales
5. Residuos de madera o papel
6. Residuos urbanos

Dentro de los subproductos de origen vegetal existe una sub-clasificación de acuerdo al origen de los mismos

- Molienda de subproductos de granos de cereales (arroz, maíz, etc.)
- Producción de almidón (maíz, papas, diversos tubérculos, etc.)
- Industria de la fermentación (alcohol, cerveza)
- Industria azucarera (remolacha de azúcar, bagazo de caña)
- Procesamiento de frutas y vegetales (cítricos, manzana, uvas, café, residuos de hortalizas)
- Industria aceitera
- Industria papelera.

Por último se pueden sub-clasificar de acuerdo a su valor nutricional en diversas categorías

- Categoría 1: subproductos con alto contenido en fibra y bajo en proteínas (residuos de cultivos, tallos, hojas, paja, leguminosas).
- Categoría 2: subproductos con alto contenido en fibra y altos en proteínas (excretas de animales, extractos de cervecería, matorrales y plantas marinas).
- Categoría 3: subproductos con bajo contenido en fibra y bajo contenido en proteínas (incluye productos y subproductos del procesado de caña de azúcar, jugos y melazas; raíces, cascara y salvado de mandioca; pulpa de cítricos; bananas y otros alimentos procesados de plantas).
- Categoría 4: subproductos con bajo contenido en fibra y alto contenido en proteínas (acetites, tortas, harinas y despojos de la matanza de animales).
- Categoría 5: subproductos altos en aceite y fibra y bajos en proteínas (prensado de semillas oleaginosas, palma de coco).

FACTORES A CONSIDERAR EN LA ALIMENTACIÓN DE LOS RUMIANTES.

Atendiendo al tipo de forraje o subproducto agrícola o agroindustrial es posible la selección de un método de conservación adecuado, sin embargo hay que tomar en cuenta antes de suministrarle el alimento diversas características que los rumiantes tienen y varían de acuerdo a su explotación, puesto que en cada especie varía de acuerdo a su función, en los ovinos se toma en cuenta lo siguiente:

1. Tipo de lactancia
2. Edad y tipo de destete
3. Materias primas de la ración
4. Características físicas de la ración (harinas, granulados, pasto, tamaño de las partículas, etc.)
5. Características químicas de la ración (energía, proteína, hidratos de carbono, vitaminas, etc.)
6. Agua, calidad y disponibilidad
7. Aditivos
8. Conservación de forrajes y subproductos alimenticios (Meneses 2008).

MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE FORRAJES Y SUBPRODUCTOS AGRÍCOLA Y AGROINDUSTRIALES EMPLEADOS EN MÉXICO.

El interés por la utilización de residuos agrícolas en la alimentación de rumiantes se ha venido incrementando en el ámbito mundial en los últimos años, a medida que la disponibilidad de granos se reduce. Es también importante la competencia nula entre monogástricos y rumiantes por alimentos fibrosos y, la habilidad que tienen los rumiantes para convertir esos materiales fibrosos en productos útiles para el hombre (carne, leche, pieles, lana, etc.) (Fuentes 2001)

El desarrollo de procesos biotecnológicos en forrajes y subproductos de origen agrícola y agroindustrial, ha mostrado ser una fuente potencial para subsanar el déficit de alimentos y poder incidir de una manera eficiente en la actividad ganadera del país. Dentro de los factores que ha impulsado el uso de biotecnologías destaca el uso de hongos y bacterias que actúan en sitios específicos, además de la utilización de enzimas fibrolíticas exógenas o su inclusión como suplemento en la ración (Marquez y cols., 2007; Yecas y cols., 2004); por otro lado se busca disminuir los costos de alimentación comercial y aprovechar recursos propios de las actividades pecuarias, mismas que persiguen la obtención de alimentos sanos, limpios y verdes acordes con los avances biotecnológicos del nuevo siglo.

Los tratamientos más usados para su conservación incluyen:

1. Tratamientos físicos
2. Tratamientos químicos

3. Tratamientos biológicos

TRATAMIENTOS QUÍMICOS

Se han desarrollado métodos químicos desde el siglo pasado para el tratamiento de forrajes y residuos de cosecha. Dentro de estos hay dos grandes categorías, el primero involucra agentes hidrolíticos, mientras que el segundo es fundamentalmente oxidativo, factores que incrementan moderadamente la solubilidad de los materiales tratados, debido en parte a la liberación de compuestos fenólicos indigestibles asociados con lignina, en donde la celulosa no se hidroliza por el tratamiento, solamente se hace más accesible.

Entre los agentes hidrolíticos más comunes se encuentran: el hidróxido de sodio, otros hidróxidos alcalinos metálicos, amoníaco y urea. Los oxidantes más comunes son el ozono, SO₂ y otros agentes deslignificantes como clorito, ácido peracético, permanganato, etc.

Cada uno de estos tratamientos tiene diferente efecto sobre la estructura de la pared celular de la planta y su composición.

Cuando se considera un ingrediente fibroso como candidato a un tratamiento químico se debe tener en cuenta el estado de madurez y la familia de la planta (monocotiledónea o dicotiledónea). El tratamiento químico es más

positivo en vegetales maduros lignificados, no siendo benéfico sobre los componentes solubles en donde incluso tiene un efecto negativo.

Una corriente de opinión en la literatura estudiada concluye que plantas con avanzado estado de madurez, por su considerable contenido celular no son candidatas para tratamientos químicos. Por ejemplo en la familia monocotiledónea la asociación de los polisacáridos con la lignina se da en un alto número mientras que en las dicotiledóneas la unión del polisacárido con la lignina se da en forma discreta, esta diferencia en la química de la fibra es la causa de que las primeras tengan mejor respuesta a los tratamientos químicos (Elizondo 1998).

Métodos que han mostrado buenos resultados en el tratamiento de esquilmos, mismos que son tratados a base de sustancias alcalinas como hidróxido de sodio (NaOH), amoníaco (NH₃) y urea (NH₃) CO₃. En la amonificación se han empleado diferentes compuestos químicos, entre los cuales se encuentran amonio anhidro (NH₃), hidróxido de amonio (NH₄OH) y la urea como fuente de amoniaco. Los tratamientos con amoniaco promueven alteraciones en la composición química de los forrajes, principalmente en la fracción fibrosa y los compuestos nitrogenados, resultando en un aumento en su valor nutritivo. Recientemente se ha generalizado el uso de la urea, la cual por medio de la ureasa se hidroliza a amoníaco y causa la disociación de complejos lignina-carbohidratos presentes en las paredes celulares de las plantas (Rodríguez 2002).

En términos generales, el modo de acción de los álcalis es a través de la ruptura de las paredes celulares por medio de la solubilización de la hemicelulosa, la hidrólisis de los ésteres de ácidos urónicos y acéticos, aumentando la tasa de digestión ruminal de la celulosa al sufrir ésta un aumento en sus dimensiones y exponer mayor superficie al ataque de los microorganismos del rumen. Al tratar el rastrojo con estas sustancias, se realiza una predigestión, por lo que se aprovecha de un modo más eficiente, ya que al hacerlo más disponible a los microorganismos del rumen se mejora la producción animal, con un costo menor de producción, ya que estos alimentos no son caros y las técnicas y materiales utilizados son sencillos (Fuentes 2001).

TRATAMIENTOS FÍSICOS.

Entre los tratamientos físicos están el molido, la aplicación de vapor a presión, presión y la irradiación según Bustamante, quizás el tratamiento más simple y utilizado sea la disminución del tamaño de partícula del forraje, mediante el picado. El picado aumenta considerablemente el consumo del heno, siendo la mejora inversamente proporcional a la calidad del forraje. El aumento en la ingestión es debido en parte al incremento de la densidad del alimento y en parte a la reducción del tiempo de masticación y de rumia requerido para disminuir el tamaño del material ingerido, lo suficiente como para poder pasar el orificio retículo-omasal. El aumento de la ingestión propiciada por el repicado puede alcanzar entre el 25-30%, aunque han sido reportados incrementos superiores al 72% en materiales de muy baja calidad. En general, se recomienda un tamaño de

repicado entre 2 y 4 cm tanto para el ganado vacuno como para el ovino. Si el tamaño de las partículas se reduce mucho, el efecto puede ser negativo sobre el valor nutritivo de los henos en lo referente a su digestibilidad, debido al menor tiempo de permanencia en el rumen de las partículas de alimento y por la depresión del pH y de las condiciones celulolíticas del rumen provocados por el descenso en la salivación originado por el menor tiempo de masticación (Barrios y Ventura 2005).

Henificación.

La henificación fue el primer proceso ideado por el hombre para conservar partes de los forrajes verdes, principalmente gramíneas y leguminosas, sobrantes en la época de abundancia de los pastos con el fin de utilizarlos en los meses de escasez.

La hierba fresca contiene alrededor del 70 al 85% de humedad, y cuando ésta se corta se reduce a un 15-20% mediante el desecado natural al sol o métodos artificiales, pudiendo almacenarse en forma de heno sin riesgo de que se deteriore, siempre que naturalmente, se proteja de las lluvias. Un heno con un 85-90% de materia seca puede conservarse sin peligro de que se fermente; la sencillez del proceso y su larga tradición convierten la henificación en uno de los principales métodos de conservación de los forrajes.

El fundamento del método se basa en que la humedad de un alimento constituye uno de los factores más importantes que influyen favorablemente en el

crecimiento microbiano (bacterias y mohos), que por otra parte pueden formar parte de la microflora epifítica, manteniéndose y desarrollándose sobre las diferentes partes de las plantas y desarrollando ciertas relaciones con éstas. Estos microorganismos son los responsables de las fermentaciones y enmohecimiento de los forrajes, y por lo tanto de su deterioro. Al reducirse el contenido de agua de los forrajes verdes mediante la henificación (y otros métodos) disminuyen las condiciones favorables para el desarrollo microbiano, lo que permite que puedan almacenarse en grandes cantidades sin que se presente una fermentación pronunciada o se enmohezcan.

La dificultad consiste en hacer disminuir rápidamente el contenido de agua con el objetivo de matar las células vegetales antes de que la respiración ulterior de las mismas (en la hierba cortada) y las fermentaciones microbianas consuman sus reservas nutritivas. La experiencia demuestra que, efectivamente, las pérdidas en nutrientes son proporcionales a la duración del proceso. Desdichadamente, los resultados obtenidos dependen en gran parte de las condiciones climáticas que influyen en la cantidad y calidad de la hierba y en las precipitaciones atmosféricas. En regiones secas y desérticas es posible lograr el heno fácilmente, pero en regiones húmedas y muy lluviosas la operación resulta a veces muy difícil.

Tecnología de la henificación

En la práctica, los procedimientos de henificación al alcance del productor son actualmente tres:

1. Natural.
2. Semi-artificial.
3. Artificial.

1. Henificación natural

En el método de henificación natural, la hierba cortada y extendida se deseca en el campo mediante el concurso del sol. Este procedimiento resulta económico, pero depende estrechamente de las condiciones ambientales. Se deben seguir las recomendaciones siguientes:

a. La henificación debe realizarse de manera tal que el forraje no se decolore, que no pierda sus elementos nutritivos. Para obtener un heno de buena calidad debe hacerse de plantas cortadas en un estado de madurez conveniente, que conserve las hojas en abundancia, tallos blandos y plegadizos, color verde, pocas materias extrañas (que esté libre de mohos) y que tenga la fragancia típica del cultivo de que está hecho.

b. Se elegirá para realizar la henificación un período de varios días de buen tiempo, pues si la época de secamiento se extiende durante varios días y el material sufre lavados por las lluvias o fuertes rocíos, se producen pérdidas por lixiviación que reducen el valor nutritivo del heno, que pueden ser elevadas; por otra parte, la ansiedad de ponerlo a salvo bajo cubierto tan rápidamente como sea posible conduce con frecuencia a su almacenamiento húmedo.

c. Es aconsejable segar por las mañanas, después que haya desaparecido el rocío (a las 9:00 am), pues el agua se seca con dificultad sobre la hierba segada y depositada sobre el terreno. Sin embargo, algunos investigadores han señalado que esto no ofrece ninguna ventaja, ya que ha sido comprobado que cuando se corta temprano por la mañana, las plantas se henifican más rápido que cuando se cortan después, y que además, las pérdidas de caroteno (provitamina o precursor de la vitamina A) son menores.

d. El corte en horas del mediodía o la tarde no es aconsejable, pues aunque la hierba contiene menos humedad, no se obtiene ventaja alguna en la velocidad de desecación.

e. El área a cortar se debe adaptar bien a las restantes operaciones (henificación, volteo, empacado, transporte, etc. Se debe tener en cuenta que en las condiciones actuales de producción, este proceso es totalmente mecanizado.

f. La altura de corte debe ser entre 5 y 10 cm, según la especie.

g. La exposición al sol debe ser de 18 a 20 horas-luz, es decir alrededor de 36-48

h. Nunca debe superar la exposición al sol los tres días después de segada la hierba.

h. Cuando la parte superior de la hierba aparece un poco seca (poco tiempo después de la siega) es conveniente esparcirla y voltearla; en cambio, por la tarde es preferible reunir el forraje, con el objetivo de impedir que absorba humedad durante la noche. La hierba debe virarse cada 3 a 4 horas para que se seque uniformemente hasta que alcance un 20% o menos de humedad. Diversos ensayos han demostrado que no es necesario más de dos volteos al día con buen tiempo y tres con tiempo regular.

2. Henificación semi-artificial

La duración de la henificación de la hierba sobre el terreno puede también reducirse mediante el procedimiento de secado complementario en el henil, es decir, el heno se deseca en el campo hasta determinado contenido de humedad y posteriormente en el henil en que se hace circular una corriente de aire a temperatura normal o caliente. A través de la masa de forraje que aún contiene del 40-50% de humedad, el aire inyectado que pasa a través de la hierba arrastra la humedad, produciendo una desecación progresiva.

El empleo del aire a temperatura normal o caliente depende de las características de las plantas ciertas plantas requieren aire caliente, a diferencia de otras en que es suficiente el aire a temperatura normal, lo cual tiene indudablemente importancia económica y de la humedad ambiental pues la humedad ambiental suele ser tan alta durante la noche, que el efecto desecador

del aire a temperatura normal es nulo o muy pequeño; en tales condiciones es necesario el calentamiento del aire.

El procedimiento es el siguiente: el henil desecador se carga inicialmente hasta una altura de 2,40 m y se somete a una corriente de aire frío durante 3 ó 4 días. Durante este tiempo el material se asienta y entonces puede seguirse llenando y procederse nuevamente a inyectar aire, y así se continúa hasta llenar el henil. El tiempo de desecación puede reducirse a tres días si en el último de ellos se emplea aire caliente. En general se puede reducir el costo del calentamiento disminuyendo el paso de aire por el ventilador.

En la mayoría de los casos el henil desecador no debe ser más que un auxiliar del equipo normal de henificación y un recurso para los casos de emergencia. Aunque una parte de la cosecha puede desecarse en el henil cuando las estaciones son buenas, conviene que la mayor parte de dicha cosecha se henifique por los métodos ordinarios, ya que estos constituyen el medio de henificación más económico.

El heno empacado con un contenido de humedad del 35-45% puede terminarse de secar en el henil desecador; las pacas deben colocarse en el henil muy juntas unas a otras, formando columnas de seis pacas (2,7 m de altura). Estas pueden permanecer en el henil hasta el momento de su consumo o pueden sacarse para desecar nuevas partidas. La parte superior puede coger humedad, la

cual se evita cubriéndolas con una capa de paja de 30 cm de altura. El costo del henil es el factor que más limita su uso.

Durante los últimos años ha sido ampliamente adoptada la práctica de empacar el heno.

Cuando la densidad del empacado se mantiene por debajo de 135 a 180 kg/m³ en pacas rectangulares, puede recogerse el heno con el 25-30% de humedad. Cuando la densidad es baja y las pacas se disponen en montones pequeños con buena ventilación, pueden admitirse contenidos acuosos mayores. En ambos casos se reduce el período de exposición en el campo y se limita el período peligroso. No se aconseja empacar heno con contenido acuoso superior al 30%, a no ser que posteriormente pueda recurrirse a la ventilación artificial. Además, las pacas que tienen hasta el 30% de humedad tienden a perderla durante 3-4 días, y si el tiempo es favorable pueden ser amontonadas en el campo.

Una precaución que debe observarse rígidamente es empacar sólo cuando el heno carece de humedad en la superficie, pues de lo contrario inevitablemente se enmohecería. En los lugares donde existen henil desecador y máquinas empacadoras se puede preparar el heno sobre trípodes.

Existen máquinas hacinadoras remolcables tras la empacadora las que además de ahorrar tiempo en la recogida, forman un rollo en el que la superficie de contacto de las pacas con el suelo es mínimo y menor la exposición a la lluvia.

En el cuadro 2 se exponen los resultados de varios experimentos en relación con el porcentaje de materia seca alcanzado por los métodos de preparación del heno.

Porcentaje de materia seca del heno según el método de preparación

Método de preparación	%
Desección rápida en estufa	90
Desección en henil con aire calentado	87
Desección en henil sin calentar el aire	85
Desección al aire en el campo, sin lluvia	76
Desección al aire en el campo con lluvia	50-76

Cuadro 2. Porcentaje de materia seca del heno según el método de preparación.

(Silveira Prado A. Enrique. y Franco Franco Reinaldo. 2006)

La forma de desecación y manipulación afecta más a la parte foliar que a los tallos; de este modo, el contenido en hojas, y como consecuencia, el consumo de heno obtenido bajo condiciones meteorológicas desfavorables, es afectado por el método de desecación.

3. Henificación artificial

La deshidratación artificial de la hierba, por su secado rápido es el método de conservación de los forrajes que provoca menores pérdidas, reduciéndose considerablemente éstas por respiración ulterior de las células vegetales (entre el corte y muerte de la planta), la cual no ocurre hasta que la hierba ha alcanzado el 65% de materia seca aproximadamente; además suprime las pérdidas por lluvias y por las actividades microbianas y las únicas que subsisten resultan de la combustión parcial o total de ciertas partículas del producto, así como las pérdidas de muy finas partículas arrastradas por los gases calientes. Las pérdidas comprendidas en la recolección del forraje verde alcanzan generalmente del 5 al 10% de la materia seca presente en el campo. Si la deshidratación se realiza adecuadamente, no sólo se conserva la valiosa proteína, sino también el caroteno, precursor de la vitamina A, tan beneficioso para la salud de los animales y de tan importante papel como colorante natural en la leche durante la seca (el invierno). El caroteno se encuentra en todas las partes verdes de las plantas, pero en el heno queda reducido a un bajo nivel debido a la acción del sol.

La idea de la desecación artificial y rápida de los forrajes verdes, y en particular los tiernos, a fin de eliminar con esta operación efectuada con métodos industriales las causas que provocan notables pérdidas en sustancias y valores nutritivos en el curso de la henificación no es nueva, sino que ya fue considerada por agrónomos y zootecnistas en la época de la Primera Guerra Mundial, sin alcanzar soluciones de valor práctico real y económico. La industria de la

deshidratación se logró establecer poco antes de 1930, pero su desarrollo tuvo lugar de 1943 a 1948.

La deshidratación de los forrajes suscita un gran interés al punto de aparecer como el remedio a todas las dificultades de la recolección e incluso de la utilización de éstos. La deshidratación industrial moderna es un fenómeno técnico y económico cuya aparición en la vida contemporánea es relativamente reciente, sin embargo a causa del proceso rápido de grandes producciones de forrajes deshidratados, la misma se inserta progresivamente en la economía moderna.

Una planta de deshidratación consta de un horno alimentado con hulla, carbón, fuel oil o electricidad y de una cámara de deshidratación en la que se somete la hierba a la acción del aire caliente. Existen dos tipos de deshidratadores:

- a. Los de baja temperatura, en que el aire se calienta de 100 a 300°C con cintas transportadoras de forraje, de curso simple o doble.
- b. Los de alta temperatura, que utilizan aire calentado de 800 a 900°C con cuerpo cilíndrico de tambor generalmente rotatorio.

El principio fundamental es evitar el recalentamiento gradual del forraje, provocando en cambio una rápida evaporación del agua de los tejidos vegetales, de forma tal que la temperatura interna de las hojas y los tallos no supere los 80°C

aproximadamente, a partir de los cuales se verifican fenómenos de desnaturalización de las sustancias proteicas y de otros componentes nutritivos.

En los secadores de baja temperatura, la duración de la desecación está comprendida entre 15 y 25 min según el contenido de agua del forraje y el tipo de instalación. En los secadores de alta temperatura se verifican una deshidratación homogénea y rapidísima de las hojas (de 1 a 2 minutos) que son rápidamente evacuados por la corriente de aire, mientras que la desecación de los tallos requiere cerca de tres minutos.

La hierba puede ser introducida fresca y entera, pero es preferible que sea trabajada marchita (de 25 a 30% de materia seca) y picada corta (de 1 a 3 cm) para economizar el combustible y obtener un producto secado más homogéneo. El contenido de humedad se reduce en un 70 al 80% en el forraje. La hierba deshidratada puede empacarse, convertirse en harina o comprimidos, o almacenarse como tal.

Factores que influyen en la calidad del heno

1. Tipo de planta que se emplee

Es uno de los factores más importantes a tener en cuenta para producir un heno de calidad, pues no todas son útiles a este propósito. Las plantas con mucho contenido de humedad, por ejemplo, hierba elefante (napier), maíz, mijo (sorgo común), etc., no son apropiadas porque no se pueden desecar fácilmente en las

condiciones de campo. Estas plantas son más apropiadas para ensilar o suministrar directamente a los animales como forraje verde. Las plantas más apropiadas para la henificación son aquellas que tienen mayor contenido de materia seca y no poseen hojas y tallos gruesos, secándose más fácilmente el sol, por ejemplo, bermuda, pangola y otras plantas rastreras. Otra característica que debe tenerse presente es que faciliten el corte.

2. Variedades de especies en el campo

Si el campo dedicado al heno posee muchas especies diferentes de plantas, se dificulta su elaboración y se afecta la calidad. Una sola especie se seca más uniforme y fácilmente por el contrario, cuando existe una gran diversidad, por ejemplo, pangola, guinea, jiribilla, etc., el heno será de menor calidad. El campo dedicado al heno debe tener más de un 85% de pureza, o de lo contrario las especies deben ser afines, es decir, tener las mismas características para la henificación.

3. Estado de desarrollo de la planta

La henificación no mejora el valor nutritivo, sino por el contrario lo disminuye; por lo tanto si el pasto a henificar está pasado de madurez, su valor nutritivo será bajo y de mala calidad, ya que a medida que avanza la edad disminuye la proteína y aumenta la fibra. La elección del momento óptimo de corte tiene particular importancia en el proceso de conservación. Las plantas no deben ser muy jóvenes porque el rendimiento sería pobre, ni muy pasadas porque el heno sería de mala calidad.

La relación hoja/tallo debe ser amplia, es decir, las plantas deben presentar un alto porcentaje de hojas, ya que esto es fundamental en el proceso de alimentación. Los tallos no deben ser muy leñosos ni muy fibrosos y no presentar humedad excesiva que dificulte la desecación.

4. Época de siega

La elección conveniente de la época de siega para elaborar el heno constituye uno de los problemas más graves que se confrontan en el sur y centro de México para la elaboración del heno, y casi se puede decir que no se puede predecir el momento debido a que nuestro clima no es estable y en la época de lluvias existen pocos días en que se puede hacer el heno sin que se dificulte el secado del mismo en el suelo; por otra parte, el pasto es escaso y de mala calidad en el período poco lluvioso del año. En la medida en que se aumenten las áreas de regadío en esa época y la introducción de nuevas especies de plantas que respondan bien, se resolverán estos problemas.

5. Clima

La época de siega y el clima están íntimamente relacionados entre sí. La elaboración de heno de calidad exige una temperatura relativamente elevada (más de 15°C), que no haya lluvias y que exista un buen período de horas-sol por día. También es importante la velocidad del viento para facilitar el secado y la humedad relativa no debe ser superior al 60%.

6. Suelo y fertilidad

Estos factores influyen directamente sobre la calidad del heno, ya que de los mismos dependerá el suministro de los elementos nutritivos que precisan las plantas.

7. Condiciones de la henificación

El pasto debe ser cortado y convenientemente troceado para facilitar la evaporación más rápida de la humedad.

Pérdidas de la henificación

Durante la henificación se producen pérdidas que son inevitables, pero si se siguen buenas técnicas, éstas se reducen. Las pérdidas obedecen a las causas siguientes:

a. La planta continúa respirando mientras su humedad sobrepase el 40%. Las pérdidas por la respiración ulterior de los forrajes pueden alcanzar de un 10 al 15% de su valor nutritivo total.

b. A causa de las diversas manipulaciones (y proporcionalmente a la duración de la henificación, las plantas forrajeras pierden hojas y folíolos. Durante los periodos de tiempo seco y caluroso existe el riesgo de que las partes foliares de las plantas se tornen quebradizas y se pierdan en el campo, en cuyo caso se obtendría un heno constituido fundamentalmente por tallos y por lo tanto de bajo valor

alimenticio. Estas pérdidas dependen de las características del material que se utilice, pero sobre todo de la naturaleza del forraje. Las pérdidas por desperdicios de valor nutritivo varían desde el 2 al 35% (las leguminosas, como el trébol, son particularmente frágiles, al contrario de las gramíneas, que son más consistentes y las pérdidas son muy pequeñas).

c. La lluvia lava las hojas arrastrando parte del contenido de sus células. Los destrozos pueden ser importantes proporcionalmente a la duración e intensidad de la lluvia. Por otra parte, estas pérdidas sólo ocurren después de la muerte celular, variando desde el 0 al 14%.

d. En el henil el heno continúa fermentando, como lo prueba el ligero aumento de la temperatura que se produce. Las pérdidas ocasionadas por esta causa son escasas, excepto en el caso de que el heno se almacene húmedo, aumentando en este caso las fermentaciones que disminuyen el valor nutritivo del mismo y pueden echarlo a perder.

Cuando el aumento de la temperatura es importante se reduce la digestibilidad de las proteínas.

Apreciación de la calidad de los henos

Para realizar una buena apreciación del heno, puede bastar la observación de su aspecto y el examen detallado de una muestra, con la condición de que el

muestreo se haga bien y sea verdaderamente representativo de la calidad. Con un poco de costumbre, y siempre que se opere en una región que se conozca bien, es posible efectuar una clasificación de la calidad del heno en función de su aspecto externo, evaluar su poder nutritivo con bastante aproximación y recomendar el uso que se le puede dar.

Las cualidades de un buen heno y las características de un heno de calidad deficiente son las siguientes:

Cualidades de un buen heno

- Color verde claro, que demuestre que la hierba fue segada en tiempo óptimo, que está bien seco y que se ha desecado y conservado adecuadamente.
- Debe exhalar un olor agradable al olfato.
- Debe ser agradable al paladar de los animales.
- Los tallos deben ser delgados, blandos y provistos de hojas.

Características de un heno de calidad deficiente

- Lavado por efecto de las lluvias.
- Fangoso, con tierra adherida.
- Enmohecido (presencia de hongos, inutilizable).

- Royoso (por enfermedad de la roya en las plantas).
- Fermentado (por almacenarse con exceso de humedad).
- Fétido (por la absorción de malos olores). (Silveira y Franco 2006)

TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

Consiste en la utilización de microorganismos (bacterias y hongos) que degradan lignina y en menores cantidades la celulosa y hemicelulosa, ya que estas últimas las utilizan los rumiantes con bastante eficiencia. Los basidiomicetos “hongos de la pudrición blanca” (Barrios y Ventura 2005) son un ejemplo de este tratamiento; estos degradan mayores cantidades de lignina que de hemicelulosa y en estudios in vitro se han encontrado aumentos sustanciales en la digestibilidad.

Los procesos biotecnológicos pueden incluir más de dos tratamientos especialmente con los físicos y los biológicos. Al respecto diversas investigaciones buscan ofrecer alternativas para degradar el complejo lignocelulosa, que forman parte de los componentes del polisacárido celulosa, que está entrelazado en capas de lignina misma que protege contra la actividad de enzimas hidrolíticas, y actúa como estabilizador de la estructura compleja dando firmeza a las plantas. Un ejemplo importante de estos tratamientos es:

A. Fermentación en Sustrato Sólido.

Es el proceso de transformación microbiana aeróbica de un material sólido por acción microbiana que pueden ser hongos, bacterias y levaduras.

Algunas características que se controlan en la FSS son la humedad y aireación, estas determinarán el crecimiento y el desarrollo del microorganismo,

ello conlleva al intercambio de gases con oxígeno y CO₂ a través de los poros de sustrato y la salida de metabolitos secundarios, como ácidos grasos, enzimas, entre otros. (Márquez y Cols., 2007; Carreón y cols., 2002 y Pinos y cols., 2005) De acuerdo con Meneses (2008) el sustrato de fermentación sólida debe cumplir con varias condiciones, mismas que cubren la mayoría de los residuos agrícolas usados en la FSS.

1. Poseer una matriz porosa que puede ser o no biodegradable y presentar una superficie de área por volumen en un rango de $10^3 - 10^6 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ que permita un crecimiento microbiano en la interfase sólido - líquido. Ejemplo paca de cebada, maíz, bagazo de caña de azúcar.
2. Debe absorber agua en más de una vez su propio peso, para permitir una alta velocidad en los procesos bioquímicos.
3. Que permita el paso con relativa facilidad de la mezcla de oxígeno con otros gases y aerosoles a través del cultivo microbiano.
4. Debe de estar libre de contaminantes y de inhibidores de crecimiento de microorganismos y debe ser capaz de absorber suplementos como carbohidratos, fuentes de nitrógeno y sales minerales (cuando se trate de soportes inerte, ejemplo. Poliuretano, amberlita y vermiculita)
5. Los productos de fermentación se deben de extraer con agua.
6. Se emplean una gran diversidad de hongos que producen ácidos orgánicos, enzimas y metabolitos de interés comercial.
7. Es un método sencillo de realizar.

8. Se obtienen subproductos con valor agregado que inciden en una mayor digestibilidad de compuestos fibrosos lo que reduce gastos adicionales en la compra de aditivos.

Este tipo de conservación se puede emplear para fermentar una gran cantidad de subproductos agrícolas y agroindustriales que incluyen bagazo de caña de azúcar, paja de cebada, rastrojo de maíz, raicilla de cebada, paja de avena, paja de sorgo etc. (Meneses 2008)

B. Ensilaje

Se denomina ensilaje a todo material vegetal húmedo conservado por fermentación o por acidificación directa, utilizando aditivos ácidos (orgánicos e inorgánicos). El ensilaje por fermentación es un proceso natural donde la intervención de los microorganismos presentes en la masa ensilada crean un nivel de acidez tal, producto de su propio metabolismo, que impide que otros microorganismos puedan descomponer o podrir el forraje. La conservación de la hierba mediante el ensilaje difiere fundamentalmente de la henificación que ya no se basa en la deshidratación, sino en la fermentación por ciertas bacterias. El ensilaje permite que la hierba tierna, rica en proteínas, se conserve en estado succulento con su máximo valor alimenticio, sin que su ingestión pueda tener una influencia perniciosa sobre el crecimiento y la salud de los animales.

Afortunadamente, en este método de conservación la pérdida de valor alimenticio es muy pequeña, y aunque el ensilaje no es un proceso tan eficaz como la deshidratación artificial, lo es bastante más que la henificación natural, debido a que aún bajo buenas condiciones de henificación la planta pierde más nutrientes que cuando es ensilada. (Silveira y Franco 2006)

El objetivo perseguido cuando se realiza el ensilaje es conseguir dentro de la masa ensilada una concentración suficiente de ácido láctico, producido como resultado de la presencia de microorganismos en la cosecha segada, para inhibir otras formas de actividad microbiana y conservar de este modo el producto hasta el momento en que sea necesario su uso, por lo que la finalidad del ensilaje es poder alimentar al ganado en la época de sequía; cuando la producción de forraje natural disminuye, éste se realiza en la época contraria, es decir, cuando abundan los pastos en el momento en que el crecimiento resulta óptimo y cuando el valor nutritivo es más elevado.

Con paciencia y cuidado no hay motivos para que no pueda obtenerse en cualquier granja, ensilaje de alta calidad. Se necesita mucha experiencia para obtener un producto de buena calidad con diferentes tipos de cosechas, pero una vez que la experiencia se ha adquirido puede prepararse año tras año un excelente alimento.

Tipos de ensilajes

Existen tres tipos fundamentales de ensilajes:

a. Por fermentación:

Cuando se deja actuar un grupo de microorganismos sobre el forraje, inhibiéndose el desarrollo de los microorganismos indeseables (por medio de bacterias lácticas) y adicionándoles, cuando así se requiera, aditivos para aumentar los azúcares - para que se produzca la fermentación- y otras sustancias.

b. Por fermentación parcial y acidificación.

Cuando la fermentación producida por los microorganismos no se completa y el pH final está entre 4,5 y 5,0 y es producto del grupo de microorganismos que actúa.

c. Por acidificación directa sin fermentación (método A.I.V).

Consiste en una acidificación del forraje hasta lograr un pH de 3,5 o inferior, cesando los procesos vitales. No se fermenta el forraje y se considera esterilizado. Este método se basa en que los microorganismos no desaminan los aminoácidos a un pH inferior a 4, mientras que la acción de los microorganismos de los grupos Clostridio y Coli-aerógenos se inhibe por debajo de un pH entre 4 y 5. Además, la respiración de las células vegetales también se inhibe.

Formas de silo

Silos verticales. El forraje es introducido al silo mediante un equipo de soplado formando una columna creciente que puede o no ser apisonada. Estos silos tienen

alturas variables desde 10 a 22 metros, con una capacidad desde 150 a 450 toneladas.

Silos horizontales

- **Silo trinchera.** Este tipo de silo puede tener las paredes y el piso de tierra lo que lo hace muy económico. Tiene pérdidas en el orden del 25 al 30% de materia seca total. Sin embargo, se ha utilizado con éxito en sistemas de autoalimentación en rebaños de ceba o en rebaños de levante.

- **Silo de bolsa plástica gigante.** Utiliza una máquina ensiladora para empacar el pasto en una bolsa plástica de gran calibre. Este equipo fue diseñado sobre la idea de producir una compactación homogénea en el pasto. Permite una estrujadura o inyección del pasto comprimido en una bolsa tubular de un plástico especialmente diseñado para soportar largos períodos de exposición solar.

- **Silo bunker.** El silo bunker permite construir con la misma estructura varios silos, desarmándola y armándola nuevamente. Para la construcción de sus paredes portátiles se usan diferentes materiales. Las paredes se hacen en secciones de 2 a 4 m de largo por 1,5 m de alto, luego se colocan las secciones una a continuación de la otra, soportadas por estantillos con un soporte en la parte exterior de las paredes. La distancia entre estantillos es de 1 a 2,5 m. El ancho entre las dos paredes depende de la disponibilidad de pastos, pero generalmente varía entre 6 y 10 m. Un silo de 24 m de largo, 8 m de ancho y 1,5 m de alto, tiene una capacidad de 150 a 200 toneladas de ensilado, dependiendo de la humedad del pasto, del tamaño del pedazo y del grado de compactación.

FACTORES QUE AFECTAN EL VALOR NUTRITIVO DEL ENSILAJE

El ensilaje es un alimento cuyo valor nutritivo es semejante al de las cosechas de que procede. No obstante, su calidad varía considerablemente acuerdo a la forma y momento en que se prepara y con el tipo y estado del material de que está compuesto. (Silveira y Franco 2006).

En las condiciones actuales de producción de ensilaje, los aspectos más importantes que deben tenerse en cuenta para lograr un ensilaje de buena calidad son los siguientes:

- a. Cortar el forraje en el momento óptimo.
- b. Efectuar un troceado correcto (≤ 2 cm).
- c. Humedad Inicial del material ensilado. En los silos se produce un drenaje natural que arrastra nutrientes solubles y que dependerá de los cambios químicos que tienen lugar en el interior de la masa, la naturaleza de la cosecha ensilada y el grado de producción de materia sólida. Todo esto estará influenciado por el grado inicial de humedad del forraje.
- d. Tapado del silo debido a que la lluvia permitirá una pérdida mayor por drenaje de los nutrientes solubles.
- e. Las características de las plantas forrajeras.

FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL ENSILAJE

La calidad del ensilaje depende de:

1. Las características del material a conservar.
2. La tecnología que se utilice en la conservación.

Para Silveira y Franco (2006) estos dos aspectos están relacionados entre sí, pues un material con buenas condiciones para el ensilaje puede destruirse por una mala tecnología; por el contrario, la mejor tecnología no permite incrementar el valor original del forraje.

CARACTERES ORGANOLEPTICOS DE ENSILADOS

	fermentación láctica	fermentación butírica	fermentación pútrida	calentado	mohoso
Color	amarillo-verdoso	verde oscuro a pardo	verde oscuro a negro	marrón	manchas blancas
Olor	agradable picante	desagradable picante	no repulsivo	caramelo atabacado	rancio no picante
Textura	firme compacto	blando viscoso	blando gelatinoso	floja	floja gelatinosa
pH	3,5 - 4	> 4,5	> 5	variable	> 5
Aceptabilidad	buena	muy baja	rechazo	buena	rechazo
Valor nutritivo	alto	regular	muy bajo, tóxico	bajo	muy bajo, tóxico

Cuadro 3. Caracteres organolépticos de los ensilados. (Mangado Urdaniz Jesús M. 2006)

SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE CONSERVACIÓN

Si se desea obtener los mejores resultados en la conservación de los forrajes, se han de considerar determinados aspectos. Se sabe de la complejidad de factores que se interrelacionan en la práctica de la preservación de los forrajes, donde además de influir aspectos de ciencia vegetal, biología, nutrición animal y bioquímica, se deben considerar los avances logrados en los últimos años en la tecnología agrícola. De ahí que se tracen los siguientes objetivos a lograr:

1. Desde el punto de vista biológico

- Minimizar las pérdidas de nutrientes y cambios en el valor nutritivo de los alimentos.
- Evitar los efectos negativos en el consumo animal debido a las técnicas de conservación que se emplean.
- Lograr durabilidad del producto conservado, evitando procesos secundarios indeseables.
- Incrementar la potencialidad de los forrajes para ser conservados por medio de tratamientos mecánicos o agroquímicos.
- Optimizar las técnicas de producción mediante una adecuada combinación de maquinarias, recursos y conocimientos humanos.

2. Desde el punto de vista económico

- Lograr la mejor relación alimento conservado/concentrado que supla las demandas de la producción animal.
- El método utilizado debe ser apropiado a las condiciones específicas del lugar o el tiempo.

CRITERIOS FUNDAMENTALES PARA LA SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE CONSERVACIÓN.

1. El método de conservación ha de ser lo más independiente posible de las condiciones climáticas.

2. Se deben considerar las características del material a conservar, tales como: estructura, características de la microflora epifítica y factores físicos y químicos (contenido de azúcares, contenido de materia seca, capacidad tampón, etc.). (Silveira y Franco 2006)

Por las razones apuntadas, generalmente no se practica un solo método de conservación, sino que en condiciones de producción estos se combinan, obteniéndose de esta forma los mejores resultados.

LITERATURA CITADA

Márquez Araque Alis Teresa, Mendoza Martínez Germán David, González Muñoz Sergio Segundo, Buntinx Dios Silvia Elena y Loera Corral Octavio. (2007). **Actividad fibrolítica de enzimas producidas por Trametes sp. EUM1, Pleurotus ostreatus IE8 y Aspergillus niger AD96.4 en fermentación sólida.** Interciencia, noviembre, vol. 32 nom. 11. Pag. 780- 785.

Ojeda F., M. Esperance, Lisette Luis y O. Cáceres. (1987). **Efecto de la adición de un aditivo biológico sobre el valor nutritivo de los ensilajes.** Pastos y Forrajes Vol. 10, No. 3. Pág. 256- 259.

Carreón Luna L., Bárcena Gama J.R., Hernández Zepeda J., Gonzales Muñoz, Resendiz Martínez, Romero Brito J.O., Vargas López, y Rios Moran. (2005) **Evaluación de enzimas fibrolíticas exógenas en la alimentación de ovinos.** Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (Escuela de medicina veterinaria y Zootecnia. 4 sur 304 Tecamachalco, Puebla. pag 205- 208.

Barrios Alirio y Ventura Max. (2005) **Uso de la amonificación seca para mejora la calidad del heno.** Manual de ganadería de doble propósito. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela. Pag. 251- 255.

Fuentes Jesús, Magaña Calixtro, Suarez Lorenzo, Peña Rodolfo, Rodríguez Sergio y Ortiz de la Rosa Benjamín. (2001). **Análisis químico y digestibilidad “in vitro” de rastrojo de maíz (zaemays L.)**. Nota técnica de Agronomía mesoamericana. 12(2): 189-192.

Cattani A. Pablo. **Estrategias para la confección y utilización de ensilajes de maíz y sorgo**. Agrícola Gildemeister S.A. www.red-campus.com.

Pinos R. Juan Manuel, González Muñoz Sergio Segundo, Mendoza Martínez Germán David, Bárcena Gama Ricardo y Cobos Peralta Mario. (2002). **“efecto de enzimas fibrolíticas exógenas en la digestibilidad in vitro de la pared celular de heno de alfalfa (Medicago sativa) o de bacillo (Lolium perenne)”**. Interciencia, enero/vol. 27, numero 1, pag. 28- 32.

Rodríguez Romero Norelys, Araujo Febres Omar, González Baldomero y Santos Rixio. (2002). **“Efecto de la amonificación con urea sobre el pH y la presencia de microorganismos en heno de Brachiaria humidicola (Rendle) Schweick”** Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2, Octubre, pag. 572-574.

Rodríguez Romero Norelys, Araujo Febres Omar, González Baldomero y J. Vergara. (2002). **Efecto de la amonificación con urea sobre los**

componentes estructurales de la pared celular de heno de Brachiaria humidicola (Rendle) Schweick a diferentes edades de corte. Archivo Latinoamericano de Producción Animal. 10(1): 7-13.

Yescas Y. Ricardo, Bárcena Gama Ricardo, Mendoza Martínez Germán D., González Muñoz Sergio S., Cobos Peralta Mario y Ortega Cerrilla María Esther. (2004). **“Digestibilidad in situ de dietas con rastrojo de maíz o paja de avena con enzimas fibrolíticas”**. Revista Agrocienca. volumen 38, numero 1 pag. 23- 31.

Parsi Jorge. **Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas.** Cursos de Producción Animal, FAV UNRC. www.produccion-animal.com.ar

Bustamante Guerrero J. Jesús. **El bagazo de caña tratado con amoníaco en la alimentación de borregos pelibuey.** Campo Experimental “El Verdineño” INIFAP-SAGAR. Av. Insurgentes No. 1050, Oriente. Edificio SAGAR, 2do. Piso, Col. Menchaca, C.P. 63 150, Tepic, Nayarit. México.

Mangado Urdaniz Jesús M. (2006) **“como realizar correctamente el ensilaje de maíz”**. Afriga. Numero 64, septiembre-octubre. Pag 56- 62.

Silveira Prado A. Enrique y Franco Franco Reinaldo. (2006) “**conservación de forrajes: segunda parte**”. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. ISSN 1695-7504. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

Sanchez Matta Leonardo. (2005) “**Estrategias modernas para la conservación de forrajes en sistemas de producción tropical**”. Revista Corpoica. Vol.6 No. 2, julio- diciembre. Pag. 69-80.

Cattani A. Pablo. **Forrajes conservados de alta calidad.** Agrícola Gildemeister S.A. www.red-campus.com.

Betancourt María y Caraballo Alfredo. (2005). **Henificación y ensilaje: aspectos operativos y tecnológicos.** Manual de Ganadería Doble Propósito. Pag. 183- 187

Silveira Prado A. Enrique. Y Franco Franco Reinaldo. (2006) **Conservación de forrajes: Primera parte.** Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. ISSN 1695-7504 <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

Flores Nocedal Mónica. (2000). **Elaboración de cultivos microbianos a partir de pasta de coco y su utilización en dietas para borregos en engorda.** Tesis de maestría. Universidad de Colima, México.

Leng R.A., Choo B.S. y C. Arreaza. (1995) **“Tecnologías y prácticas para optimizar la utilización de alimentos en rumiantes”** Pastos y Forrajes, Vol. 18, No. 1, pag. 81- 93.

Escalona Cruz Luis, Estrada Martínez A., Ponce Palma Isela y Solano Silvera Gutberto. **Inoculación de pleurotus oestratus (8% p/p) y su influencia sobre algunos indicadores químicos en una mezcla de residuos fibrosos de la industria azucarera.** Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov, Bayamo, Granma, Cuba.

Ojeda F., Esperance M., Luis Lissette y Cáceres O.. (1987) **“Efecto de la adición de un aditivo biológico sobre el valor nutritivo de los ensilajes”** Pastos y Forrajes Vol. 10, No. 3, pag. 256-259.

Ojeda F. y Cáceres O. (1984) **“Efecto de los aditivo químicos sobre el consumo y digestibilidad de los ensilajes de King gras”.** Pastos y Forrajes Vol. 7, No. 3, pag. 409- 419.

Elizondo Espinoza Irma. (1998). **Evaluación de tratamientos alcalinos sobre la calidad nutricional de subproductos lignocelulosicos.** Tesis de maestría. Universidad de colima, México. Facultad de medicina veterinaria.

Flores G., González Arraez A., Resch C., Castro P., Fernández Lorenzo B., Cardelle M. y Valladares J. **Efectividad del uso de aditivos comerciales sobre la calidad fermentativa del ensilaje de hierba en una muestra de explotaciones lecheras de Galicia.** Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural (Vol. I). pag. 129- 135.

Lisette Luis, Esperance M. y Ramírez Marisol. (1991) “**Utilización de aditivos en la conservación de forrajes en forma de ensilaje. I. Aditivos biológicos**”. Pastos y Forrajes, Vol. 14, No. 3, pag. 185- 198.

Souza Onaldo y Emiliano de Santos Isabele. **Aprovechamiento de los residuos agropecuarios tratados con urea para la alimentación animal.**
www.produccion-animal.com.ar

De Blas C., Mateos G.G. y Rebollar P.G. (2003) **Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos (2ª ed.)**. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 423 pp.

Shimada Miyasaka Armando. **Conservación de forrajes y subproductos por el método de ensilaje**. CENID de Fisiología y Mejoramiento animal. Km 1 Carretera Ajuchitlán-Colón. Ajuchitlán, Qro.

Meneses Mayo Marco. (2008). **Conservación de forrajes para la alimentación ovina. 1er. Foro de Producción Ovina- AMTEO 2008. Alternativas de alimentación**. Programa de ganadería. Colegio de posgraduados. Estado de México.

Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y SAGARPA (2008).
En; <http://www.sagarpa.gob.mx.mx/>.