

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



**Evaluación comparación Nutricional y Energética de cuatro
Genotipos de maíz en forma natural y ensilado**

Por:

JUAN JOSÉ ROBLERO LÓPEZ

TESIS

**Presentada como requisito parcial Para obtener el título de:
Ingeniero agrónomo zootecnista**

Buenavista, saltillo, Coahuila, México;
Marzo del 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

**División de ciencia animal
Departamento de producción animal**

**Evaluación comparación Nutricional y Energética de cuatro
Genotipos de maíz en forma natural y ensilado**

POR:

JUAN JOSÉ ROBLERO LÓPEZ

TESIS

Que se somete a consideración de H. jurado examinador
Como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Comité particular

DR. RAMÓN F. GARCÍA CASTILLO
PRESIDENTE DEL JURADO

MC. M. CRISTINA VEGA SÁNCHEZ
SINODAL

LIC. LAURA OLIVIA FUENTES LARA
SINODAL

DR. RAMÓN F. GARCÍA CASTILLO
COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Buenavista, saltillo, Coahuila, México; Marzo del 2006

iii

DEDICATORIA

A DIOS

Por darme su apoyo siempre que necesité de él, por guiarme por el camino correcto hacia el éxito, que ya sin su ayuda y su bendición no me hubiera sido posible lograr mis objetivos “gracias dios”

A MI MADRE

SRA. BASILIA LÓPEZ ALVARADO

Por haberme dado la vida y brindarme parte de la suya, por su esfuerzo, paciencia, sacrificios y sabios consejos de una forma incondicional y sin esperar nada a cambio ya que fueron los que me guiaron para poder alcanzar mi mas grande anhelo, mi formación como persona.

A MI ABUELO.

WILFRIDO LÓPEZ ARGUETA

Por toda la confianza y sus sabios consejos que me brindo todo el tiempo sin esperar nada a cambio ya que sin ellos me hubiera sido difícil realizar mis sueños.

A MI HERMANO

CARLOS ALBERTO

Por todos los momentos alegres, tristes que me ha dado la oportunidad de compartir con él, y por el apoyo que me ha brindado de forma incondicional.

iv

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS:

Por dirigirme por el camino correcto, por darme la oportunidad de terminar una carrera profesional apoyándome incondicionalmente en todos los momentos que necesite y necesitare de él.

A MI "ALMA MATER"

Por haberme cobijado en su seno y por brindarme la oportunidad de concluir una carrera profesional.

AL DR. RAMÓN F. GARCÍA CASTILLO.

Por su amistad y por todo el apoyo en la asesoría, sus sugerencias y consejos brindados para la realización de este trabajo.

A MIS MAESTROS:

Que a lo largo de mi carrera me proporcionaron una parte de su sabiduría y que de una forma u otra han contribuido en mi formación profesional.

A MIS TÍOS Y TÍAS.

Que de alguna u otra manera me apoyaron y me dieron fuerzas para terminar mis estudios sus consejos que me sirvieron para tomar el camino correcto a sí al triunfo.

A MIS PRIMOS:

A todos mis primos y primas que de una u otra manera me brindaron su apoyo incondicional y por todos los momentos agradables y desagradables, por alegría y tristeza que me han permitido compartir con ellos.

A todos mis compañeros de la generación "100" de la carrera ingeniero agrónomo zootecnista por la amistad y el apoyo brindado durante toda la carrera.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron con la realización de este trabajo que involuntariamente han quedado omitidas pero no olvidadas.

V

A TI:

Gracias por permitirme disfrutar de esta gran oportunidad de existir y de disfrutar de este maravilloso mundo, por mi parte tratare de ser un hombre justo para que el día que el destino me alcance rendirte cuentas buenas y claras.

Gracias por que solo tu conoces mis sufrimientos, por que al abrir los ojos a la realidad me encontré con tu cuerpo angelical lleno de un gozo que jamás pudiera describir, por que me distes la vida y ni con toda la riqueza pudiera pagarte y recompensarte aquellos desvelos y aquellas lagrimas que derramaste por mi.

Gracias a ustedes por sus palabras y consejos sabios, por su apoyo que nunca fue escaso, por enseñarme ha ser un hombre de bien.

Gracias por permitirme compartir los primeros años de mi vida junto a ti, por que al paso del tiempo crecimos, jugamos, reímos, conversamos y por azares de la vida tomamos caminos diferentes para prepararnos y aprender a enfrentarla.

Gracias por permitirme el privilegio de compartir o diferir ideas en el estudio, en la clase, en el campo por que es el principal camino contra la batalla de la ignorancia, por ayudarme a formar entre quienes dictan las leyes de las cosas creando mundos menos oscuros y vidas mas dignas.

Gracias a ustedes queridos compañeros y amigos por su ayuda incondicional y desinteresada por compartir momentos de alegrías, diversiones, juegos y tristezas con migo.

Vi

INDICE DE CONTENIDO

	PAGINAS
ÍNDICE DE CUADROS.....	Viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
La hipótesis de la investigación.....	2
Objetivo general.....	3
Objetivos Específicos.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Clasificación de los alimentos.....	4
Ensilaje de maíz.....	7
Utilización de este forraje en la nutrición animal.....	7
Definición de ensilaje y ensilado.....	8
Fases del ensilaje.....	9
Fundamentos técnicos del ensilado.....	13
Microorganismos indeseables.....	15
Bacterias productoras de ácido acético.....	18

Formas de asegurar el buen curso de la fermentación.....	21
Factores que afectan la calidad del ensilaje.....	22
Características de un buen ensilaje.....	23
Tipos de silos.....	24
Calidad del forraje.....	27
Utilización del ensilado en la nutrición de los animales.....	28
El aporte de energía y las expresiones energéticas.....	28
Energía digestible.....	30
Energía metabolizable.....	30
Nutrientes digestibles totales (NDT).....	30
Energía neta (mantenimiento, ganancia y lactancia).....	31
MATERIALES Y METODOS.....	32
Ubicación del área experimental.....	32
Área de siembra.....	33
Tratamientos.....	33
Material a evaluar.....	34
Análisis químico.....	35
	vii
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
Proteína cruda (PC).....	37
Extracto etéreo (E. E.):.....	39
Fibra cruda (FC).....	40
Extracto libre de nitrógeno (ELN):.....	42
Cenizas (C):.....	43
CONTENIDO ENERGÉTICO.....	45
Nutrientes digestibles totales (% NDT).....	45
Energía digestible (ED Mcal /Kg MS):.....	47
Energía Metabolizable (EM Mcal /Kg MS).....	48
Energía neta para mantenimiento (ENm Mcal /Kg MS).....	50
Energía neta para ganancia (ENg Mcal /Kg MS).....	51
Energía neta para lactancia (ENI Mcal /Kg MS).....	52
CONCLUSIONES.....	55

LITERATURA CITADA.....	56
APÉNDICE.....	66

viii

ÍNDICE DE CUADROS

	PAGINA
Cuadro N° 1 Análisis físico-químico del suelo.....	32
Cuadro N° 2. Material Genético Evaluado	35
Cuadro N° 3 Porcentaje de proteína en maíz sin ensilar y ensilado.....	38
Cuadro N° 4. Porcentaje de Extracto etéreo en maíz sin ensilar y	40

ensilado.....	
Cuadro N° 5. Porcentaje de Fibra Cruda en maíz sin ensilar y ensilado.....	41
Cuadro N° 6. Porcentaje de Extracto Libre de Nitrógeno en maíz sin ensilar y ensilado.....	43
Cuadro N° 7. Porcentaje de Cenizas en maíz sin ensilar y ensilado....	44
Cuadro N° 8. Porcentaje de Nutrientes Digestibles Totales en maíz sin ensilar y ensilado.....	46
Cuadro N° 9. Porcentaje de Energía Digestible en maíz sin ensilar y ensilado.....	48
Cuadro N° 10. Porcentaje de Energía Metabolizable en maíz sin ensilar y ensilado.....	49
Cuadro N° 11. Porcentaje de Energía Neta Para Mantenimiento en maíz sin ensilar y ensilado.....	50
Cuadro N° 12. Porcentaje de Energía Neta Para ganancia en maíz sin ensilar y ensilado.....	51
Cuadro N° 13. Porcentaje de Energía Neta Para Lactancia en maíz sin ensilar y ensilado.....	53
Cuadro N° 14. resultados obtenidos en el análisis realizado con el maíz No ensilado o natural.....	54
Cuadro N° 15. Resultados obtenidos del análisis realizado con el maíz “NATURAL Y ENSILADO”.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	PAGINA
Figura N° 1.- Distribución de la energía de los alimentos en el animal	29

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y obtención de plantas con potencial forrajero es una alternativa económica y de vital interés para México; ya que son fuente de alimentación de los rumiantes. Es una actividad tan fundamental y primordial como las cosechas de granos básicos, hortalizas, frutales, textiles y demás cultivos industriales.

Los forrajes son los alimentos más baratos debido al bajo costo de los insumos para su producción. Además, la capacidad de aprovechamiento directo por los rumiantes, capaces de utilizar los compuestos simples de los forrajes para transformarlos en productos útiles para el hombre, los hace más importante. Son en muchos países clave de la rentabilidad y autosuficiencia en productos pecuarios.

Los pastos destinados a la alimentación de los animales en pastoreo, así como los transformados (heno y ensilado), son la base de la alimentación de los animales domésticos. Estos pueden aportar parte de los requerimientos nutricionales de las especies en producción y favorecer la masticación y rumia en beneficio de un mejor aprovechamiento del alimento.

El maíz forrajero es una alternativa para la alimentación de rumiantes en producción. Este se puede utilizar en verde, deshidratado y/o ensilado.

El forraje de maíz ofrecido en verde y picado así como silo de maíz forrajero, aportan elevados volúmenes de materia seca/ha (MS/ha) en un solo corte, con alto contenido energético, altamente palatable (apetecible), de cosecha rápida y bajo porcentaje de pérdidas, con un reducido costo por kilogramo de materia seca digestible, formando parte de la dieta durante gran parte del año, permitiendo aumentar la carga y/o mejorar las producciones individuales.

Cultivos y producción de maíz forrajero mejorados, las cuales poseen gran potencial genético, productivo y nutrimental; serían básicos para obtener y mejorar

la cantidad y calidad nutrimental del forraje que se ofrece a los bovinos a un menor costo.

Dada la importancia del maíz forrajero, el Instituto Mexicano del Maíz (IMM) de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, dentro de sus investigaciones, realizan estudios para la obtención de semilla mejorada para la producción de forraje y así satisfacer la necesidad de forraje requerida para una excelente nutrición, alimentación y producción de los animales de granja.

La justificación de este trabajo es ofrecer al productor ganadero la información sobre la evaluación y comparación nutrimental y energético de cuatro genotipos de maíz forrajero sin ensilar y ensilado.

La hipótesis de la investigación

Ho.- Forraje de maíz sin ensilar y ensilado son similares en su contenido nutricional y energético.

Ha.- Forraje de maíz sin ensilar y ensilado no son similares en su contenido nutricional y energético.

Por lo anterior se planteó la siguiente investigación:

Objetivo general

Comparar valor nutrimental y energético de cuatro híbridos de maíz forrajero sin ensilar y ensilado.

Objetivos específicos

Comparar el análisis químico cuatro híbridos de maíz forrajero en forma natural y ensilado en las determinaciones de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), extracto libre de nitrógeno (ELN), cenizas (C), nutrientes digestibles totales (NDT), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM), energía neta para mantenimiento (ENm), energía neta para ganancia (ENg), energía neta para lactancia (ENl).

REVISIÓN DE LITERATURA

Clasificación de los alimentos

Harris *et al.* (1968) señalan la siguiente clasificación:

1.- Forrajes

Plantas de pastizal permanente y de campo de pastos

Plantas de pastizal temporal o picado en verde

Desechos de fábricas de conservas y de cultivos de alimentos

2.- Forrajes secos y forrajes de fibra

Heno

Leguminosas

No leguminosas (principalmente pastos)

Henos de cultivos de cereales

Paja y granzas

Pienso, rastrojos

Otros productos con >18 % de fibra cruda

Olotes de maíz

Cáscaras y vainas

Bagazo de caña de azúcar

Cascarilla de semilla de algodón

Subproductos de la despepitadora de algodón

Desechos animales

3.- Ensilados

Maíz

Sorgo

Pasto

Leguminosa

Otros

4.- Concentrados energéticos

Granos de cereales

Subproductos de la molienda (principalmente de granos de cereales).

Melazas de diferentes tipos

Desperdicios de cribado de semillas y de la molienda.

Pulpa de remolacha y cítricos

Grasa animales y vegetales

Suero

Subproductos de cervecería

Otros

Desechos de plantas procesadora de alimentos

Frutas, verduras y nueces de desecho

Basura

Raíces y tubérculos

Desechos de panadería

5.- Concentrados proteínicos

Harinas de semillas de oleaginosas, semillas de algodón, soya, linaza, cártamo, girasol, canola.

Harinas de carne y hueso de animales

Harinas de productos marinos

Harinas de subproductos aviarios

Semillas (enteras) de plantas

Subproductos de la molienda

Granos secos de destilerías y cervecerías

Leguminosas deshidratadas
Fuentes unicelulares
Nitrógeno no proteico (urea, biuret, amoníaco)
Abonos secos

6.- Complementos minerales

7.- Complementos vitamínicos

8.- Aditivos no nutritivos

Antibióticos
Antioxidantes
Amortiguadores
Colorantes y saborizantes
Sustancias emulsionantes
Enzimas
Hormonas
Medicinas
Varios

Ensilaje de maíz

El ensilaje de maíz ha sido utilizado en programas de alimentación para ganado productor de leche o de carne por todas las ventajas que posee, Es básico

y muy primordial en la producción de leche y en la engorda de ganado vacuno y se utiliza cada vez mas en la alimentación de otros animales, (Watson y Smith 1977).

Según Ensminger (1973) generalmente se obtienen más principios digestibles totales de la producción de una hectárea de maíz que se le ensila lo cual produce entre 5 y 25 toneladas de forraje por hectárea, con un promedio de 7 toneladas por hectárea aproximadamente que de cualquier otro cultivo, además se ensila fácilmente sin necesidad de utilizar conservadores.

Utilización del maíz forraje en la alimentación animal:

Jugenheimer (1985) Menciona que el maíz como cultivo forrajero comprende el forraje verde, rastrojo y el ensilaje. El forraje verde esta constituido por la planta completa fresca o cruda; el rastrojo comprende planta seca del maíz sin mazorca. En muchas regiones se corta la planta cuando esta verde y se le da a los animales o se seca previamente en harcinas. Cuando la planta de maíz se corta adecuadamente, se pica y se almacena, es ideal para el ensilaje.

Reaves y Pegram (1974) mencionan que el uso de ensilado como alimento invernal para el ganado lechero es una práctica común en muchas regiones del país. Los ensilados son alimentos muy económicos para las vacas, especialmente cuando no se dispone de facilidad de pastoreo.

Juscafresa (1983) cita que el maíz híbrido forrajero se cultiva para el consumo de forraje en verde, por ser muy apetecible y digestible para el ganado. De existir una incapacidad de consumo en este estado, se ensila por dificultad de henificarlo, dado al grosor del tallo y la cantidad de agua que este contiene, siendo mas apetecible y digestible en estado fresco y ensilado que henificado.

Morrison (1977) señala que en las principales regiones lecheras del país; es el maíz, la cosecha ensilada mas extensamente empleada para la alimentación de

las vacas. No solo proporciona el maíz ensilado una aportación uniforme de alimento succulento de alta calidad para la alimentación de los animales en invierno, si no también un excelente sustituto para los pastos escasos de verano.

Definición de ensilaje y ensilado

Pérez (1982) define a los forrajes como alimento de origen vegetal que se cultiva con el propósito de proporcionarlo al ganado y obtener de ellos algún beneficio. Desde el punto de vista nutricional, los forrajes son alimentos voluminosos, de baja cantidad calórica y un alto contenido de pared celular (Harris *et al* 1968). Tradicionalmente un alimento era clasificado como forraje si tenía mas de 18 % de fibra cruda, baja digestibilidad y baja energía; sin embargo, muchos forrajes escapan a esta definición.

Peñagaricano *et al.* (SF) lo definen como la conservación de los forrajes en estado succulento, por medio de fermentaciones parciales, la fermentación es producida por bacterias en presencia de aire, que actúan sobre los azúcares contenidos en las plantas en forma de carbohidratos.

Gross (1969) define los ensilados como piensos jugosos especialmente valiosos para la alimentación invernal.

Cantú (1985) comenta que las principales características de una buena planta forrajera:

1. Fácil establecimiento
2. Que sea persistente.

3. Estabilidad a aumento en la producción de forraje.
4. Alto valor nutritivo.
5. Buena palatabilidad.
6. Resistencia a factores climáticos adversos.
7. Ausencia de sustancias tóxicas, entre otras.

Flores (1990) define como ensilado al forraje que resulta de la fermentación de una cantidad grande de pasto o plantas forrajeras amontonadas, comprimidas y puestas al abrigo del aire y agua, en sitio cerrado o abierto.

Fases Del Ensilaje.

I.- Fase de respiración:

Cuando se ensila el forraje lleva consigo un gran número de bacterias, la mayoría son aeróbicas. La respiración aeróbica continúa por cierto tiempo, produciéndose anhídrido carbónico, agua y gran cantidad de calor, tal respiración es llevada a cabo por las bacterias aeróbicas y por las células de las plantas a partir de los carbohidratos disponibles y del oxígeno presente. El aumento de temperatura dependerá de la cantidad de oxígeno disponible; si este sigue presente en una cantidad significativa dentro del silo, la temperatura puede así sobrepasar los 50-60 ° C, lo que conduce a un escurrimiento del ensilado al desdoblamiento o consumo de azúcares presentes, teniendo una gran pérdida de gran parte de los alimentos que se desean conservar, a la vez pérdidas en la digestibilidad de la proteína (Delorit y Ahlgren, 1983; Peñagaricano *et al.* SF; Watson y Smith, 1977).

Mientras que el aire está presente en la cosecha, las células de las plantas siguen respirando, utilizan el azúcar reduciendo de este modo la cantidad de hidratos de carbono disponibles para producir ácidos (Ede y Blood, 1970).

La respiración disminuirá si la consolidación impide la entrada del aire al silo, se deben detener en el menor tiempo los procesos mencionados, a la vez de provocar una muerte rápida de la células y se termine el oxígeno presente, en condiciones apropiadas es agotado en cerca de 5 horas y el desarrollo de bacterias aeróbicas se inhibe, pero continua la respiración anaeróbica (Delorit Ahlgren, 1983; Peñagaricano *et al.* SF; Watson y Smith, 1977).

En esta fase se deben considerar los líquidos residuales, el afluente es desagradable y a menudo difícil de eliminar, pero igualmente importante, pues significa una pérdida de nutrientes valiosos del producto ensilado (como minerales , azúcares y compuestos nitrogenados), así como el escape de parte de ácido láctico que es necesario para producir un ensilado estable. (Ede y Blood, 1970).

II.- Fase de Fermentación:

La fermentación se debe a la acción de las levaduras que se alimentan de los azúcares disueltos en los jugos celulares, esto requiere oxígeno del aire y provoca una elevación en la temperatura, cuando el oxígeno presente se agota, el proceso se detiene, a menos que se reciba aire fresco. Al terminar un periodo de transición de 4-5 horas, prevalecen condiciones anaeróbicas y el desarrollo posterior de las bacterias anaeróbicas es inhibido, a partir del jugo de la células muertas la bacterias producen ácido láctico, acético y butírico, el ácido producido se disuelve en los jugos de la planta y la concentración de la solución ácida es mas importante que la cantidad de ácidos actual es esto importante para una cosecha mas húmeda (Ede y Blood, 1970; Semple, 1974).

Las bacterias capaces de producir ácidos se multiplican en el ensilaje y pasados dos días, cada gramo de jugo de este contiene 100 mil millones, estas bacterias atacan los azúcares del forraje, produciendo ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico, algo de acético y pequeñas cantidades de otros

ácidos, Así como alcohol; a pesar de que las bacterias de ácido láctico pueden estar originalmente en tan pequeño número, puede aumentar a varios cientos de millones por gramo de ensilaje en 3 ó 4 días (Hughes *et al.* 1985 y Morrison, 1977).

a).- Al iniciarse la fermentación existe siempre un desarrollo violento de las colibacterias (Gran-negativas), no esporuladas, iniciadoras de la acidificación; a medida que el silo se va comprimiendo y desaparece el oxígeno, se desarrollan los aerobios facultativos; las bacterias coniformes conservan los azúcares, liberan ácido acético, láctico, fórmico, butírico, alcohol y anhídrido carbónico en pequeñas cantidades, tiene corta duración su desarrollo, tanto el pH generado por la formación de ácido láctico no descienda por debajo de 4.5 (Cruz, 1989 y Groos, 1969).

b).- Barnet (1957) señala que cuando la anaerobiosis es suficiente, se desencadena la fermentación láctica; la iniciación depende de la actividad de los fermentos del ácido láctico, lactobacilos y estreptococos, sobre los carbohidratos disponibles en el ensilaje. Para favorecer la fermentación debe lograrse una temperatura de 26.5 y 27.5 ° C, con lo cual la cantidad de aire presente favorece a las bacterias butíricas, (Moore; 1968).

Frankel (1984) menciona que las bacterias lácticas atacan a los azúcares provenientes de la hidrólisis del almidón, celulosa, etc. y los transforman en ácido láctico; cuando las condiciones son propicias para su desarrollo, provocan una rápida acidificación y contribuyen a evitar el desarrollo de microorganismos que provocan las fermentaciones pútridas y que viven principalmente en medios alcalinos.

La producción de ácidos es la transformación más importante del proceso, pues la acidez impide el desarrollo de las bacterias de la putrefacción, se producen otros ácidos orgánicos, pero el ácido láctico es el que predomina en el ensilaje de buena calidad, si se usan buenos métodos para hacer el ensilaje, se

produce suficiente ácido como para reducir el pH del ensilado a 4.5 o más abajo, cuando se ha llegado a ese nivel de pH, las actividades bacterianas y enzimáticas cesan (Delorit and Ahlgren, 1983; Morrison, 1977).

c).- Estabilización. En un ensilaje correctamente realizado, el ácido láctico llega rápidamente a representar entre el 1 a 2 % de la masa, alcanzando la acidez niveles por debajo de 4.5, este pH inhibe el desarrollo de bacterias, las acciones enzimáticas y conserva el ensilaje. Para conservarlo como tal sin modificaciones ni pérdidas, el pH de 4.5 asegura la detención de todo proceso de vida, el porcentaje de ácido presente en niveles aproximados de 1.5 %, asegura la acidez y algo muy importante, se debe evitar el acceso de aire.

El éxito o fracaso dependen del desarrollo y control del proceso entre las 24 y 72 horas de iniciado el trabajo, el proceso de formación del ensilaje, se completa pasado 10 días a dos semanas, puede conservarse durante años si las condiciones antes mencionadas están presentes (Hughes *et al*, 1985; Peñagaricano *et al*. SF).

Fundamentos Técnicos Del Ensilado

El hecho de que incluso hoy mas de la mitad de los ensilados dejen bastante que desear en lo referente a calidad, demuestra que en la práctica se sabe muy poco del proceso fundamental seguido por la fermentación de los ensilados.

El ensilado se produce merced a la actividad de los microorganismos que las plantas contienen en grandes cantidades, entre ellos los más importantes son:

Bacterias ácido lácticas, Bacterias butíricas, colibacterias, levaduras, mohos y gérmenes de la putrefacción.

De todos estos únicamente las bacterias acidolácticas son deseables, ya que son las únicas que generan la sustancia conservadora que conserva la vida útil del forraje: el ácido láctico. En la preparación de ensilados resulta por lo tanto fundamental proporcionar a las bacterias acidolácticas condiciones de vida óptima, es decir, que se debe cuidar en poner a su disposición el alimento adecuado en el medio oportuno, a una temperatura ideal y en correctas condiciones de ventilación.

Nutrición: Las bacterias acidolácticas precisan azúcar, por lo cual lo mejor es ensilar plantas que contengan en abundancia y cuyo jugo, que es el que contiene el azúcar, es para los gérmenes la adecuada "solución natural" si las plantas contienen escasas cantidades de azúcar, se debe ingresar esta en forma continua. Agregando azúcar u otros forrajes ricos en ella se pone a disposición de las bacterias acidolácticas suficiente sustrato para la formación de ácido láctico. Esta adición resulta de eficiencia máxima en las especies forrajeras pobres en azúcar que por lo general se consideran como de difícil fermentación.

Medio: En las bacterias hay también que hacer mención del medio en que se desarrollan. Las bacterias acidolácticas forman con rapidez un sustrato de

reacción ácida a un pH de 4.2, y, mejor aún de 3.8. Esto tiene la gran ventaja de que a ese pH mueren las colibacterias. Se puede ayudar a los forrajes de ensilado dificultoso realizando una acidificación artificial del sustrato.

Temperatura: Existen bacterias acidolácticas que se ven favorecidas con temperaturas de 40 a 50° C. Pero como a esta temperatura también prosperan otras bacterias perjudiciales, se preferirá los gérmenes acidolácticos con temperaturas óptimas de 25-35° C. sin embargo, a la temperatura de 30° C ya comienza a adquirir gran vitalidad de peligrosas bacterias butíricas, por lo que se procurara mantener una temperatura de alrededor de 25° C, pero siempre por debajo de los 30° C. se trata por tanto, en este caso, de una característica de fermentación en frío.

Ventilación: Principio importantísimo en la preparación de ensilado: ¡Expulsar el aire del silo! este obedece a dos razones: La penetración de aire caliente al forraje, con lo cual se crean unas condiciones ambientales óptimas para las siempre indeseables bacterias butíricas. Así mismo, el oxígeno atmosférico favorece la acción de las colibacterias, también nocivas.

Al iniciarse la fermentación existe siempre un violento desarrollo de *colibacterias* y que dura en tanto el pH generado por la formación de ácido láctico no descienda por debajo de 4.5. También en la fermentación por los gérmenes coli se desdobra el azúcar de los forrajes, así mismo se produce ácido acético y, al igual que en la descomposición del azúcar por determinadas sustancias vegetales y por las bacterias butíricas, gas carbónico (prueba de la llama justificada), con lo que se libera calor. En una fermentación acidoláctica correcta cuando la formación de gas disminuye al cabo de unos días. Cuando existe suficiente “azúcar-sustrato”, los gérmenes acidificantes generan tan solo en dos días un 1-2 % de ácido láctico. Con ello desciende rápidamente el pH y alcanza valores por debajo de 4.2 (óptimo: 3.5), en los cuales no puede producirse fermentaciones anormales, salvo cuando intervienen levaduras.

Cuando la *formación de ácido láctico es insuficiente*, el pH no desciende hasta el valor deseado. Cuando a ello se une una temperatura de 30° C, pasan a predominar las bacterias butíricas, que ponen en grave peligro el éxito del ensilado. También desdoblan el azúcar, pero así mismo el ácido láctico ya formado, con lo cual el pH se eleva por encima de 5 y mueren las bacterias acidolácticas. Entonces el proceso fermentativo sigue un rumbo completamente inadecuado. El contenido líquido de los ensilados aumenta. Se registra nueva salida de jugo y ello significa pérdidas más altas todavía. Por añadidura se descomponen las proteínas, lo que da lugar con facilidad a la putrefacción.

Otras alteraciones de la fermentación son las debidas a la acción de *mohos* y *levaduras*. Se desarrollan cuando penetra aire y con valores de pH inferiores a 3, pudiendo en cada caso originar el desdoblamiento del ácido. Por lo según son los responsables de las llamadas fermentaciones secundarias. (Gross, 1969).

Microorganismos Indeseables

Levaduras

Las levaduras son microorganismos eucarióticos, anaeróbicos facultativos y heterotróficos. En todo ensilaje, tanto la actividad de levaduras anaeróbicas como aeróbicas son indeseables. Bajo condiciones anaeróbicas las levaduras fermentan azúcares produciendo etanol y CO₂ (McDonald *et al.*, 1991). Bajo condiciones aeróbicas, muchas especies de levaduras degradan el ácido láctico en CO₂ y H₂O. La degradación del ácido láctico eleva el valor del pH del ensilaje, lo cual a su vez permite el desarrollo de otros organismos indeseables (McDonald *et al.* 1991).

Las poblaciones de levaduras pueden alcanzar hasta 10⁷ unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo durante las primeras semanas del

proceso de ensilaje; un período prolongado de almacenaje reduce gradualmente la presencia de levaduras (Jonsson y Pahlow, 1984; Middelhoven y van Baalen, 1988; Driehuis y van Wixselaar, 1996). La supervivencia de las levaduras durante el almacenaje depende de la severidad de la anaerobiosis y la concentración de ácidos orgánicos. La presencia de oxígeno facilita la supervivencia y el desarrollo de las levaduras durante el almacenaje (Jonsson y Pahlow, 1984; Donald *et al.* 1995), mientras que un contenido elevado de ácido fórmico o ácido acético reducen su supervivencia (Driehuis y van Wixselaar, 1996; Oude Elferink *et al.*, 1999). La actividad inicial de las levaduras parece ser incrementada en forrajes que generan niveles bajos de pH (<5), por ejemplo, cuando se trata de materiales con un alto contenido de azúcares como papas, cáscaras de naranja o remolacha azucarera, o cuando se emplean aditivos ácidos. Bajo estas condiciones el ensilaje resultante tiene concentraciones altas de etanol y bajas en ácido láctico (Henderson *et al.*, 1972; Ashbell *et al.*, 1987; Driehuis y van Wixselaar, 1996). Más adelante se describen los aditivos desarrollados para reducir la actividad de las levaduras en el ensilaje.

Enterobacterias

Las enterobacterias son organismos anaeróbicos facultativos. Se considera que la mayoría de las enterobacterias presentes en el ensilaje no son patógenas. Pese a ello su desarrollo en el ensilaje es perjudicial porque compiten con los integrantes del BAC por los azúcares disponibles, y porque además pueden degradar las proteínas. La degradación proteica no sólo causa una reducción del valor nutritivo del ensilaje, sino que también permite la producción de compuestos tóxicos tales como aminas biogénicas y ácidos grasos de cadena múltiple. Se sabe que las aminas biogénicas tienen un efecto negativo sobre la palatabilidad del ensilaje (McDonald *et al.* 1991), especialmente en animales todavía no acostumbrados a su sabor . Un atributo particular de las enterobacterias es su habilidad, en el proceso de ensilaje, para reducir el nitrato (NO_3) a nitrito (NO_2). Las enterobacterias en el ensilaje pueden luego degradar el nitrito en amoníaco y

óxido de nitrógeno (N₂O), pero éste también puede ser transformado en monóxido de nitrógeno (NO) y nitrato . Para evitar el contacto de los animales con estos gases de nitrógeno se recomienda que no sean estabulados cerca de los silos cuando se llena el silo o durante su primera semana de almacenaje (O'Kiely *et al.* 1999).

Las enterobacterias no proliferan en ambientes con valores bajos de pH. Las técnicas de ensilaje que aseguren un rápido y significativo descenso del pH en el ensilaje, provocarán una inhibición del desarrollo de las enterobacterias (McDonald *et al.* 1991).

Clostridios

Los clostridios son bacterias anaeróbicas que forman endosporas. Muchas de ellas pueden fermentar tanto carbohidratos como proteínas, por lo cual disminuyen el valor nutritivo del ensilaje y al igual que las endobacterias crean problemas al producir aminas biogénicas. Además, la presencia de clostridios en el ensilaje altera la calidad de la leche ya que sus esporas sobreviven después de transitar por el tracto digestivo y se encuentran en las heces; esto puede resultar en la contaminación de la leche, ya sea directamente o por ubres mal aseadas. La especie de mayor importancia en las lecherías es *Clostridium tyrobutyricum*, un organismo ácido tolerante. Además de poder fermentar carbohidratos, *C. tyrobutyricum* también puede degradar el ácido láctico en ácido butírico, H₂ y CO₂, según la reacción siguiente:



La fermentación butírica no sólo interfiere con la fermentación láctica del ensilaje y de los quesos, sino que también es responsable de una abundante producción de gas, lo que causa en los quesos duros y semiduros el defecto conocido como "soplado tardío", común en quesos Emmental, Grana, Gouda y Parmesano (Gibson, 1965; Goudkov y Sharpe, 1965; Klijn *et al.* 1995).

Serios problemas de salud pueden ser causados por ciertos tipos de clostridios. Una especie extremadamente tóxica es *Clostridium botulinum* que provoca el botulismo, y puede ser fatal para el ganado bovino. Afortunadamente, *C. botulinum* tiene una baja tolerancia a medios ácidos y por ello no se desarrolla en ensilajes bien fermentados. El botulismo en los animales es causado por ingestión de ensilaje contaminado con *C. botulinum* y corresponde casi siempre a la descomposición de un cadáver (p. ej.: ratón, pájaro) dentro del ensilaje (Kehler y Scholz, 1996).

Un "ensilaje clostridial" típico muestra un alto contenido de ácido butírico (más de 5 g/kg de MS), un pH alto (>5 en ensilajes con bajo contenido de MS), y alto contenido tanto de amoníaco como de aminas (McPherson y Violante, 1966). Las técnicas de ensilaje que permiten una caída rápida y significativa del pH evitarán el problema, puesto que tanto el desarrollo de enterobacterias como de clostridios se inhibe con valores bajos de pH. Por otro lado, los clostridios muestran mayor susceptibilidad a la falta de humedad (o sea, bajo valor a_w , baja actividad acuosa) que los integrantes del BAC (Kleter *et al.* 1982, 1984; Huchet *et al.* 1995).

Bacterias productoras de ácido acético

La inhibición selectiva de las levaduras también puede aumentar la proliferación de bacterias que producen ácido acético en el ensilaje (Driehuis y van Wixselaar, 1996).

Bacilos

Los bacilos se asemejan a los clostridios: son bacterias de forma cilíndrica que forman esporas. Sin embargo, se los puede distinguir fácilmente ya que son aeróbicos facultativos, mientras que los clostridios son todos anaeróbicos obligatorios (Claus y Berkeley, 1986; Cato *et al.* 1986). Los bacilos aeróbicos facultativos fermentan un amplio rango de carbohidratos generando compuestos tales como ácidos orgánicos (p. ej.: acetatos, lactatos y butiratos) o etanol, 2,3-butanodiol y glicerol (Claus y Berkeley, 1986). Algunos *Bacillus* spp. son capaces de producir sustancias fungicidas, y se los ha usado para inhibir el proceso de deterioro aeróbico en ensilajes (Moran *et al.* 1993). Con la excepción de estas estirpes, el desarrollo de los bacilos en el ensilaje es en general considerado como indeseable. Esto se debe a que los bacilos no sólo son menos eficaces como productores de ácido láctico y acético comparado con el grupo BAC (McDonald *et al.*, 1991), sino que en las etapas finales, incrementan la deterioración aeróbica (Lindgren *et al.* 1985). Altas concentraciones de esporas psicrotróficas de *B. cereus* han sido detectadas en ensilajes (Labots *et al.* 1965).

Para disminuir el desarrollo de *Bacillus* en el ensilaje, la temperatura de almacenaje no debería ser muy alta (Gibson *et al.* 1958). Además se debe reducir toda contaminación inicial del ensilaje con tierra o estiércol (McDonald *et al.*, 1991).

Mohos

Los mohos son organismos eucarióticos. Es fácil identificar un ensilaje infestado por mohos debido a los filamentos de diversos colores y de gran tamaño que producen muchas especies. Los mohos se desarrollan en cualquier sitio del ensilaje donde encuentren oxígeno, inclusive solo trazas. En un buen ensilaje eso ocurre sólo al inicio del almacenamiento y se restringe a la capa exterior de la masa ensilada, pero durante el deterioro aeróbico (Fase 4) todo el ensilaje puede ser invadido por mohos. Las especies que se han identificado más frecuentemente en el ensilaje pertenecen a los géneros *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*,

Byssochlamys, *Absidia*, *Arthrinium*, *Geotrichum*, *Monascus*, *Scopulariopsis* y *Trichoderma* (Frevel *et al.* 1985; Jonsson *et al.* 1990; Nout *et al.* 1993). Los mohos no sólo disminuyen el valor nutritivo y la palatabilidad del ensilaje sino que también son un riesgo para la salud de los animales y las personas. Las esporas de mohos pueden asociarse a ciertas afecciones pulmonares y reacciones alérgicas (May, 1993). Otros problemas de salud asociados con los mohos se relacionan con las micotoxinas (Oldenberg, 1991; Auerbach, 1996). Algunas especies de hongos que producen micotoxinas son: *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium roqueforti*, y *Byssochlamys nivea*. *P. roqueforti* es una especie ácido tolerante que puede desarrollarse aún en ambientes con muy poco oxígeno y alta concentración de CO₂ y ha sido detectada como una especie predominante en diversos tipos de ensilajes (Lacey, 1989; Nout *et al.* 1993; Auerbach *et al.* 1998; Auerbach, 1996). Todavía existen muchas dudas sobre cuales son las condiciones bajo las que se producen las micotoxinas en el ensilaje. No todos los ensilajes fuertemente infestados por mohos tienen forzosamente una gran cantidad de micotoxinas, y no todos los tipos de micotoxinas que pueden producir los mohos se encuentran necesariamente en un ensilaje infestado (Nout *et al.* 1993; Auerbach, 1996).

Las técnicas de ensilaje que minimizan el ingreso de aire (p. ej. buena compactación y cierre hermético del ensilaje), y la inclusión de aditivos que inhiben el deterioro aeróbico, podrán prevenir o limitar el desarrollo de mohos.

Listeria

Los integrantes del género *Listeria* son organismos aeróbicos o anaeróbicos. Con relación a los efectos negativos sobre la calidad del ensilaje, la más importante especie es el *L. monocytogenes*, anaeróbico facultativo, que es una especie patogénica para varios animales y para el hombre. Los animales que tienen su sistema inmune temporalmente inhibido (p. ej. hembras preñadas y neonatos) son muy susceptibles a infecciones de *L. monocytogenes* (Jones y Seeliger, 1992). Sin embargo, en un ámbito estrictamente anaeróbico, parece

rápidamente al existir un valor de pH bajo (Donald *et al.* 1995). Los ensilajes con mayor susceptibilidad al deterioro aeróbico superficial, como es el caso de ensilajes en grandes pacas, parecen estar particularmente propensos a la contaminación con *Listeria* (Fenlon *et al.* 1989). Generalmente *L. monocytogenes* no se desarrolla en ensilajes bien fermentados que tienen un nivel bajo de pH. Hasta el momento, el mejor método para prevenir el desarrollo de *L. monocytogenes* es mantener un ámbito anaeróbico (McDonald *et al.* 1991).

Formas De Asegurar el Buen Curso de la Fermentación.

Del epígrafe anterior se desprenden las siguientes recomendaciones para lograr un buen ensilado:

- Sólo se debe ensilar forrajes limpios.
- El silo debe llenarse con rapidez y de una sola vez.
- El oxígeno atmosférico se expulsará inmediatamente del forraje por todos los medios.
- Evitar la penetración de aire en el silo durante la totalidad del proceso fermentativo.

La condición previa para un buen desarrollo de la fermentación es que se encuentre cubierta la necesidad de azúcar fermentescible que sentirán las bacterias acidolácticas para generar la suficiente cantidad de ácido láctico en el forraje, (Groos, 1969).

Factores que Afectan la Calidad del Ensilaje.

I.- Exclusión total del aire: Si no se compacta, el aire atrapado penetra a la masa, que retarda y reduce la actividad de las bacterias lácticas, se desarrollan bacterias putrefactoras y proteolíticas, se produce ácido butírico, es común en temperaturas de 50 a 70 °C en el proceso y se pueden tener pérdidas de elementos nutritivos de hasta un 50 %. Una buena compactación se obtiene ensilando el material con el nivel correcto de humedad, picándolo y llevándolo rápido al silo (Delorit et al, 1983).

II.- Disponibilidad de carbohidratos solubles: Si el material vegetal no contiene carbohidratos fácilmente utilizables para producir bastante ácido láctico, es probable que el ensilaje sea de mala calidad, (Hughes et al, 1985), es mejor cosecharlo ya avanzado el día, ya que el contenido de azúcares aumenta durante las horas luz, (Ede y blood, 1970).

III.- Humedad: Un alto porcentaje de agua en el ensilaje, produce una fermentación con un olor fuerte de ácido butírico; muy seco corre el riesgo de que se enmohezca. En plantas en crecimiento (muy ricas en proteína) no dispondremos de los azúcares necesarios para una buena fermentación, se acentúa en situaciones y humedad alta, por su propia succulencia de la planta, se agrega, la humedad externa, ésta disminuye más el porcentaje de carbohidratos, (Peñagaricano *et al*, SF; Watson y Smith, 1977)

IV.- Rápido inicio de la fermentación: El picado contribuye al proceso de ensilaje e influye en la calidad del producto, además puede detener la respiración de los tejidos de la planta y que los constituyentes del tejido celular sean usados más rápido como sustrato para las bacterias (Hughes et al, 1985), las bacterias ácido lácticas forman con rapidez un sustrato de reacción ácida inferior a un pH de 4.2 y éstas generan en tan solo 2 ó 3 días entre 1 y 2 % de ácido láctico; a este pH mueren las colibacterias (Besse, 1977 y Groos, 1969).

V.- Acidez: Si el forraje no contiene suficiente azúcar, no se forma suficiente ácido para evitar la alteración del ensilaje, el pH no desciende hasta el valor deseado, si se le une una temperatura en el silo superior a 30 °C, predominan las bacterias butíricas, desdoblan el azúcar y el ácido láctico formado, el pH se eleva arriba de 5 y mueren las bacterias acidolácticas (Groos, 1969 y Morrison, 1977).

Características De Un Buen Ensilaje.

Para obtener un ensilaje de buena calidad, los ganaderos deben conocer las características fácilmente perceptibles del ensilaje que indican alta palatabilidad y valor nutritivo:

1. Tiene un olor agradable ácido, que contrasta con el olor penetrante de forraje mal ensilado.
2. El sabor es agradable, ni amargo ni fuerte.
3. Carece de moho y no está rancio o viscoso.
4. Es uniforme en humedad y color. El ensilaje de color verde o ligeramente pardo es de calidad; el color atabacado o pardo oscuro indica excesivo calor, el color negro contribuye un signo de descomposición y el ensilaje no debe ser utilizado para la alimentación de los animales.
5. El ensilado de muy buena calidad es apetecido por los animales y estos se adelantan consumiéndolo sin desagrado (Ensminger, 1980).

Tipos de silos

Existe una gran diversidad de silos: permanentes o temporales, verticales u horizontales. Se puede hacer uso de una gran variedad de recipientes, incluyendo tambores de metal o plástico; tubos de concreto de 2 m de diámetro y 2 m de altura; o bolsas plásticas para empaque comercial de un espesor de 2 mm, como las usadas para envasar fertilizantes.

En las grandes fincas existen silos con capacidades de 100 m³ o más, altamente mecanizados que son llenados y vaciados mecánicamente. Esto aumenta la eficiencia del empleo del tiempo y reduce el costo de la mano de obra. Sin embargo, en fincas pequeñas con pocos animales, los recipientes con capacidades de hasta 200 litros que se llenan manualmente son silos muy eficaces. El ensilado debe ser siempre empacado en forma compacta y mantenido bajo condiciones anaeróbicas. Al usar bolsas se debe sellar la boca y atándola para mayor seguridad; apilar las bolsas en forma piramidal, sobre una plataforma y protegerlas con una cubierta.

Se recomienda que para sitios de silos permanentes su base sea dura e impenetrable.

Silos verticales

Los silos verticales pueden hacerse de concreto, zinc, madera, metal o plástico. Deben tener forma cilíndrica para facilitar la compactación. Los silos verticales son ideales para asegurar una buena compactación, debido a la gran presión que se va acumulando en su interior a medida que se va agregando forraje y aumenta la altura del ensilado. Esto protege al ensilaje de quedar expuesto al aire durante el proceso de ensilado y la explotación del silo. Debe asegurarse que el forraje a ensilar en esta forma tenga por lo menos 30 por ciento

de MS, para evitar que ocurra un escurrimiento de efluente y al mismo tiempo para aprovechar al máximo la capacidad del silo vertical.

Silos horizontales

Este es el tipo de silo más usado en la práctica y pueden tener forma de trinchera sobre o bajo tierra. Los silos trinchera (cajón) sobre la tierra tienen paredes laterales de concreto o de madera. El silo horizontal está muy difundido porque en sus diversas formas se puede adaptar una modalidad que coincida con las condiciones específicas de la finca. Sin embargo, comparado con el silo vertical, es más difícil asegurar un sellado hermético.

Silos trinchera

Estos silos, en su variedad de zanja, son una excavación en el suelo con un plano inclinado en la entrada del silo para facilitar el acceso durante el ensilado y su explotación. Cuando su tamaño es pequeño, con una capacidad menor a 2 m³, su forma puede ser un paralelepípedo, usualmente con base rectangular. Las desventajas importantes del silo zanja son la necesidad de recubrir sus paredes para evitar el contacto con la tierra y tomar precauciones para asegurar que no penetre agua dentro del silo.

Silos parva

Son silos que no requieren una construcción permanente. Pero, también es el tipo de silo con mayor riesgo para que ocurran daños en el material de cobertura que protege al ensilaje y que es indispensable para mantener el ambiente anaeróbico.

En Cuba, se hicieron silos parva de gran tamaño conteniendo 500 t o más, pero sin usar una buena cobertura plástica para el sellado. Bajo estas condiciones la condición anaeróbica sólo se logró en el centro de la parva ensilada, y en toda

la parte externa de la parva el forraje se descompuso. En este caso las pérdidas de ensilaje superaron el 25 por ciento.

En algunas fincas grandes se emplean los silos al vacío. Estos requieren usar dos cubiertas plásticas. El forraje se deposita sobre una cubierta colocada sobre el suelo. Luego se cubre con la segunda cubierta plástica, cuando la altura de la parva de forraje todavía permite que los bordes de ambas cubiertas plásticas se junten para poder sellarlas. El silo se sella con un sistema especial de vacío extrayendo el aire. Este procedimiento se repite al tercer día después de sellar el silo, para extraer los gases formados durante la fermentación inicial, parte de la humedad generada por la respiración y para dar salida a posibles efluentes.

Otro tipo de silo sin paredes rígidas es el "silo embutido." Este usa un tubo de polietileno, sellado en un extremo y con un anillo metálico en el otro. Se usa una prensa para verter y empujar el forraje comprimido dentro del tubo e ir formando progresivamente un verdadero "embutido" con cerca de 2 m de diámetro y una longitud proporcional al volumen de forraje ensilado.

El mismo principio se aplica cuando se dispone de pacas de alta densidad procesadas con maquinaria especializada, en forma cilíndrica o en paralelepípedos. Estas pacas pueden ser selladas con una cubierta de polietileno, almacenadas unas sobre otras y luego cubiertas. La cubierta de polietileno puede ser dañada o rota por animales, destruyéndose así el efecto del sellado que acarrea el deterioro del ensilaje expuesto al aire, agua u otros agentes. Para asegurar una fermentación óptima el forraje que se sella debe tener como mínimo 25 por ciento de MS, de modo de impedir pérdidas en el valor nutritivo, y se minimiza la reducción de volumen del material ensilado.

Silos con paredes

Los modelos más comunes tienen dos, tres o cuatro paredes. En el caso de silos con cuatro paredes una de ellas debe ser móvil. En su versión ideal, el silo se

cubre con una cubierta de polietileno y se protege con un techo. El método más práctico y económico es construir dos paredes paralelas, apoyadas en un extremo en ángulo recto sobre una pared ya existente.

En general, los silos con paredes son menos exigentes respecto al contenido en MS del forraje, puesto que se pueden incorporar sistemas de drenaje para el efluente, junto con un plano inclinado en el fondo del silo.

Calidad del forraje.

Hughes *et al.*, (1976) argumentan que la calidad de un forraje depende de dos factores muy importantes, el valor nutritivo y la cantidad consumida. Se ha sostenido que la energía es el primer factor limitante en el valor nutritivo de los forrajes, y que la intensidad de consumo es muy importante en la determinación del comportamiento animal.

Los forrajes se dividen en frescos y conservados. Dentro del grupo de los forrajes frescos se encuentran las praderas que pueden ser naturales y artificiales o cultivadas. Las especies vegetales que más comúnmente se explotan en las praderas son gramíneas y leguminosas.

En numerosas regiones geográficas la producción de forrajes es de tipo estacional, existiendo durante el año una estación donde el forraje abunda y otra en la que escasea. Un buen manejo de las explotaciones ganaderas debe incluir un programa de conservación de forrajes que permita utilizar el excedente de forraje de una estación a otra. La conservación puede ser en forma de heno o en forma de ensilaje.

Utilización del ensilado en la nutrición de los animales.

Morrison (1977) señala que en las principales regiones lecheras del país, constituye el maíz, la cosecha de ensilado más extensamente empleada para la alimentación de las vacas lecheras, no solo proporciona una aportación uniforme de alimento succulento de alta calidad para la alimentación de los animales en el invierno, sino también un excelente sustituto para los pastos escasos en verano.

Reaves y Pegram (1974) mencionan que el uso de ensilado como alimento invernal para el ganado lechero es una práctica común en muchas regiones del país; los ensilados son alimentos muy económicos para las vacas, cuando no se dispone de la facilidad de pastoreo.

El aporte de energía y las expresiones energéticas

Los animales obtienen energía de los alimentos. La cantidad de energía química existente en los alimentos, se determina convirtiéndola en energía calórica y midiendo el calor producido. La conversión se realiza oxidando el alimento, sometiéndolo a combustión; la cantidad de calor producido en la combustión completa de una unidad de peso del alimento, se denomina **energía bruta o calor de combustión de dicho alimento** (McDonald, 1995)

Church *et al.* (2002) expresa que la primera medición en una evaluación de tipo nutricional de intercambio de energía se define como energía bruta (EB), que es la cantidad de resolución de calor proveniente de la oxidación completa del alimento, el forraje, el tejido corporal, la leche y otras sustancias.

De la energía bruta de los alimentos, no toda es utilizable y aprovechable por los animales. Parte de la energía se pierde en el animal en forma de excreciones sólidas, líquidas y gaseosas; otra fracción se pierde como calor.

Estas pérdidas se ilustran en la Figura N°1

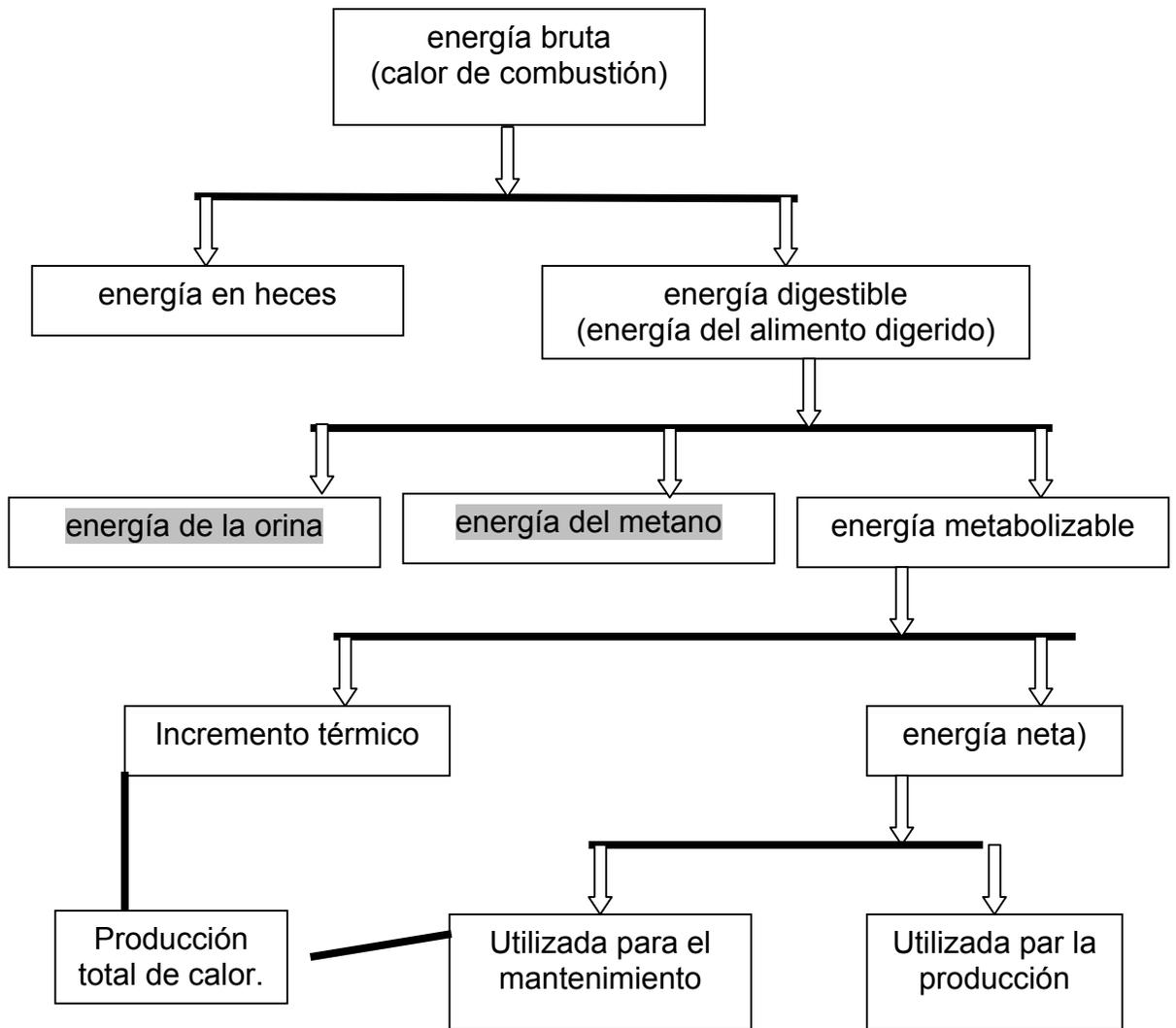


Figura N° 1.- Distribución de la energía de los alimentos en el animal. (Pérdidas de energía sombreado a la izquierda) (McDonald, 1995).

Energía digestible

Varios han sido los autores que citan el concepto de Energía digestible (McDonal, 1995; Church *et al*, 1974 y Church *et al*, 2002) definiéndola como la energía bruta (EB) menos la energía contenida en las heces (EF) de una determinada ingestión de alimento.

Energía metabolizable

La energía metabolizable (EM) es la energía bruta (EB) de la ingesta alimenticia menos la energía fecal (EF), menos la energía urinaria (EU) y menos la energía contenida en los productos gaseosos de la digestión (PGD) (Church *et al.*, (1974); McDonald (1995) y Church *et al.* 2002).

Harris *et al.* (1968) coincidiendo con Church y Pond, (1978) mencionan que para calcular la energía metabolizable (EM) para rumiantes se utiliza un coeficiente con un valor de .82 multiplicado por la energía digestible del alimento utilizado. Dicha explicación se expresa en la siguiente fórmula:

$$EM \text{ Kcal. /Kg.} = ED \text{ (Kcal. /kg)} \times .82$$

Nutrientes digestibles totales (NDT)

Los NDT se determinan realizando una prueba de digestión y sumando la proteína cruda digestible (PCD) y los carbohidratos (extracto digerible libre de Nitrógeno, EDLN, y la fibra cruda digerible, FCD) más 2.25 veces el extracto etéreo digerible (EED; grasa cruda), esto es:

$$NDT = PCD + EDLN + FCD + 2.25 (EED)$$

En el cálculo se da a la proteína cruda digestible el mismo crédito que a los carbohidratos digeribles, corrigiendo así de manera indirecta en

cuanto a las pérdidas urinarias de Nitrógeno. El valor energético adicional de las grasas en comparación con los carbohidratos se ajusta mediante el multiplicador 2.25. Por tanto, en la práctica, el valor de NDT se halla entre los valores de ED y EM (Church *et al.* 2002 y Church *et al.* 1974).

Energía neta (mantenimiento, ganancia y lactancia)

Lofgreen and Garrett (1968) coincidiendo con Church y Pond (1978) establecieron una fórmula para obtener la energía neta para mantenimiento (ENm), la energía neta para ganancia (ENg). Adaptando el valor del logaritmo de F de Harris *et al.* (1968) expresándola como:

$$\text{Log F} = 2.2577 - .02213 (\text{EM})$$

$$\text{ENm} = 77/\text{F}$$

$$\text{ENg} = 2.54 - .0314 \text{ F}$$

Moe y Flatt (1969) sugieren el cálculo de energía neta para lactancia (ENI) haciendo una adaptación a la utilizada por Harris *et al.* (1968) partiendo de el valor de ED expresada como:

$$\text{ENI (Mcal/Kg MS)} = .84 \text{ ED (Mcal/kg MS)} - .77$$

Church y Pond (1978) realizan el mismo cálculo partiendo de los valores de % NDT expresando la fórmula como:

$$\text{ENI} = (\text{Mcal/Kg MS}) = (.037 \times \% \text{ NDT}) - .77$$

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del área experimental

Se sembraron 4 genotipos de maíz en el poblado de Villa Hidalgo, municipio de Santiago Ixcuintla; que se localiza en la zona norte del Estado de Nayarit dentro de las coordenadas 21° 37' al 22° 16' de latitud norte y 104° 53' al 105° 39' longitud Oeste a una altura de 10 msnm; con una precipitación pluvial de 1,430.6 mm. El clima es cálido seco. La temperatura media anual es de 26.5° C (CNDM, 1999).

Antes de realizar la siembra de los materiales genéticos de maíz, se procedió a realizar un análisis físico-químico del suelo. De acuerdo a la técnica de “zig-zag” se tomó muestras de suelo a 0-20 cm. y 20-40 cm. de profundidad, obteniendo la siguiente evaluación (Cuadro 1). De acuerdo a los resultados de este análisis de suelo se clasifica desde migajón arenoso, migajón arcilloso, migajón arcillo-arenoso y arcilloso.

Cuadro N° 1 Análisis físico-químico del suelo

Parámetros	Muestra 1 0-20 cm.	Muestra 2 20-40 cm.
PH ¹	8.27	8.37
C.E. dS/m ²	.702	.438
Materia Orgánica	1.56	1.03
Nitrógeno Total %	.0765	.0515
Fósforo Kg/Ha	3.375	.9
Potasio Kg/Ha	+ de 900	+ de 900
Carbonatos totales %	16.72	13.78
Arcilla %	46.6	42.6
Limo %	48.6	49.6
Arena %	4.8	7.8
Textura	Arcilla-limoso	Migajon-Arcillo-limoso

¹ PH = Potencial hidrógeno, ² C.E. dS/m = Capacidad eléctrica (desisemes/metro)

Área de siembra

Se utilizaron parcelas de 100 X 8 m considerando un área total de 800 m² (62,500 plantas / hectárea). La fecha de siembra correspondió al 19 de diciembre del 2003 y la toma de datos fue el 28 de marzo del 2004. Se cosecharon a los 100 días de edad, cuando el grano de maíz se encontraba en estado lechoso-masoso.

A todas las parcelas se les aplicó fertilizante, siendo un total de 3 dosis correspondiendo de la siguiente manera: la primera 32-46-40 y 22-22 de Sulfato doble de Potasio + Magnesio (formula DAP) y las otras dos con Urea al suelo y finalmente foliar (200 kg N). Se aplicaron agroquímicos para controlar insectos, malezas y enfermedades. Además, se aplicaron 5 riegos de agua (1° presiembr, 2° auxilio 3° al 5° hasta cosecha cada 20 días) y se realizaron las labores de cultivo requeridas.

Tratamientos

Los tratamientos consistieron en 4 genotipos de maíz, tres del Instituto Mexicano del Maíz (los híbridos AN-447 y AN-388, y la variedad forrajera experimental) y el híbrido P30G54 de la compañía Pioneer.

El material se evaluó en cuatro fracciones que fueron: Materia Seca (Tn/ha), Composición química, Contenido Energético, y Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca y de la Materia Orgánica.

Para determinación de Materia Seca, composición química y contenido energético se realizaron 2 repeticiones por cada material a evaluar considerando cada una como una unidad experimental bajo las siguientes variables:

Composición química:

Materia Seca Total (%MST)

Materia Seca Parcial (%MSP)

Proteína Cruda (PC)

Extracto Etéreo (EE)

Fibra Cruda (FC)

Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

Cenizas (C)

Contenido energético:

Nutrientes digestibles totales (%NDT),

Energía Digestible (ED Mcal/kg MS)

Energía Metabolizable (EM Mcal/kg MS)

Energía Neta para mantenimiento (ENm Mcal/kg MS)

Energía Neta para ganancia (ENg Mcal/kg MS)

Energía Neta para Lactancia (ENl Mcal/kg MS)

Material a evaluar

Se escogieron al azar un promedio de 20 plantas de cada híbrido y de la variedad experimental de maíz forrajero a evaluar. Esta práctica (corte) se realizó con machete a una altura de 15 cm. de la base. A cada planta completa (tallos, hojas y mazorca) se le tomó el peso en verde. El material genético de maíz empleado y los pesos promedio por planta a los 100 días utilizados en el presente estudio se reportan en la Cuadro x.

Cuadro N° 2. Material Genético Evaluado

Material	Genealogía	Peso promedio por planta (Kg)
AN-447 (híbrido)	(255 x MLS ₄₋₁) AN7	1.617
AN-388 (híbrido)	(255 x Zap) ML S ₄₋₁	1.692
Forrajero Amarillo* (Variedad experimental)	Variedad donde participan 5 líneas o más se encuentra a nivel experimental	1.514
P 30G54 ** (híbrido)	Híbrido comercial de la compañía Pionner	.895

* Forrajero ** Comercial

Análisis químico

Esta fase fue realizada en el laboratorio de Nutrición Animal de la UAAAN., ubicado en Buenavista, Saltillo, Coah., cuya situación geográfica en la siguiente: 25° 21' Latitud Norte y 101° 02' Longitud Oeste, a una altura de 1,743 msnm, con una temperatura media anual de 18.18° C . El clima est clasificado como seco o árido (Bso_{kx}) (e) el más seco de los Bs (Mendoza, 1983).

A las muestras de los tres híbridos y de la variedad experimental de maíz forrajero cosechados se les determinó su composición química. Para su análisis, las muestras se secaron en una estufa a 60 ±5° C y se molieron a través de una malla de 1 mm en un molino marca Wiley.

Las muestras se analizaron para determinar materia seca (MS) a 105° C, humedad y extracto etéreo (EE), materia orgánica (MO), cenizas, según procedimientos reportados por el AOAC (1997). El contenido de proteína cruda (PC) se analizó según el procedimiento Kjeldahl, como N x 6.25 (AOAC, 1997).

El contenido de Materia Seca (Tn/ha), nutrientes digestibles totales (NDT), energía digestible (ED) y la energía metabolizable (EM), se estimaron de acuerdo a Harris, (1970). La energía neta para mantenimiento (ENm), energía neta para ganancia (ENg), energía neta para lactancia (ENl) se estimaron en base a valores reportados por Church y Pond (1978) y Christiansen *et al.* (1972) respectivamente para ganado bovino productor de leche y ganado bovino productor de carne.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La base o datos de estos, resultados que se procede a analizar fueron los obtenidos de un análisis químico de cuatro genotipos de maíz forrajero en forma natural que fue estudiado, analizado y reportado en el trabajo de investigación de Castillo, (2005); y los resultados del análisis químico de maíz forrajero ensilado con las variedades de la investigación realizada por Martínez, (S/F).

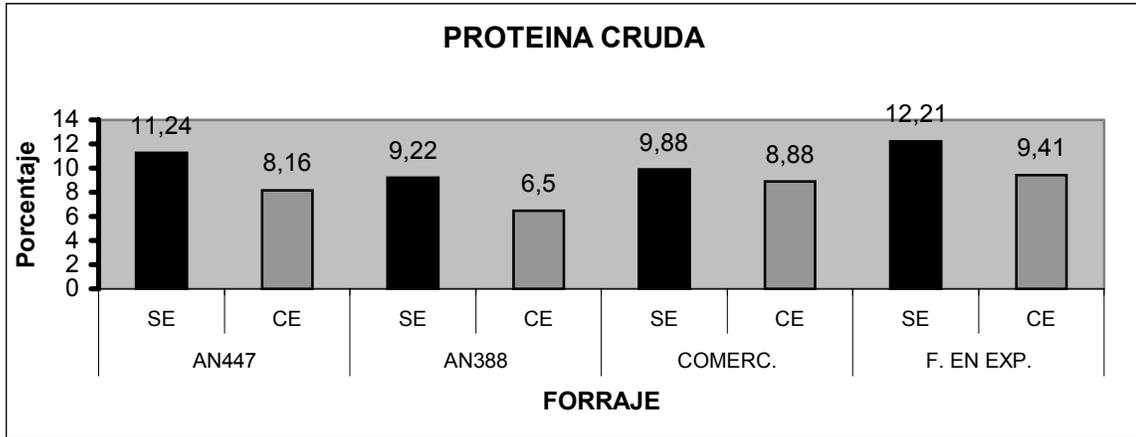
Proteína cruda (PC): Se sabe desde hace mucho tiempo que todos los animales deben recibir en su ración, por lo menos cierta cantidad de proteínas para cubrir las diversas funciones del organismo: mantenimiento, crecimiento, reproducción, engorde y producción de leche, carne, trabajo y lana (Morrison, 1965). Tal proteína puede ser de alta o baja calidad, muy digestible o poco digestible y encontrarse en el forraje en bajas o altas cantidades, visto desde este modo, no es erróneo calificar a la proteína como uno de los más importantes parámetros para seleccionar una fuente de forraje

El contenido de proteína en porcentaje (cuadro N° 1) de los cuatro genotipos de maíz forrajero en forma natural se obtuvo y son ordenados de mayor a menor: Forrajero en experimentación (12.21%), AN447 (11.24%), Comercial (9.88%), AN388 (9.22%). En el análisis de las cuatro genotipos de maíz forrajero ensilado se obtuvo el siguiente porcentaje: Forrajero en experimentación (9.41 %), comercial (8.88 %), AN447 (8.16 %), AN388 (6.50 %). Tanto en forma natural como ensilado el contenido de proteína de los cuatro genotipos de maíz forrajero presentan similar ordenación y tendencia.

La interpretación de los datos muestra una diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) entre las cuatro genotipos de maíz forrajero estudiado y al comparar el tratamiento natural con el producto ensilado ($P < 0.01$). No encontrando diferencia significativa ($P > 0.05$) en la interacción forraje-conservación. Lo que indica que actúan de manera independiente. El contenido de proteína cruda de las cuatro genotipos de maíz forrajero fue afectada (disminuyó) por el proceso de ensilado; hasta un 23.0%. El maíz forrajero comercial fue el menos afectado (10.0%) por el

proceso de ensilar, superando a los demás tratamientos que presentan una pérdida de 26.7% en promedio.

Cuadro N° 3 Porcentaje de proteína Cruda en maíz sin ensilar y ensilado.



SE: sin ensilar

CE: Con ensilado

Shimada (2003), reporta 9.8 % de proteína cruda en la planta completa de maíz natural, valor estimado a la información obtenida de los cuatro genotipos de maíz forrajero sin ensilar de este trabajo. Los datos reportados por (NRC, 1978) con un valor proteico menor (8 %).

Según NRC, 2003; el requerimiento de proteína cruda para vacas lecheras lactantes con un peso de 450 Kg de peso vivo es de 635 g/día. Por lo que para cubrir estos requerimientos tendríamos que proporcionar a cada vaca la cantidad de 5.97 Kg. de materia seca de maíz en estado natural o bien 7.80 Kg de forraje de maíz ensilado para cada vaca. Aunque con estas cantidades de materia seca de forraje se pueden presentar problemas de acidez .

Lo reportado por Castillo *et al.* (2004), el mismo análisis con maíz ensilado obtiene entre 8.1 y 9.5 % de PC. De acuerdo a estos porcentajes la variedad AN388 contiene menor contenido (6.50 %) PC. y similares a lo reportado por

Flores, (1990) y Church, (1982) que reportan contenido de proteína cruda del 6.37% y 6.80% respectivamente al analizar una planta completa.

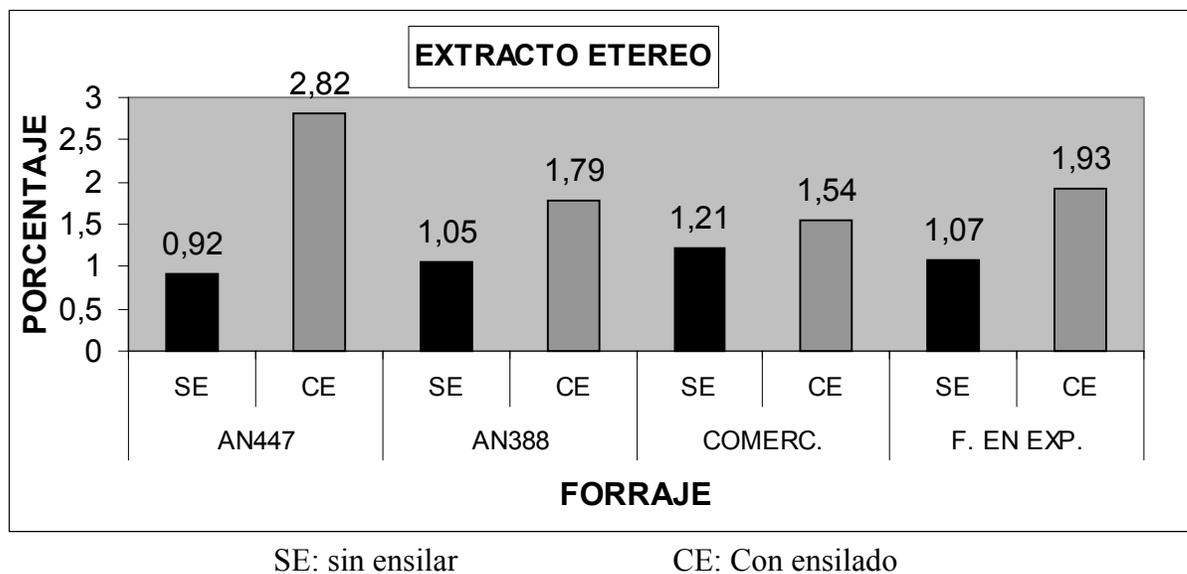
Por su parte Reyes (1990) al investigar con maíz natural pero dividido en tres fracciones encontró valores de proteína cruda de 5.8% para tallo, 11.5% para hoja y 9.4% para elote. En el caso del análisis del elote 9.4% y hoja 11.5% superan a las variedades AN388 (9.21%) en cuanto al contenido de proteína cruda pero no al resto de las medias de los tratamientos estudiados. realizados con el maíz en su forma natural. En cuanto al maíz ensilado supera la mayoría de las variedades no siendo así con la variedad del maíz forrajero en experimentación con un contenido de proteína cruda de (9.41 %).

Extracto etéreo (E. E.): La grasa cruda en los alimentos es el residuo no volátil que queda después de evaporar en estufa el extracto obtenido por la acción del éter anhidro sobre el alimento, hasta el agotamiento. En este extracto etéreo figuran todas las sustancias solubles en los disolventes de las grasas, esto es, las grasas verdaderas (glicéridos), ácidos grasos, cédidos, esteroides, pigmentos, etc., pero esta fracción, que no es grasa verdadera, contiene elementos de gran valor nutritivo, como los esteroides, carotenos, vitaminas liposolubles, etc., la cifra obtenida de grasa bruta o extracto etéreo sirve en la práctica como valor grasa de un alimento (Church y Pond, 1990)

EL extracto etéreo en las cuatro genotipos de maíz forrajero en forma natural se presentan de acuerdo a su contenido en porcentaje (cuadro N° 4): Comercial (1.21 %), Forrajero en experimentación (1.07 %), AN388 (1.05 %), y AN447 (.92 %). En el análisis de las cuatro genotipos de maíz forrajero ensilado se obtuvo el siguiente porcentaje: AN447 (2.82 %), forrajero en experimentación (1.93 %), AN388 (1.79 %), comercial (1.54 %). En el maíz ensilado se observa que existe un mayor porcentaje de E. E. que en el maíz natural.

Al realizar el análisis de varianza de los resultados obtenidos podemos observar que existe una diferencia ($P < 0.01$) entre los forrajes en estudio. Al igual en el que en el tratamiento aplicado ($P < 0.01$), Como también hubo efecto ($P < 0.01$) en la interacción lo que puede indicar una asociación dependiente entre forraje y tratamiento practicado

Cuadro N° 4. Porcentaje de Extracto etéreo en maíz sin ensilar y ensilado.



Church (1982) reportó un 2.10% de grasa en un estudio que realizó en planta completa en su estado natural. De la misma manera Flores (1990) encontró bajo el mismo concepto un valor de 3.75%; ambos autores coinciden con valores que superan a las mismas medias encontradas en este trabajo.

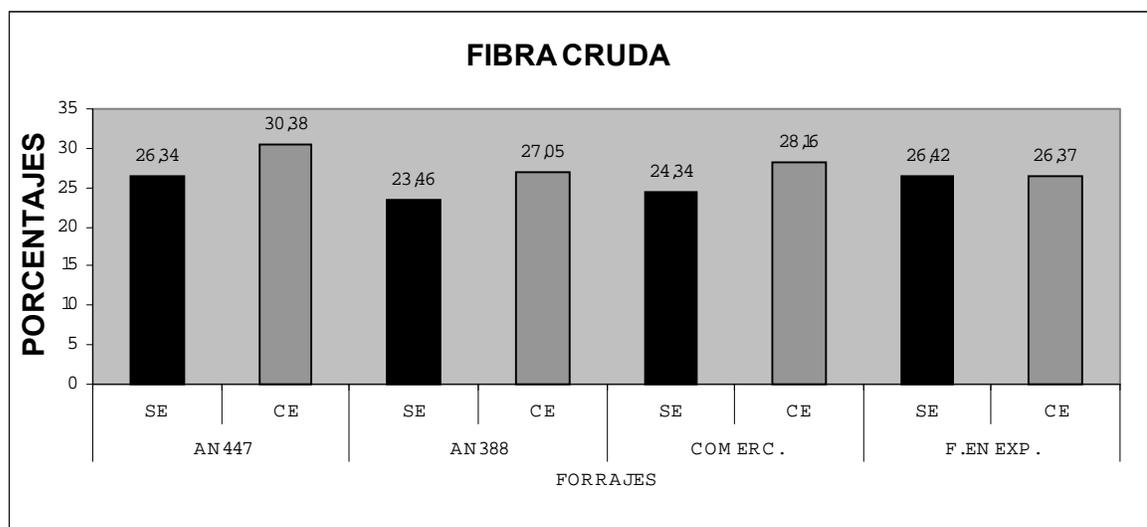
Fibra cruda (FC): La fibra cruda está formada principalmente por carbohidratos estructurales vegetales, como la celulosa y hemicelulosa, pero también contienen algo de lignina, que es una sustancia muy poco digerible presente en la porción fibrosa de los tejidos vegetales. Para el animal monogástrico, la fibra cruda tiene un valor variable pero bajo; en el caso de los rumiantes, también tiene un valor variable, pero la utilizan mucho más que los monogástricos (Church *et al.*, 2002).

El contenido de fibra cruda de los cuatro genotipos de maíz forrajero (cuadro N° 5): Forrajero en experimentación (26.62 %), AN447 (26.34 %), Comercial (24.34%) y AN388 (23.46 %). Y en el análisis realizado al maíz ensilado se obtuvo el siguiente porcentaje: AN447 (30.38 %), Comercial (28.16 %), AN388 (27.05), forrajero (26.37 %). Comparados con los valores obtenidos del maíz natural con el forraje ensilado se observa que existe un mayor porcentaje de fibra cruda en el maíz ensilado. Siendo mas alto el híbrido AN388 con un contenido de 30.38 %.

De acuerdo con los resultados analizados no hubo diferencia estadística ($P>0.05$) entre los tratamientos (forrajes) estudiados así como en el tipo de preservado.

Las medias de los tratamientos del maíz analizado en su forma natural y ensilado superan a lo reportado por Flores (1990) que encontró 23.23% en análisis de planta completa al igual que Chuch (1982). Al analizar tallo, Reyes (1990) obtuvo datos superiores en hoja de 25.4%, en elote (18.1%) valor menor a las medias analizadas en este estudio.

Cuadro N° 5. Porcentaje de Fibra Cruda en maíz sin ensilar y ensilado.



SE: sin ensilar

CE: Con ensilado

Los datos reportados por NRC, (1978); presenta un 24 % de fibra cruda el cual es menor al encontrado en las cuatro genotipos de maíz forrajero de este estudio analizadas en forma natural y ensilado.

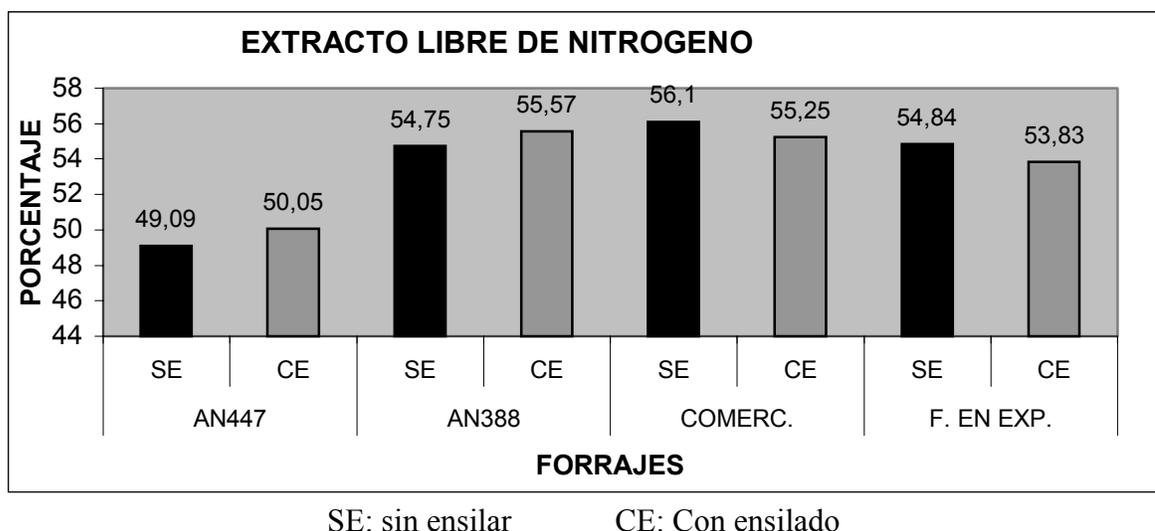
Podemos mencionar que el contenido de fibra en los materiales analizados se debe a que fueron cosechados a los 100 días lo cual reduce el grado de madurez. Lo reportado por Hughes *et al.* (1976) que afirma que a mayor madurez de la planta, mayor contenido de fibra, hecho que se puede demostrar al observar la digestibilidad del forraje, la cual disminuye al aumentar el porcentaje de fibra en el alimento.

Extracto libre de nitrógeno (ELN): Para Church *et al.* (2002) el ELN está formado de manera principal por los carbohidratos fácilmente aprovechables, como azúcares y almidones, pero también puede contener algo de hemicelulosa y lignina, sobre todo en el caso de alimentos como el heno y la paja. Desde el punto de vista de la nutrición, la fracción del ELN de los granos se utiliza en un alto grado por casi todas las especies, pero el ELN del heno y la paja se utiliza mucho menos.

El contenido de extracto libre de nitrógeno de los cuatro genotipos de maíz forrajero (Cuadro N° 6): Comercial (56.10 %), Forrajero en experimentación (54.84 %), AN388 (54.75 %) y AN447 (49.09%). En el maíz ensilado se obtuvieron los siguientes porcentaje: AN388 (55.57 %), comercial (55.25 %), forrajero (53.85 %), AN447 (50.05 %). Al realizar el ANVA se encuentra diferencia ($P > 0.01$) entre las líneas de maíz forrajero en estudio. No encontrando efecto en el tratamiento aplicado y la interacción.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación de la medias que en las líneas AN388 y comercial no existe diferencia significativa, habiendo una diferencia mínima entre las variedades AN447 y forrajero en experimentación. Existiendo diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) entre las variedades AN388 y comercial contra AN447.

Cuadro N° 6. Porcentaje de Extracto Libre de Nitrógeno en maíz sin ensilar y ensilado.



El híbrido AN447 (49.09%) presenta un porcentaje menor en las dos formas analizadas a lo reportado por Flores (1990). Al analizar planta completa con 50.15% de extracto libre de nitrógeno; el resto de las medias superan esta cifra. Reyes (1990); al fraccionar la planta y analizar elote, tallo, hoja; su estudio encontró para elote un valor de 59.0% de ELN que supera a los valores de las medias del presente estudio. Las dos fracciones de tallo (41.9%) y hoja (18.1%) se encuentra por debajo de las medias estudiadas.

Cenizas (C): Las cenizas son el residuo que queda después que todo el material combustible se ha quemado (oxidado completamente). Desde el punto de vista de la nutrición, los valores de las cenizas tienen poca importancia, aunque valores muy elevados podrían indicar que existe contaminación con suelo o dilución de alimentos con sustancias, como sal y roca caliza. Algunos elementos minerales, como el yodo y selenio, podrían ser volátiles y perderse al convertir la sustancia en ceniza (Church *et al.* 2002).

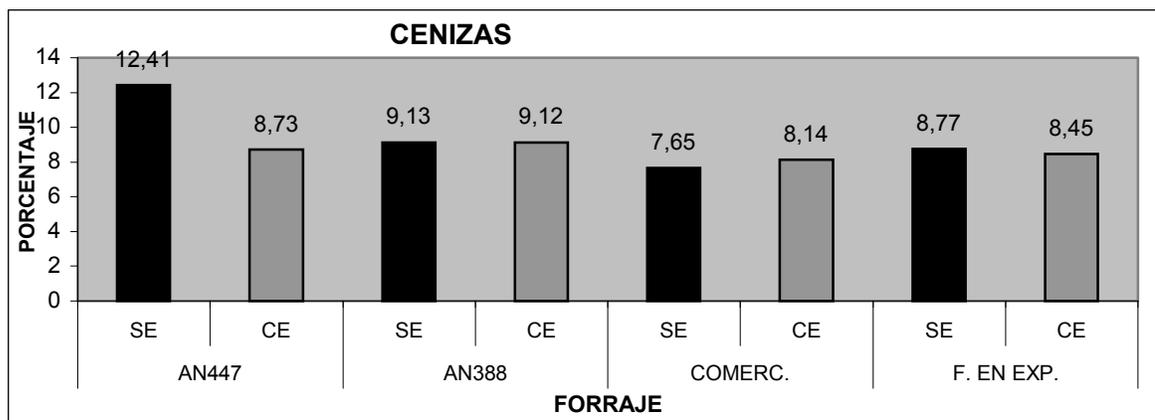
El contenido de cenizas en porcentaje de los cuatro genotipos de maíz forrajero en forma natural nos indican los siguientes valores (cuadro N° 7): AN447

(12.41%), AN388 (9.13%), Comercial (7.65%) y Forrajero en experimentación (8.76%). En el análisis realizado con el maíz ensilado se obtuvieron los siguientes porcentajes: AN388 (9.115 %), AN447 (8.73 %), Forrajero en experimentación (8.45 %), Comercial (8.14 %). De acuerdo a los datos podemos observar que el que maíz forrajero con mayor porcentaje de cenizas es el híbrido AN447 en su forma natural y la variedad AN388 en el maíz ensilado.

El análisis de varianza indica diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para las variables estudiadas, el contenido de cenizas es diferente en las líneas de maíz forrajero y entre el tratamiento natural y ensilado así como en su interacción.

De acuerdo a las medias obtenidas podemos observar que existe una diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) entre las variedades AN447 y el comercial, y una diferencia mínima entre las variedades AN447 y el forrajero en experimentación.

Cuadro N° 7. Porcentaje de Cenizas en maíz sin ensilar y ensilado.



SE: sin ensilar

CE: Con ensilado

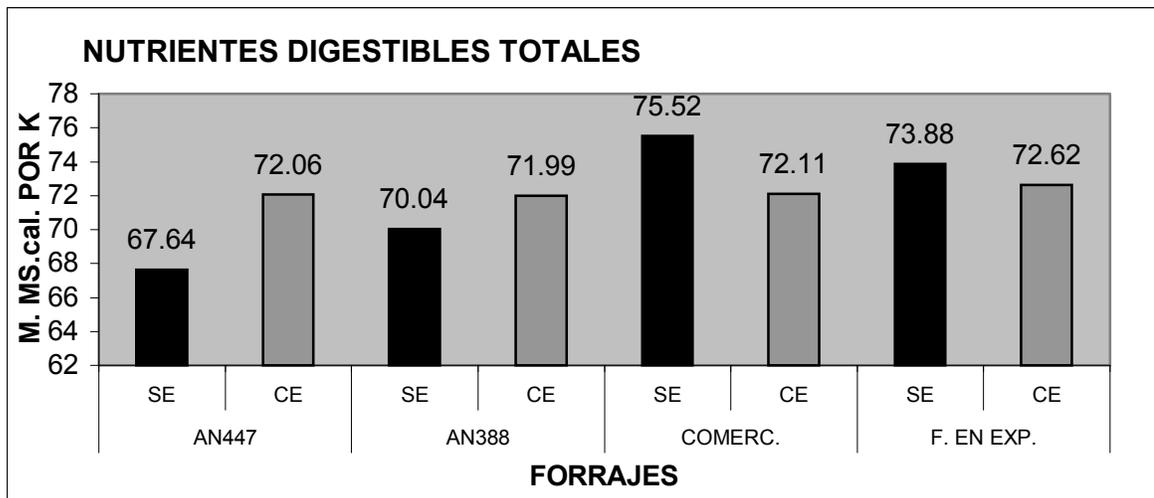
CONTENIDO ENERGÉTICO

Los resultados del contenido energético de los 3 híbridos de maíz forrajero y de la variedad forrajera experimental en forma natural y ensilado fueron los siguientes:

Nutrientes digestibles totales (% NDT): El total de nutrientes digestibles totales, es una medida aproximada de la digestibilidad del mismo, por lo que un valor mayor de NDT, teóricamente indicará un mayor valor nutritivo para dicho alimento (Mora, 2002). Desafortunadamente, el parámetro de NDT se basa en el análisis proximal, que como se mencionó antes es poco exacto. Además, en general, las cifras de digestibilidad que se emplean son tabuladas y dan por resultado un dato cuestionable. Sin embargo, en la actualidad los valores energéticos de la mayoría de los ingredientes utilizados en alimentación animal todavía se expresan como NDT.

El contenido de Nutrientes digestibles totales en porcentaje (Cuadro N° 8) de las cuatro líneas de maíz forrajero en forma natural se obtuvieron y son ordenados de mayor a menor: Comercial (75.52 %), forrajero en experimentación (73.88 %), AN388 (70.04 %), AN447 (67.64%). En el análisis realizado con maíz ensilado se obtuvo el siguiente porcentaje: forrajero en experimentación (72.62 %), comercial (72.11 %), AN447 (72.06 %), AN388 (71.99 %). En comparación con los datos obtenidos del análisis del maíz natural y ensilado se observa una diferencia mínima. El maíz ensilado tiene mayor porcentaje de NDT que el maíz natural.

Cuadro N° 8. Porcentaje de Nutrientes Digestibles Totales en maíz sin ensilar y ensilado.



SE: sin ensilar CE: con ensilado

Según NRC, 1968; reporta requerimientos en Nutrientes digestibles en vacas lecheras en lactancia de 5.0 Kg. De acuerdo con los resultados obtenidos se observa un promedio de 717.7 g. por Kg. de MS. En el maíz en su estado natural de el cual necesitamos que un animal consuma 6.96 Kg. De materia seca. En el maíz ensilado se obtuvo un promedio de 721.95 g. de NDT por Kg. De el cual necesitamos que el animal consuma 6.93 Kg. De materia seca para cubrir con sus requerimientos diarios.

Nahara (2004) al realizar una evaluación a distintos productos alimenticios usados en nutrición animal mencionando el ensilado de maíz en su forma natural con una contenido de 70% de NDT, valor que rebasa al AN447 en su forma natural no siendo así en el ensilado; sin embargo para el resto de las medias el valor es mayor que éste en las diferentes forma que son ensilado y natural.

Según Shimada (2003); y NRC, 1978; al realizar una evaluación de maíz forrajero ensilado obtuvieron un 69 y 70 % de extracto libre de nitrógeno el cual es

superado por los resultados obtenidos en el análisis realizado con las 4 líneas de maíz e su estado natural y ensilado.

Por su parte Crampton y Harris, (1974) al hacer una clasificación de los alimentos groseros por su energía utilizable ubica con un 55-60% de NDT al ensilado de maíz (estado tierno) lo cual fue rebasado notablemente por los materiales analizados en la presente investigación. De igual manera sucede con el ensilado de maíz de calidad media con un 50-55%. Lo cual nos indica que de acuerdo a los resultados obtenidos estas variedades tienen un excelente porcentaje de NDT.

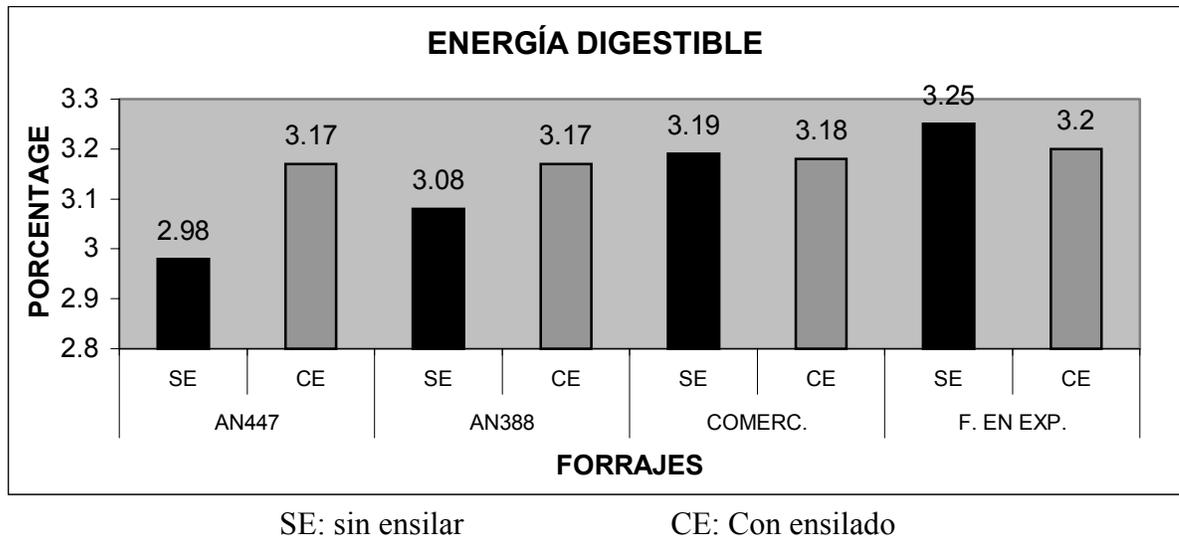
El SDA (2004) publicó un artículo en el que se hace una evaluación productiva y de calidad a distintas especies forrajeras entre las que se encuentra el maíz en estado lechoso-masoso reportando un 65.7 % de NDT valor que se encuentra por debajo de los resultados obtenidos en las dos líneas analizadas en este trabajo.

Energía digestible (ED Mcal /Kg MS): El contenido de Energía Digestible en porcentaje de los cuatro genotipos de maíz en forma natural se obtuvieron (Cuadro N° 9) y son ordenados de mayor a menor: Forrajero en experimentación (3.25 %), Comercial (3.19%), AN388 (3.08 %), AN447 (2.97%) (Castillo, 2005). En el análisis realizado con el maíz ensilado se obtuvo el siguiente porcentaje: forrajero en experimentación (3.20 %), comercial (3.18 %), AN388 (3.17 %), AN44 (3.17 %). Comparando los resultados en el maíz natural con los obtenidos en el análisis del maíz ensilado podemos observar que tiene mayor cantidad de Mcal de Energía digestible que en el maíz en su estado natural.

Al realizar una clasificación de alimentos se ubica al ensilado de maíz de calidad media con un contenido de 2.35 Mcal/kg MS lo cual es notablemente inferior a los datos arriba mencionados en sus diferentes formas tanto como ensilado como en su estado natural. De igual manera para el ensilado de maíz

(estado tierno) se le calculó un 2.55 Mcal/kg MS, (Crampton y Harris, 1974) que coincide con el dato anterior que se queda muy por debajo de las medias resultantes de la presente investigación.

Cuadro N° 9. Porcentaje de Energía Digestible en maíz sin ensilar y ensilado.

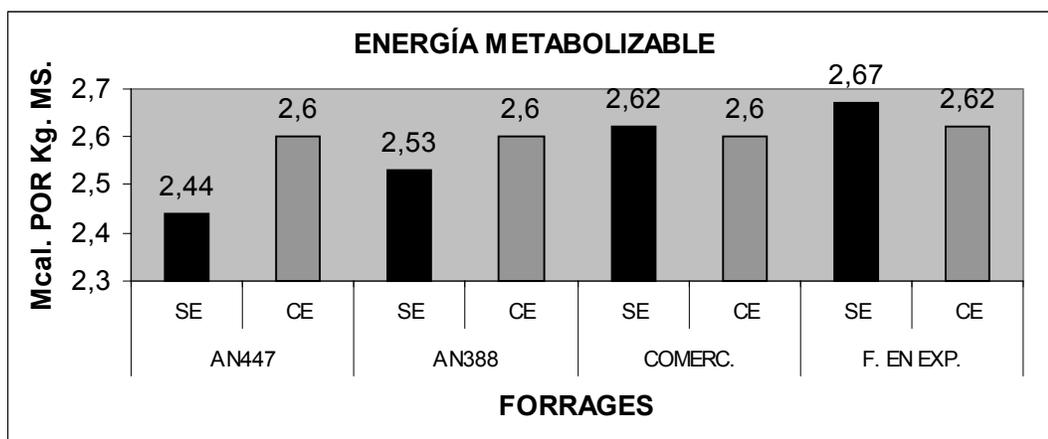


Según Shimada (2003) y NRC (1978) al realizar una evaluación de maíz forrajero ensilado obtuvieron un 3.04 y 3.08 Mcal/kg MS el cual es superado por los resultados obtenidos en el análisis químico realizado con las cuatro genotipos de maíz en su estado natural y ensilado.

Energía Metabolizable (EM Mcal /Kg MS): El contenido de Energía Metabolizable en porcentaje de los cuatro genotipos (Cuadro N° 10) de maíz forrajero en forma natural se obtuvieron y son ordenados de mayor a menor: Forrajero en experimentación (2.567 Mcal/kg MS), Comercial (2.62 Mcal/kg MS), AN388 (2.53 Mcal/kg MS), AN447 (2.44 Mcal/kg MS) (Castillo, 2005). En el análisis realizado con el maíz ensilado se obtuvo el siguiente porcentaje: forrajero en experimentación (2.62 Mcal/kg MS), comercial (2.60 Mcal/kg MS), AN388 (2.60 Mcal/kg MS), AN447 (2.60 Mcal/kg MS) siendo mayor la energía metabolizable en el maíz ensilado que en el maíz natural.

De acuerdo a las medias obtenidas podemos observar que existe una diferencia altamente significativa ($P < 0.05$) entre las líneas siendo mas alta en la variedad AN447 (2.44 Mcal/kg MS) en el maíz natural y de (2.60 Mcal/kg MS) en el maíz ensilado.

Cuadro N° 10. Porcentaje de Energía Metabolizable Totales en maíz sin ensilar y ensilado.



SE: sin ensilar CE: con ensilado

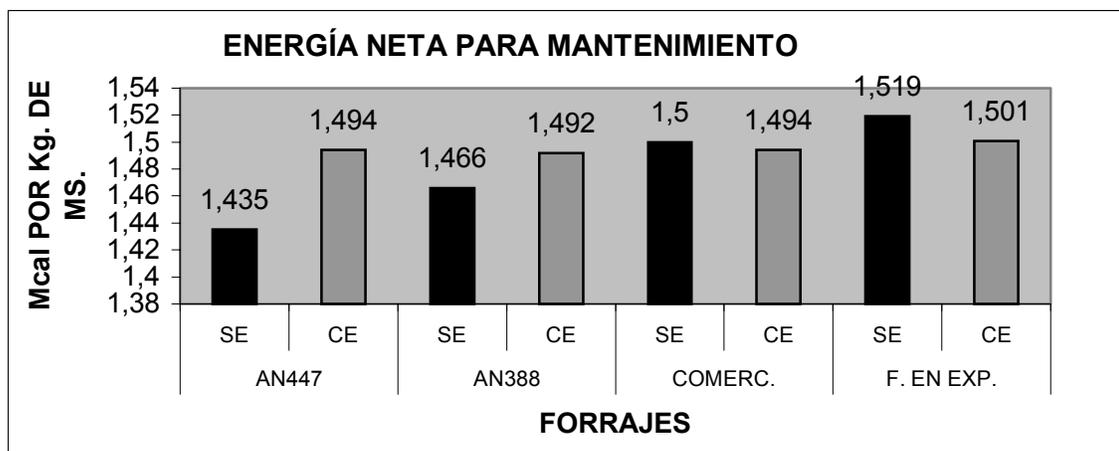
Según Shimada (2003); y NRC (1978) al realizar una evaluación de maíz forrajero ensilado obtuvieron un 2.62 y 2.67 Mcal/kg MS en los cuales podemos observar que no existe diferencia en cuanto a la comparación por los resultados obtenidos en el análisis químico realizado con los cuatro genotipos de maíz en su estado natural y ensilado.

Para un ensilaje de maíz con 25% de almidón es de esperar una concentración de EM de 1,8 a 2,0 Mcal EM/kg MS, la cual es un 30% inferior a la que contiene una pastura de alta calidad con 70-75% de digestibilidad que alcanza a 2,6 Mcal EM/kg MS. Esto indica que el ensilaje de maíz no es un recurso de alta concentración energética (Di Marco y Aello, 2003).

Con lo anterior podemos mencionar entonces que los materiales analizados en esta investigación como el Comercial y el AN388 en su estado natural valores que están dentro del valor encontrado por (Di Marco y Aello, 2003). En el caso de la variedad Forrajera en su estado natural se encuentra por debajo de este valor pero no es mucha la diferencia, siendo el Híbrido AN447 el que se coloca al final de éstas por tener un valor más bajo en su estado natural. No siendo así en el maíz ensilado el cual tiene un contenido de EM igual al encontrado por ellos en las cuatro variedades analizadas.

Energía neta para mantenimiento (ENm Mcal /Kg MS) : El contenido de Energía neta para mantenimiento (cuadro N° 11) en Mcal/Kg MS de los cuatro genotipos de maíz forrajero en forma natural: Forrajero en experimentación (1.519 Mcal/kg MS), Comercial (1.500 Mcal/kg MS), AN388 (1.466 Mcal/kg MS), , AN447 (1.435 Mcal/kg MS) (Castillo, 2005). En el análisis realizado con el maíz ensilado se obtuvo el siguiente porcentaje: Forrajero en experimentación (1.501 Mcal/kg MS), comercial (1.494 Mcal/kg MS), AN447 (1.494 Mcal/kg MS), AN388 (1.492 Mcal/kg MS). Comparando los datos que se obtuvieron se observa que no existe diferencia siendo los resultados similares en ambas formas en las cuales fue analizado.

Cuadro N° 11. Porcentaje de Energía Neta Para Mantenimiento en maíz sin ensilar y ensilado.



SE: sin ensilar

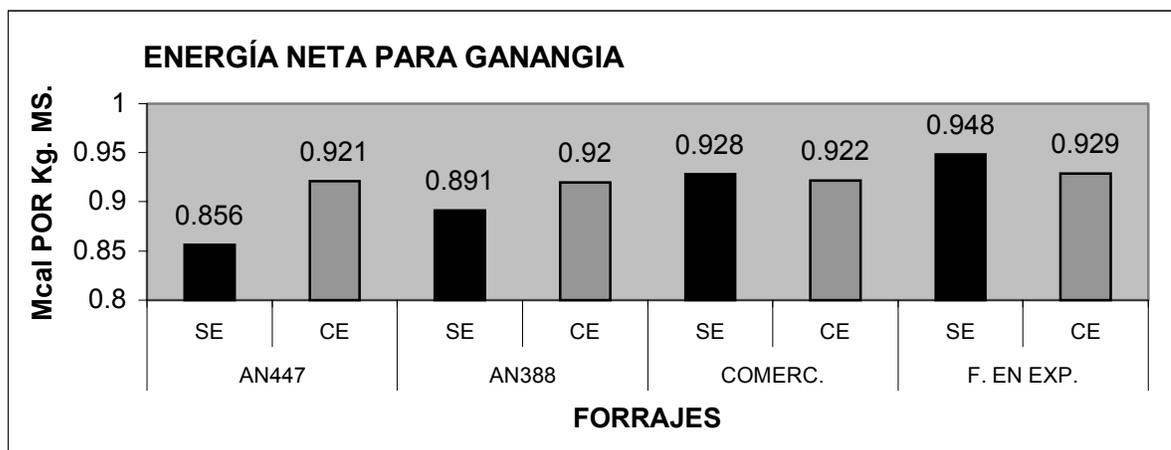
CE: Con ensilado

Según Shimada (2003) y NRC (1978) al realizar una evaluación de maíz forrajero ensilado obtuvieron un 1.55 y 1.54 Mcal/kg MS de energía neta para mantenimiento el cual es superior a los resultados obtenidos en el análisis químico realizado con las 4 líneas de maíz en su estado natura y ensilado.

Energía neta para ganancia (ENg Mcal /Kg MS): El contenido de Energía neta para ganancia en Mcal/Kg MS de las cuatro líneas de maíz forrajero en forma natural se obtuvieron y son ordenados de mayor a menor: Forrajero en experimentación (.948 Mcal/kg MS), Comercial (.928 Mcal/kg MS), AN388 (.891 Mcal/kg MS), AN447 (.856 Mcal/kg MS) (Castillo, 2005). En el análisis realizado con el maíz ensilado se obtuvo el siguiente porcentaje: Forrajero en experimentación (.929 Mcal/kg MS), comercial (.922 Mcal/kg MS), AN447 (.921 Mcal/kg MS), AN388 (.920 Mcal/kg MS).

De acuerdo con las medias obtenidas podemos observar que no existe diferencia significativa entre las líneas analizadas.

Cuadro N° 12. Porcentaje de Energía Neta Para Ganancia en maíz sin ensilar y ensilado.



SE: sin ensilar

CE: Con ensilado

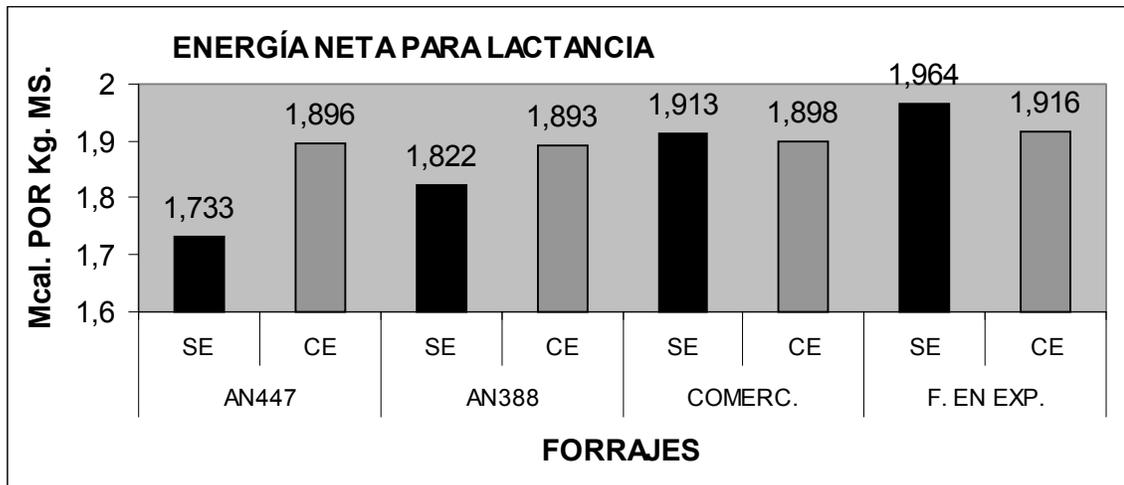
Según Shimada (2003) y NRC (1978) al realizar una evaluación de maíz forrajero ensilado obtuvieron un 0.94 y 0.97 Mcal/kg MS que superan a los resultados obtenidos en el análisis químico realizado con las cuatro genortipos de maíz en su estado natural y ensilado con la excepción de el maíz forrajero en experimentación que presentó 0.948 Mcal/kg MS el cual supera a 0.94 Mcal/kg MS lo reportado por Shimada (2003).

Nahara (2004) en evaluación al ensilado de maíz encuentra valores de 1.03 Mcal/kg MS de ENg valor que rebasa notablemente a los valores presentados en esta investigación. Este mismo autor realiza una evaluación al gluten de maíz (húmedo) encontrando valores para este parámetro de 1.34 Mcal/kg MS, valor que al igual que el anterior rebasa a lo encontrado en este trabajo. Razón de lo anterior argumenta se debe a que la concentración energética en estos productos es mayor por el aporte de grano y planta completa.

Energía neta para lactancia (ENI Mcal /Kg MS): El contenido de Energía neta para lactancia en Mcal/Kg MS de las cuatro variedades de maíz en forma natural se obtuvieron y son ordenados de mayor a menor: Forrajero en experimentación (1.84 Mcal/kg MS), Comercial (1.913 Mcal/kg MS), AN388 (1.822 Mcal/kg MS), AN447 (1.733 Mcal/kg MS) (Castillo, 2005). En el análisis realizado con el maíz ensilado se obtuvo el siguiente porcentaje: comercial (1.898 Mcal/kg MS), AN447 (1.896 Mcal/kg MS), AN388 (1.893 Mcal/kg MS), forrajero en experimentación (1.916 Mcal/kg MS).

De acuerdo con la comparación de la medias se puede observar que no existe diferencia significativa entre las líneas analizadas.

Cuadro N° 13. Porcentaje de Energía Neta Para Lactancia en maíz sin ensilar y ensilado.



SE: sin ensilar

CE: Con ensilado

La SDA (2004) al publicar su evaluación a distintas especies forrajeras incluyendo el maíz forrajero en su etapa de grano lechoso-masoso reporta un 1.5 Mcal/Kg MS de ENI valor que es muy bueno para producción de leche en nuestro país; sin embargo el análisis realizado en esta investigación rebasa al valor reportado anteriormente. Lo cual nos indica que el maíz puede ser utilizado en un establo lechero sin ningún problema ya que cuenta con los requerimientos de ENI.

Según Shimada (2003) y NRC (1978) al realizar una evaluación de maíz forrajero ensilado obtuvieron un 1.57 y 1.59 Mcal/kg MS el cual es considerablemente superado por los resultados obtenidos en el análisis químico realizado con los cuatro materiales de maíz en su estado natural y ensilado.

Finalmente en los cuadros N° 14,15 se concentran los datos obtenidos para cada una de las variables analizadas en forraje de maíz ensilado y sin ensilar.

Cuadro N° 14. resultados obtenidos en el análisis realizado con el maíz No ensilado o natural.

%	AN447		AN388		COMERCIAL		FORRAJERO EN EXPERIMENTACIÓN		EEM	F	P<0.05	
	SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE			M	FM
PC	11.24	8.16	9.22	6.5	9.88	8.88	12.21	9.41	0.23	0	0	0.542
EE	0.92	2.82	1.05	1.79	1.21	1.54	1.07	1.93	0.064	0.001	0	0
FC	26.34	30.38	23.46	27.05	24.34	28.16	26.42	26.37	1.39	0.665	0.193	0.241
ELN	49.09	50.05	54.75	55.57	56.1	55.25	54.84	53.83	1.433	0.004	0.723	0.25
C	12.41	8.73	9.13	9.12	7.65	8.14	8.77	8.45	0.29	0	0	0

PC: proteína cruda, EE: extracto etéreo, FC: fibra cruda, ELN: extracto libre de nitrógeno, C: cenizas

F: forraje, M: materia seca FM: interacción SE: sin ensilar CE: Con ensilado

Cuadro N° 15 Resultados obtenidos del análisis realizado con el maíz "NATURAL Y ENSILADO"

	AN447		AN388		COMERCIAL		FORRAJERO EN EXPERIMENTACIÓN	
	SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE
NDT	67.64	72.06	70.04	71.99	75.52	72.11	73.88	72.62
ED Mcal/kg MS	2.98	3.17	3.08	3.17	3.19	3.18	3.25	3.2
EM Mcal/kg MS	2.44	2.6	2.53	2.6	2.62	2.6	2.67	2.62
Enm Mcal/kg MS	1.435	1.494	1.466	1.492	1.5	1.494	1.519	1.501
Eng Mcal/kg MS	0.856	0.921	0.891	0.92	0.928	0.922	0.948	0.929
Enl Mcal/kg MS	1.733	1.896	1.822	1.893	1.913	1.898	1.964	1.916

NDT: nutrientes digestibles totales, ED: energía digestible, EM: energía metabolizable, Enm: energía neta para mantenimiento,

Eng: energía neta para ganancia, ENL: energía neta para lactancia, SE: sin ensilar, CE: Con ensilado

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de las evaluaciones realizadas en los diferentes genotipos de maíz tanto en su forma natural como ensilado, se concluye lo siguiente:

- El porcentaje de NDT se considera alto al tratarse de maíces forrajero éste fue de 67.64 a 75.52 % en el análisis realizado con el maíz en su estado natural y de 72.06 a 72.62 % en el maíz ensilado por lo cual se considera un contenido de nutrientes excelente. Siendo aun mejor el maíz ensilado.
- El contenido de ENm, ENg y ENi, fue similar entre los tratamientos analizados tanto en su forma natural como ensilado.
- El híbrido comercial y el AN388 presentan el contenido más alto de ELN, base fundamental de carbohidratos solubles el cual sirve como fuente de energía en la dieta de los animales. Siendo mas elevado el contenido de ELN en el maíz ensilado que en el maíz natural.
- El contenido de cenizas fue alto en todos los materiales evaluados siendo mas alto en el maíz natural que en el maíz ensilado. Lo cual se puede deber al contenido de minerales en el suelo.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis (16th Ed.) Association Official Analytical Chemists, Arlington, VA. Pp.16-18, 155-163.
- Ashbell, G., Pahlow, G., Dinter, B., and Weinberg, Z.G. 1987. Dynamics of orange peel fermentation during ensilage. *J. Appl. Bacteriol.* Pp. 275-279.
- Auerbach, H. 1996. Verfahrensgrundlagen zur Senkung des Risikos eines Befalls von Silagen mit *Penicillium roqueforti* und einer Kontamination mit Mykotoxinen dieses Schimmelpilzes. *Landbauforschung Volkenrode*, Sonderheft Pp.167-168.
- Auerbach, H., Oldenburg, E., and Weissbach, F. 1998. Incidence of *Penicillium roqueforti* and roquefortin C in silages. *J. Sci. Food Agr.*, Pp. 565-572.
- Barnett, A. J. G. 1957. Fermentación del ensilado. Editorial Aguilar. Madrid, España. Pp. 8.
- Besse, J. 1977. La alimentación del ganado. Segunda Edición . Editorial Mundi – prensa. Madrid, España. pp. 215-231.
- Cantú. B., J. E. 1985. Apuntes de cultivos forrajeros. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México. Pp. 6.
- Castillo S, Z, Y, 2005. Evaluación Química, Nutrientes Digestibles y Digestibilidad de la Materia Seca de tres híbridos y una variedad de maíz forrajero. Tesis de licenciatura, UAAAN, Saltillo, México. Pp. 33, 39.
- Castillo , N. Y, C. Arbola A., J. A. Jiménez, O.R. Becerra, A. P. Ortiz, 2004. Memorias XXXII Reunion Anual Asociación Mexicana de Producción Animal. Monterrey N. L. México. Pp. 188.

- Cato, E.P., George, W.L., and Finegold, S.M. 1986. The Genus *Clostridium*. Pp. 1141-1200.
- Centro Nacional de Desarrollo Municipal. 1999. Enciclopedia de los Municipios de México. Santiago Ixcuintla. Nayarit. Gobierno del Estado de Nayarit, México. Pp. 237-239.
- Crampton, E.W. y Harris , L.E. 1974. Nutrición Animal Aplicada. Segunda edición. Zaragoza, España.
- Christiansen, W.M, J. Eggleston, L.R. McDowell., J.H. Conrad., E.L. Harris. 1972. Latin American Tables of Feed Composition. Department of Animal Science Feed Composition Project. University of Florida . USA. pp 11
- Church D.C. y W.G. Pond. 1978. Basic animal nutrition and feeding. Fifth printing . Oxford Press. Portland, Oregon. Pp 85, 95- 96.
- Church D.C., G.E. Smith., J.P. Fontenot., and A.T. Ralston. 1974. Fisiología digestiva y Nutrición de los Rumiantes Vol. 2. Traducido por Francisco Castejon Calderón. Edit. Acribia Zaragoza, España. pp. 242-259.
- Church , J. 1982. Influence of population density and hybrid maturity on productivity and quality of forage maize. Can. Journal. Plant Sci. Pp. 427: 430.
- Church D.C. y W.G. Pond 1990. Fundamento de nutrición y alimentación de los animales. Primera edición. Primera reimpresión. Editorial Limusa, S.A. México, D.F. pp. 13, 17.
- Church, D.C., W.G. Pond., and K.R. Pond. 2002. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México D.F. pp 29,160-163 y 165,166.

- Claus, D., and Berkeley, R.C.W. 1986. The Genus *Bacillus*. Revista Pp. 25-29,
- Crampton, E.W. y L.E. Harris. 1974. Applied animal nutrition. Second Edition. Editorial W.H. Freeman and Company. pp. 72-76.
- Cruz, C.A. 1989. Análisis Químico y Digestibilidad "in Vitro" de 16 Variedades de Maíz (*Zea mays* L.) cultivados para forraje y ensilado. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista saltillo Coahuila, México. Pp.25-26.
- Delorit, R.J. y H.L. Ahlgren. 1983. Producción Agrícola. Editorial C.E.C.S.A. México. pp. 52, 645, 646, 653, 659, 660.
- Di Marco. O.N. y M.S. Aello. 2003. Calidad nutritiva de maíz para ensilaje. Unidad Integrada Balcarce (Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)-INTA EEA Balcarce). www.elsitioagricola.com
- Driehuis, F., and van Wixselaar, P.G. 1996. Effects of addition of formic, acetic or propionic acid to maize silage and low dry matter grass silage on the microbial flora and aerobic stability. Pp. 256-257.
- Donald, A.S., Fenlon, D.R., and Seddon, B. 1995. The relationships between ecophysiology, indigenous microflora and growth of *Listeria monocytogenes* in grass silage. *J. Appl. Bacteriol.*, Pp. 141-148.
- Ede, R. y Blood, T. F. 1970. Ensilado. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pp 18, 19, 20
- Ensminger, M. E. 1973. Manual del Ganadero. Editorial Librería el Ateneo, Buenos Aires. Argentina. Pp. 346, 393.
- Ensminger, M. E. 1975. Manual del Ganadero. Segunda Edición. Editorial el Ateneo. Buenos Aires. Argentina. Pp. 346, 350.

- Ensminger, M. E. 1980. Manual del Ganadero. Editorial el ateneo. Buenos Aires Argentina. Pp. 346, 350.
- Fenlon, D.R., Wilson, J., and Weddell, J.R. 1989. The relationship between spoilage and *Listeria monocytogenes* contamination in bagged and wrapped big bale silage. *Grass For. Sci.*, Pp. 97-100.
- Flores, M. J.A. 1990. Bromatología Animal. Tercera edición. Quinta reimpresión. Editorial Limusa, S.A. México. D.F. pp. 41, 42, 598, 599, 691.
- Frankel, M. A. 1984. Conservación de Forrajes. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina. Pp. 61.
- Frevel, H.-J, Engel, G, and Teuber, M. 1985. Schimmelpilze in Silage und Rohmilch. *Milchwissenschaft*, Vol II.Pp. 129-132.
- Gibson, J. 1965. Clostridia in silage. *J. Appl. Bacteriol.*, VOL. I. Pp. 56-62.
- Gibson, T., Stirling, A.C., Keddie, R.M., and Rosenberger, R.F. 1958. Bacteriological changes in silage made at controlled temperatures. *J. Gen. Microbiol.*, VOL. I. Pp 112-129.
- Goudkov, A.V., and Sharpe, M.E. 1965. Clostridia in dairying. *J. Appl. Bacteriol.*, Pp 63-73.
- Gross, F. 1969. Silos y ensilados. Trad. Del alemán por Dr. Jaime Esain .Escobar Editorial. Acribia. España. Pp. 11-13.
- Harris, L.E. , J.M. Asplund y E.W. Crampton. 1968. An International Feed Nomenclature and Methods for Summarizing and Using Feed Data to Calculate Diets. Bulletin 479. Agricultural Experimental Station. pp 26-28.

- Harris, L.E.. 1970. Nutrition Research Techniques for Domestic and Wild Animals. Vol I. An International Record System and Procedures for Analyzing Samples. Lorin E. Harris, Editor. Logan, Utah, U.S.A. Pp.375-376
- Henderson, A.R., McDonald, P., and Woolford, M.K. 1972. Chemical changes and losses during the ensilage of wilted grass treated with formic acid. J. Sci. Food. Agr., Pp. 1079-1087.
- Huchet, V., Thuault, D, and Bourgeois, C.M. 1995. Modelisation des effets du pH, de l'acide lactique, du glycerol et du NaCl sur la croissance des cellules vegetatives de *Clostridium tyrobutyricum* en milieu de culture. Pp. 585-593.
- Hughes, H.D, M.E. Heat y D.S. Metcalfe. 1976. Forrajes. Segunda traducción al español por el Ing. J. L. de la Loma. Editorial C.E.C.S.A. México. pp. 678, 740-741.
- Hughes H. D; Heat, M. E. y Metcalfe, D. S. 1985. Forrajes. Décima Impresión. Editorial C.E.C.S.A México . pp. 59, 65, 66, 583, 584, 586.
- Jones, D., and Seeliger, H.P.R. 1992. The genus *Listeria*. Bolletin. Pp. 1595-1616.
- Jonsson, A., and Pahlow, G. 1984. Systematic classification and biochemical characterization of yeasts growing in grass silage inoculated with *Lactobacillus* cultures. *Anim. Res. Develop.*, Pp.7-22.
- Jonsson, A., Lindberg, H., Sundas, S., Lingvall, P., and Lindgren, S. 1990. Effect of additives on quality of big-bale silage. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Pp.139-155.
- Juscafresa, B. 1983. Forrajes: Fertilización y valor nutritivo. Segunda edición. Editorial AEDOS. Barcelona, España. Pp. 9, 85, 86, 169.

- Jugenheimer, R.W. 1985. Maíz: variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Primera edición. Editorial Limusa, S.A. México, D.F. Pp 68-68
- Kehler, W., and Scholz, H. 1996. Botulismus des Rindes. *Übersichten zur Tierernährung*, Pp. 83-91.
- Klijn, N., Nieuwenhof, F.F.J., Hoolwerf, J.D., van der Waals, C.B., and Weerkamp, A.H. 1995. Identification of *Clostridium tyrobutyricum* as the causative agent of late blowing in cheese by species-specific PCR amplification. *Appl. Environ. Microbiol.*, Pp 2919-2924.
- Kleter, G., Lammers, W.L., and Vos, A.E. 1982. The influence of pH and concentration of lactic acid and NaCl on the growth of *Clostridium tyrobutyricum* in whey and cheese 1. Experiments in whey. *Neth. Milk Dairy J.*, Pp. 79-87.
- Kleter, G., Lammers, W.L., and Vos, A.E. 1984. The influence of pH and concentration of lactic acid and NaCl on the growth of *Clostridium tyrobutyricum* in whey and cheese 2. Experiments in cheese. *Neth. Milk Dairy J.*, Pp. 31-41.
- Labots, H., Hup, G., and Galesloot, Th.E. 1965. *Bacillus cereus* in raw and pasteurized milk. III. The contamination of raw milk with *B. cereus* spores during its production. *Neth. Milk Dairy J.*, VOL III. Pp. 191-221.
- Lacey, J. 1989. Pre- and post-harvest ecology of fungi causing spoilage of foods and other stored products. *J. Appl. Bacteriol.*, VOL. IV. Pp 11-25.
- Lindgren, S., Petterson, K., Kaspersson, A., Jonsson, A., and Lingvall, P. 1985. Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. *J. Sci. Food Agr.*, VOL. VII. pp 765-774.

- Lofgreen, G.P. and W.N. Garrett. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Animal Sci.* VOL. III. pp 793-806.
- Martínez S/F. comunicación personal.
- May, J.J. 1993. Respiratory problems associated with work in silos. *Bolletín.* # 7 Pp. 283-290.
- Middelhoven, W.J., and van Baalen, A.H.M. 1988. Development of the yeast flora of whole-crop maize during ensiling and subsequent aerobiosis. *J. Sci. Food Agr.*,VOL. IV. Pp199-207.
- Mora, B.I. 2002. *Nutrición Animal. Segunda reimpresión.* Editorial EUNED. San José Costa Rica. pp. 22-24.
- Moran, J.P., Pullar, D., and Owen, T.R. 1993. The development of a novel bacterial inoculant to reduce mould spoilage and improve the silage fermentation in big bale silage. p. 85-86,
- Morrison , F. B. 1965. *compendio de alimentación del ganado.* Editorial Hispano Americana de México D. F. Pp. 232
- McDonald, P., Henderson, A.R., and Heron, S.J.E. 1991. *The Biochemistry of Silage.* 2nd ed. Marlow, UK: Chalcombe Publications. Pp.208-210.
- McDonald, E., R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh and C.A. Morgan 1995. *Nutrición animal.* 5ta. Ed. Acribia. Pp. 205-263.
- McPherson, H.T., and Violante, P. 1966. Ornithine, putrescine and cadaverine in farm silages. *J. Sci. Food Agr.*, pp 124-127.

- Mendoza, H., J. M. 1983 Diagnóstico climatológico para la zona de influencia inmediata de la UAAAN. Departamento de Agro-Meteorología, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 1-5.
- Moe, P.W. and W.P. Flatt. 1969. Net energy value of feedstuffs for lactation. J.Dairy Sci. pp. 928.
- Moore, I. 1968. Ensilado y henificado. Editorial Librería General. Zaragoza España. Pp. 9-11.
- Morrison , F. B. 1977. Compendio de alimentación del ganado. Editorial U. T. E. H. A México, D. F. pp. 220-223.
- Nahara, F. 2004. Uso de Alimentos alternativos en feedlot (Segunda Parte) . Artículo. www.engormix.com
- NRC, 1968. Nutrient Requirements of sheep. Fourth revised edition. Washington D. C. Pp. 34..
- NRC, 1978. Nutrient Requirements of dairy cattle. Fifth revised edition, Washington. D. C. Pp. 234-236
- NRC, 2003. Nutrient Requirements of dairy cattle. Seventh revised edition, Washington. D. C. Pp. 268-270.
- Nout, M.J.R., Bouwmeester, H.M., Haaksma, J., and van Dijk, H. 1993. Fungal growth in silages of sugar beet press pulp and maize. *J. Agr. Sci.*, pp 323-326.
- Oldenberg, E. 1991. Mycotoxins in conserved forage., *in: Forage conservation towards 2000*. Proc. European Grassland Federation Conference. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Volkenrode. *Landbauforschung Volkenrode Sonderheft*, No.123. pp. 191-205

- Oude Elferink, S.J.W.H., Driehuis, F., Krooneman, J., Gottschal, J.C., and Spoelstra. 1999. *Lactobacillus buchneri* can improve the aerobic stability of silage via a novel fermentation pathway, the anaerobic degradation of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol. p. 266-267,
- O'Kiely, P., Turley, T., and Rogers, P.A.M. 1999. Exposure of calves to nitrogen dioxide in silage gas. Vet. Rec., Pp 352-353.
- Peñagaricano, A.J., W. Arias y J.N. Llana. (sin fecha). El ensilaje. Ed. Hemisferio sur. Montevideo Uruguay Pp. 44,84,88,89,91.
- Pérez. D. M. 1982. Manual sobre ganado productor de leche. primera edición. Editorial Diana. México. pp. 85,87.
- Reaves, M.P. y C.W. Pegram. 1974. El Ganado Lechero y las Industrias Lácteas en la Granja. Traducido del inglés por A. Sánchez. 1era Edición. Ed. Limusa, S.A. México Pp 222-223.
- Reyes, C.P. 1990. El maíz y su cultivo. A.G.T. Editor. México, D.F. pp. 27-28.
- S.D.A, 2004. Alternativas Forrajeras para Guanajuato. Artículo. Secretaria de Desarrollo Agropecuario. Gobierno del Estado de Guanajuato. www.guanajuato.gob.mx
- Shimada M, A, 2003. Nutrición animal. Primera Edición. Editorial Trillas, México. Pp. 48,49, 54.
- Semple, T. A. 1974. Avances de pastas cultivadas y naturales. Primera Edición. Editorial Hemisferio sur. Buenos Aires, argentina. Pp 90.

Watson , J.S. y Smith, A.M. 1977. El ensilaje. Primera edición. Sexta reimpresión. Editorial Continental. México. S. A. pp. 25, 26 129, 133, 143.

APÉNDICE

TABLA DE DATOS

VARIABLE: POTEINA CRUDA

REPETICIONES			
A	B	1	2
1	1	5.5100	5.7100
1	2	9.5400	8.8900
2	1	7.6000	6.7000
2	2	11.4900	11.0000
3	1	8.0600	8.1400
3	2	12.1900	12.2300
4	1	6.2000	6.3300
4	2	9.6800	10.0700

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	3	17.675171	5.891724	55.7977	0.000
FACTOR B	1	59.444092	59.444092	562.9665	0.000
INTERACCION	3	0.245117	0.081706	0.7738	0.542
ERROR	8	0.844727	0.105591		
TOTAL	15	78.209106			

C.V. = 3.73%

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A

FACTOR A	MEDIA
1	7.412500
2	9.197500
3	10.155000
4	8.070000

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

FACTOR B	MEDIA
1	6.781250
2	10.636250

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB
FACTOR B

FACTOR A	1	2	MEDIA
1	5.6100	9.2150	7.4125
2	7.1500	11.2450	9.1975
3	8.1000	12.2100	10.1550
4	6.2650	9.8750	8.0700
MEDIA	6.7813	10.6362	8.7087

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
3	10.1550 A
2	9.1975 B
4	8.0700 C
1	7.4125 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.7360

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 4.53 \quad q(0.01) = 6.20$$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
2	10.6362 A
1	6.7813 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.3745

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.26 \quad q(0.01) = 4.74$$

VARIABLE: FIBRA CRUDA

REPETICIONES

A	B	1	2
1	1	23.1750	23.2700
1	2	21.7800	26.9000
2	1	25.3050	23.0300
2	2	27.5400	25.1300
3	1	23.1100	23.4220
3	2	28.4900	26.5000
4	1	25.9450	25.3361
4	2	25.9400	21.4500

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	3	6.368164	2.122721	0.5496	0.665
FACTOR B	1	7.750977	7.750977	2.0068	0.193
INTERACCION	3	19.865234	6.621745	1.7145	0.241
ERROR	8	30.898438	3.862305		
TOTAL	15	64.882813			

C.V. = 7.93%

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A

FACTOR A	MEDIA
1	23.781250
2	25.251249
3	25.380501
4	24.667774

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

FACTOR B	MEDIA
1	24.074137
2	25.466249

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR B

FACTOR A	1	2	MEDIA
1	23.2225	24.3400	23.7813
2	24.1675	26.3350	25.2512
3	23.2660	27.4950	25.3805
4	25.6405	23.6950	24.6678
MEDIA	24.0741	25.4662	24.7702

VARIABLE: CENIZAS

REPETICIONES

A	B	1	2
1	1	7.8000	8.3500
1	2	9.2700	9.0000
2	1	7.4800	7.5600
2	2	13.1400	11.6800
3	1	7.2800	7.2100
3	2	7.7700	7.5300
4	1	7.3800	7.2550
4	2	8.6700	8.8600

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	3	13.898682	4.632894	28.2045	0.000
FACTOR B	1	15.219971	5.219971	92.6573	0.000
INTERACCION	3	12.074951	4.024984	24.5036	0.000
ERROR	8	1.314087	0.164261		
TOTAL	15	42.507690			

C.V. = 4.76%

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A

FACTOR A	MEDIA
1	8.605000
2	9.965000
3	7.447500
4	8.041250

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

FACTOR B	MEDIA
1	7.539375
2	9.490000

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR B

FACTOR A	1	2	MEDIA
1	8.0750	9.1350	8.6050
2	7.5200	12.4100	9.9650
3	7.2450	7.6500	7.4475
4	7.3175	8.7650	8.0413
MEDIA	7.5394	9.4900	8.5147

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
2	9.9650 A
1	8.6050 B
4	8.0413 BC
3	7.4475 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.9180

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 4.53$ $q(0.01) = 6.20$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
2	9.4900 A
1	7.5394 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.4671

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.26$ $q(0.01) = 4.74$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 1 DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
2	9.1350 A
1	8.0750 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.9343

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.26 \quad q(0.01) = 4.74$$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 2 DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
2	12.4100 A
1	7.5200 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.9343

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.26 \quad q(0.01) = 4.74$$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 3 DEL FACTOR

TRATAMIENTO	MEDIA
2	7.6500 A
1	7.2450 A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.9343

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.26 \quad q(0.01) = 4.74$$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 3 DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
2	7.6500 A
1	7.2450 A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.9343

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.26 \quad q(0.01) = 4.74$$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 3 DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
2	7.6500 A
1	7.2450 A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.9343

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.26$ $q(0.01) = 4.74$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 4 DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
2	8.7650 A
1	7.3175 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.9343

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.26$ $q(0.01) = 4.74$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 1 DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
1	8.0750 A
2	7.5200 A
4	7.3175 A
3	7.2450 A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.2982

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 4.53$ $q(0.01) = 6.20$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 2 DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
2	12.4100 A

1	9.1350 B
4	8.7650 BC
3	7.6500 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.2982

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 4.53$ $q(0.01) = 6.20$

**VARIABLE: EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO
REPETICIONES**

A	B	1	2
1	1	55.5694	55.5713
1	2	58.2600	53.9300
2	1	51.4349	48.6624
2	2	46.9500	51.2400
3	1	55.7034	54.8140
3	2	55.7500	59.9500
4	1	53.6929	53.9693
4	2	49.4200	50.9700

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	3	129.648438	43.216145	10.5165	0.004
FACTOR B	1	0.550781	0.550781	0.1340	0.723
INTERACCION	3	20.566406	6.855469	1.6683	0.250
ERROR	8	32.875000	4.109375		
TOTAL	15	183.640625			

C.V. = 3.79%

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A

FACTOR A	MEDIA
1	55.832672
2	49.571827
3	56.554348
4	52.013050

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

FACTOR B	MEDIA
1	53.677200

2	53.308754
---	-----------

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR B

FACTOR A	1	2	MEDIA
1	55.5704	56.0950	55.8327
2	50.0486	49.0950	49.5718
3	55.2587	57.8500	56.5543
4	53.8311	50.1950	52.0131
MEDIA	53.6772	53.3088	53.4930

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
3	56.5543 A
1	55.8327 A
4	52.0131 AB
2	49.5718 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 4.5915

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 4.53$ $q(0.01) = 6.20$

VARIABLE: EXTRACTO ETÉREO

REPETICIONES

A	B	1	2
1	1	1.5625	1.4325
1	2	1.1400	1.2800
2	1	2.5200	2.4225
2	2	0.8700	0.9600
3	1	1.6600	1.6650
3	2	1.2200	1.4400
4	1	1.4350	1.3800
4	2	0.8500	1.0100

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	3	0.590694	0.196898	24.0213	0.001
FACTOR B	1	1.760597	1.760597	214.7900	0.000
INTERACCION	3	1.082535	0.360845	44.0225	0.000
ERROR	8	0.065575	0.008197		
TOTAL	15	3.499401			

C.V. = 6.34%

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A

FACTOR A	MEDIA
1	1.353750
2	1.693125
3	1.496250
4	1.168750

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

FACTOR B	MEDIA
1	1.759687
2	1.096250

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB FACTOR B

FACTOR A	1	2	MEDIA
1	1.4975	1.2100	1.3537
2	2.4713	0.9150	1.6931
3	1.6625	1.3300	1.4963
4	1.4075	0.9300	1.1688
MEDIA	1.7597	1.0962	1.4280

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
2	1.6931 A
3	1.4963 AB
1	1.3537 BC
4	1.1688 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.2051

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 4.53$ $q(0.01) = 6.20$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
1	1.7597 A
2	1.0962 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.1044

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.26 \quad q(0.01) = 4.74$$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 1 DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
1	1.4975 A
2	1.2100 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.2087

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.26 \quad q(0.01) = 4.74$$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 2 DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
1	2.4713 A
2	0.9150 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.2087

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.26 \quad q(0.01) = 4.74$$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 3 DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
1	1.6625 A
2	1.3300 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.2087

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.26 \quad q(0.01) = 4.74$$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 3 DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
1	1.6625 A
2	1.3300 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.2087

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.26 \quad q(0.01) = 4.74$$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 4 DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
1	1.4075 A
2	0.9300 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.2087

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.26 \quad q(0.01) = 4.74$$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 1 DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
2	2.4713 A
3	1.6625 B
1	1.4975 B
4	1.4075 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.2900

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 4.53 \quad q(0.01) = 6.20$$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 2 DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
3	1.3300 A
1	1.2100 AB
4	0.9300 BC
2	0.9150 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.2900

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 4.53$ $q(0.01) = 6.20$

VARIABLE: MATERIA SECA TOTAL

REPETICIONES

A	B	1	2
1	1	85.6500	86.1500
1	2	95.9000	97.3700
2	1	88.3450	86.8150
2	2	98.8200	97.1500
3	1	88.7500	89.0900
3	2	97.8200	98.0500
4	1	87.1150	86.1050
4	2	95.6200	94.6400

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	3	17.734375	5.911458	9.7634	0.005
FACTOR B	1	373.937500	373.937500	617.6000	0.000
INTERACCION	3	3.421875	1.140625	1.8839	0.210
ERROR	8	4.843750	0.605469		
TOTAL	15	399.937500			

C.V. = 0.84%

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A

FACTOR A	MEDIA
1	91.267502
2	92.782501
3	93.427505
4	90.869995

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

FACTOR B	MEDIA
1	87.252502
2	96.921249

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR B

FACTOR A	1	2	MEDIA
1	85.9000	96.6350	91.2675
2	87.5800	97.9850	92.7825
3	88.9200	97.9350	93.4275
4	86.6100	95.1300	90.8700
MEDIA	87.2525	96.9212	92.0869

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A

TRATAMIENTO	MEDIA
3	93.4275 A
2	92.7825 AB
1	91.2675 BC
4	90.8700 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.7624

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 4.53 \quad q(0.01) = 6.20$$

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B

TRATAMIENTO	MEDIA
2	96.9212 A
1	87.2525 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.896

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.26 \quad q(0.01) = 4.74$$

