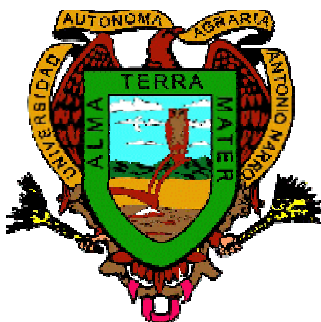


*Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"*

*División de Ciencia Animal*



*Evaluación química, nutrientes digestibles y digestibilidad de la materia  
seca de tres híbridos y una variedad de maíz forrajero*

*Por :*

*ZOILA JANETTE CASTILLO SÁNCHEZ*

*T E S I S*

*Presentada como requisito parcial para obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo Zootecnista*

*Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Abril del 2005*

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**

División de Ciencia Animal  
Departamento de Nutrición y Alimentos

Evaluación química, nutrientes digestibles y digestibilidad de la materia  
seca de tres híbridos y una variedad de maíz forrajero

Por:

**ZOILA JANETTE CASTILLO SANCHEZ**

**T E S I S**

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito  
parcial para obtener el título de :

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Comité particular

---

DR. RAMÓN F. GARCÍA CASTILLO  
PRESIDENTE DEL JURADO

---

MC. M. CRISTINA VEGA SÁNCHEZ  
SINODAL

---

ING. REGINO MORONEZ REZA  
SINODAL

---

DR. RAMÓN F. GARCÍA CASTILLO  
COORDINADOR DE LA DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Abril del 2005

## **DEDICATORIAS**

### ***A el Ser mas Grande..... a Nuestro Señor :***

*Por darme la fortaleza necesaria, la capacidad intelectual y la humildad para superar los obstáculos y verlos más como estímulos que como adversidades para saborear mis logros que me ayudan a servirlo a él y poder ser útil para la sociedad.*

### ***Con mi más grande amor y respeto:***

*A mi padre que me mira desde el cielo y que me cuida durante todo este tiempo....Gumersindo Zarate Morales (Q.E.P.D.)..... en tu memoria;*

*A la mujer más maravillosa y valiente del universo....MI MADRE: Sra. Ma. Mel. Julia Sánchez Trejo que con sus palabras y sus enseñanzas ha sido la culpable de mi formación, gracias por tus esfuerzos y sufrimientos preciosa;.....*

### ***A mis hermanos:***

*Laura A. Castillo Sánchez y José Adrián Zarate Sánchez que siempre me impulsaron con sus comentarios a superarme más como persona y como mujer ....LOS QUIERO; mil gracias hermanitos.....*

### ***A mis viejitos :***

*José Sánchez Martínez y Albertina Trejo Miranda por darme toda la confianza para realizar mis sueños y estimular mi vuelo para crecer como ser humano.....*

***A mis tios (as) y familia:***

*Gracias por fortalecer el vinculo tan maravilloso de mi familia que no cambiaria por ninguna otra ..... gracias por darme las ganas de regresar a mi hogar por ser una familia tan especial .....LOS QUIERO MUCHO A TODOSiiii*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A el Dr. Ramón F. García Castillo que me asesoro principalmente en la realización de este trabajo, pero sobre todo por su amistad incondicional que siempre me brindo desde el primer día que lo conocí, por haber sido una parte importante en mi formación y mi gusto por la Nutrición Animal..... Gracias Dr.¡*

*A la MC. Cristina Vega y el Ing. Raymundo Cuellar por la atención prestada durante la realización del trabajo y la revisión del mismo y al Ing. Regino Morones Reza por el apoyo en el estadístico y obtención de los resultados.*

*Al Ing. Raúl Gándara Huitrón por su colaboración en el trabajo de campo.*

*A mi maito Carlos del Laboratorio de Nutrición Animal que me apoyo incondicionalmente y en todo momento durante el proceso de laboratorio de este trabajo .*

*A mis maestros Ing. Torres, Mc. Laurita Padilla, Ing. Charua, Ing. Lorenzo Castro, Mc. Eduardo García, Mc. Camelia Cruz, Dr. Ramiro López, Dr. Miguel Mellado, Ing. Humberto Morales, que contribuyeron en mi formación profesional y humana durante toda mi estancia en la Narro.*

*A un hombre muy importante que me enseñó que la verdadera felicidad existe y radica en hacer feliz a alguien más.... a ti Rafael Trejo Hernández gracias compartir un sentimiento tan hermoso, por tus consejos y tus enseñanzas..... Te amo¡*

*A una personita muy especial Ana Lilia Salazar González (comadre) que compartió durante 5 años una amistad tan sincera y verdadera, no lo hubiera logrado sola amiga .....Te quiero;*

*A mis compañeros y amigos de generación Miguel V., Antonio (Frijolito) Jaime, Chirino, Eduardo, Mario, Enrique, Christian, Raúl, Juan, Hernán, Rodolfo, María, Eder (compadre), Daniel (carnal), y Teresa por ser parte de esta maravillosa etapa de mi vida.....*

*Gracias a Sergio (Peque), Cesar y Kurt por su amistad y cariño durante el tiempo que compartimos juntos .....*

*Al MVZ. Juan Manuel Tatay por su sincera amistad y compañía incondicional durante estos meses.....*

*A los miembros activos de la “jardinera” que me ayudaron a tomar este tiempo sonriendo y que me aceptaron en este lugar durante toda la carrera*

*A mi “Alma Terra Mater”..... que me abrigó durante 5 años, brindándome apoyo y servicio para lograr mi objetivo y alcanzar uno de mis sueños anhelados.*

## INDICE DE CONTENIDO

|  | PAGINAS |
|--|---------|
| <b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....   | I       |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....   | II      |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....  | 1       |
| Objetivo general.....  | 2       |
| Objetivos específicos.....   | 2       |
| <b>REVISION DE LITERATURA</b> .....  | 3       |
| Concepto de forraje.....   | 3       |
| Clasificación de los alimentos.....  | 4       |
| Maíz ( <i>Zea mays L.</i> ).....   | 5       |
| Maíz forrajero.....  | 6       |
| Híbrido AN-447.....  | 7       |
| Híbrido AN-388 (semienano).....  | 10      |
| Maíz como forraje.....   | 11      |
| Época de cosecha del maíz.....   | 12      |
| Factores que influyen sobre la calidad y el valor nutritivo del maíz forrajero.....  | 12      |
| Composición química del maíz forrajero.....  | 13      |
| Concepto de digestibilidad.....  | 14      |
| Métodos especiales para determinar la digestibilidad.....                            | 15      |
| Contenido energético de los alimentos y distribución de la energía en el animal..... | 16      |
| La demanda de energía.....   | 17      |
| El aporte de energía y las expresiones energéticas.....                              | 18      |

|   |           |
|---|-----------|
| Energía Digestible.....   | 18        |
| Energía Metabolizable.....  | 18        |
| Nutrientes Digestibles Totales (NDT).....                               | 19        |
| Energía Neta (mantenimiento, ganancia y lactancia).....                 | 19        |
| <b>MATERIALES Y METODOS.....</b>  | <b>20</b> |
| Ubicación del área experimental.....                                    | 20        |
| Área de siembra.....  | 21        |
| Tratamientos.....   | 22        |
| Material a evaluar.....   | 23        |
| Análisis químico.....   | 24        |
| Análisis estadístico.....   | 25        |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>                                      | <b>27</b> |
| Producción de forraje en base a materia verde (Ton/Ha).....             | 27        |
| Producción de forraje en base a materia seca (Ton/Ha).....              | 27        |
| Proteína Cruda (PC).....  | 28        |
| Extracto Etéreo (EE).....   | 29        |
| Fibra Cruda (FC).....   | 30        |
| Extracto Libre de Nitrógeno (ELN).....                                  | 31        |
| Cenizas (C.....   | 32        |
| Nutrientes digestibles totales (%NDT).....                              | 33        |
| Energía Digestible (ED Mcal/kg MS).....                                 | 34        |
| Energía Metabolizable (EM Mcal/kg MS).....                              | 35        |
| Energía Neta para mantenimiento (ENm Mcal/kg MS).....                   | 36        |
| Energía Neta para ganancia (ENg Mcal/kg MS).....                        | 36        |
| Energía Neta para Lactancia (ENI Mcal/kg MS).....                       | 36        |
| Digestibilidad <i>in vitro</i> de la Materia Seca ( <i>DIV</i> MS)..... | 37        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>41</b> |
| <b>LITERATURA CITADA.....</b>   | <b>42</b> |
| <b>APÉNDICE.....</b>  | <b>50</b> |



## INDICE DE CUADROS

|   | PAGINAS |
|---|---------|
| Cuadro 1. Composición proximal de maíz forrajero.....   | 14      |
| Cuadro 2. Análisis físico-químico del suelo.....  | 21      |
| Cuadro 3. Material Genético Evaluado.....   | 24      |
| Cuadro 4. Producción de Forraje de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio.....           | 28      |
| Cuadro 5. Composición química de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio .....            | 32      |
| Cuadro 6. Contenido energético de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio .....           | 38      |
| Cuadro 7. Digestibilidad <i>in vitro</i> de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio ..... | 41      |
| Cuadro 8. Análisis de Varianza de Producción de Forraje Materia Seca (Ton/Ha).....  | 49      |

Cuadro 9. Análisis de Varianza de la Composición química de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio ..... 49

Cuadro 10. Análisis de Varianza del Contenido Energético de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio .....50

Cuadro 11. Análisis de Varianza de la Digestibilidad *in vitro* de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio .....50

I

## INDICE DE FIGURAS

PAGINA

Figura 1. Distribución de la energía de los alimentos en el animal.....18

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo agrícola forrajero es una alternativa económica y de vital interés para México, por ser la base de la alimentación del ganado. 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. Pero los requerimientos nutricionales de las especies en producción no se satisfacen porque estos ingredientes no son de buena calidad. Lo que trae como consecuencia que los animales tarden más tiempo para llegar a peso de mercado y los destinados a producir leche no reciban los requerimientos para mejorar la producción.

Semillas de grano forrajero (maíz) mejoradas las cuales poseen gran potencial genético, productivo y nutrimental; cultivadas y utilizadas para la producción de forraje,

serían la posibilidad de 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 en el Instituto Mexicano del Maíz (IMM) de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, entre sus investigaciones, se realizan estudios para la obtención de semilla mejorada para la producción de forraje. Y así satisfacer la necesidad de forraje requerido para una excelente nutrición, alimentación y producción de los animales de granja.

**Por lo que la justificación del presente trabajo es la de ofrecer al productor agrícola y ganadero una variedad de maíz con potencial de producción y una calidad nutrimental energética y un mejor aprovechamiento de sus nutrimentos.**

**La hipótesis de la investigación es:**

**Ho.- Al menos uno de los materiales, reúne características favorables para ser utilizados en la alimentación animal .**

**Ha.- Ninguno de los materiales reúne características favorables para ser utilizados en la alimentación animal.**

**Por lo anterior en la presente investigación se planteó el siguiente objetivo:**

***Objetivo General:***

**Evaluar la calidad nutrimental de tres híbridos y una variedad forrajera; dos híbridos del IMM, los comerciales (AN-447 y AN-388) y una variedad experimental forrajera y el híbrido P30G54 de la compañía Pioneer.**

***Objetivos Específicos:***

**a) Determinar el contenido de materia seca (MS, Ton/Ha), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), cenizas (C) y extracto libre de Nitrógeno (ELN).**

b) Estimar el contenido energético: nutrientes digestibles totales (NDT), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM), energía neta para mantenimiento (ENm), energía neta para ganancia (ENg), energía neta de lactancia (ENl).

c) Realizar la digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (MS).

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### Concepto de forraje

**Los forrajes son el material vegetativo con el cual se alimenta al ganado, incluye pasturas, heno, ensilaje y especies de raíces forrajeras, que no pueden ser utilizadas en esta forma para la alimentación humana (SEP, 1991) coincidiendo con Huss y Aguirre (1979) que lo definen como cualquier parte comestible no dañina, de una planta que tiene valor nutritivo y que es disponible para los animales en pastoreo, heno, ensilaje y alimentos verdes. Este puede suministrarse por el pastoreo directo o cosechado por el hombre y puesto en el pesebre .**

**Forraje también puede ser definido, como aquellos alimentos voluminosos y a la inversa de los concentrados, los forrajes tienen gran cantidad de fibra y su valor nutritivo es bajo. Como representantes de este grupo pueden mencionar el ensilado, henificado, pastos y rastrojos (Williams, 1976).**

**Según Church y Pond (1990) los forrajes son alimentos naturales para todos los animales herbívoros que existen bajo condiciones naturales y proporcionan la mayor porción de su dieta durante la mayor parte del año o durante todo el año. Así en términos ganaderos para Crampton y Harris (1974) un forraje o alimento grosero suele considerarse como un producto herbáceo, tal como heno, ensilado, pastizal, etc.**

**Hughes *et al.*, (1976) definen forraje como el alimento vegetal para los animales domésticos, generalmente este termino se refiere a los materiales como los pastos, el heno, los alimentos verdes y el ensilaje, así mismo se entiende por ensilaje al forraje conservado en estado succulento, mediante una fermentación parcial.**

### **Clasificación de los alimentos**

Harris *et al.*, (1968) señalan la siguiente clasificación de acuerdo a los estatutos de la National Research Council (NRC):

#### **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  
Piense, 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 o de carne y hueso 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

Maíz ( *Zea mays* ) L.

**El maíz se usa como alimento pecuario de diferentes maneras; para obtención de grano, para ensilaje, alimentos de cerdos, pastoreo y forraje (Jugenhirmer, 1981) es probablemente el material orgánico más barato y puro de la agricultura americana, disponible para uso industrial.**

**Inchausti y Tagle (1967) señalan que el maíz, además de ser un cultivo de bajo costo, es un alimento que proporciona un gran rendimiento energético, pero debido a que es pobre en proteínas no es muy recomendable para acelerar el desarrollo del ganado, es una buena fuente de carbohidratos y ayuda a formar las reservas de grasa del animal.**

**El maíz es uno de los mejores cultivos para ensilar ya que reúne las mejores condiciones de valor nutritivo, como, un alto contenido de azúcares y alto rendimientos por hectárea (Peñagariano *et al.*, SF), además su riqueza en carbohidratos y materia seca, constituye un conjunto de condiciones favorables que permiten obtener excelentes ensilados (Watson y Smith, 1963).**



**El maíz es sembrado en casi todas las granjas lecheras y debe incluirse en la dieta de las vacas lecheras, no solo es muy apetecible y digestible para los animales, sino que proporciona una gran cantidad de principios nutritivos (Henderson, 1950)., tiene un bajo contenido de fibra, es rico en carbohidratos y aceites; y es el mas apetecible de los cereales, su valor forrajero es inigualable para la engorda de cerdos, de vacunos de carne, corderos; se usa ampliamente en raciones para ganado lechero, formando con gran frecuencia una parte sustancial de la mezcla de concentrado (Delorit y Ahlgreen, 1983) .**

### **Maíz forrajero**

**El maíz como cultivo forrajero comprende el forraje verde, el rastrojo y el ensilaje. El “forraje verde” está constituido por la planta completa fresca o curada, el rastrojo comprende la planta seca del maíz sin mazorca. En muchas regiones se corta la planta completa cuando está verde y se da a los animales, o se seca previamente en hacinas; cuando la planta de maíz se corta adecuadamente, se corta en trozos pequeños (1 ó 2 cm) y se almacena, es ideal para el ensilaje, Jugenheimer (1981) .**

**Feirey (1980) trabajando con localidades y madurez de la planta y la importancia del grano y el rastrojo para calidad forrajera, reportó que el rendimiento en grano no es un buen parámetro para predecir el rendimiento en producción de forraje. Sugiere la selección de híbridos para la producción de forraje, y separar la selección de híbridos para la producción de granos y así evaluar por separado las características de una variedad de forraje; para la selección (Fairey, 1982) de genotipos de maíz apropiados para la producción de forraje debe basarse en los resultados de digestibilidad *in vitro* de la planta y el rendimiento de materia seca.**

Rodríguez (1985) determinó que los caracteres más estrechamente relacionados con el rendimiento final del forraje fueron: altura de la planta, altura de la mazorca y número de hojas; en menor escala días a floración masculina y femenina y mazorcas por 100 plantas. Este último se recomienda como la primera importancia en la selección, ya que es determinante en la calidad nutritiva; otros autores Roth *et al.*, (1970) consideran que existe variabilidad genética factible de explorarse en los caracteres : peso total por planta, relación mazorca- follaje, digestibilidad de materia seca *in vitro*, la proteína cruda, constituyentes de la pared celular, fibras y lignina; dichos caracteres son los mas importantes para determinar la calidad de forraje de maíz; también encontraron que la digestibilidad de la materia seca *in vitro* muestra una correlación significativa con el contenido de lignina ( $r = -.097$ ).

Híbrido triple AN-447 (IMM, 2004)

Con este híbrido se obtiene un alto porcentaje de cuateo en mazorca, un buen rendimiento de grano, y es excelente para la industria alimenticia, lo que facilita su comercialización.

### Adaptación

Tiene una adaptación muy amplia, particularmente en alturas de 1100 y 1900 msnm Evaluaciones técnicas, así como resultados obtenidos por los mismos agricultores han demostrado que se adapta con éxito a entidades como Aguascalientes, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, San Luis

**Potosí y Zacatecas. Aunque también se han obtenido muy buenos resultados en Nayarit y Sinaloa.**

***Características agronómicas***

**Tipo de híbrido: Triple**

**Tipo de grano: blanco, semidentado**

**Forma de mazorca: cilíndrica**

**Tamaño de mazorca: grande**

**Altura de planta: promedio 2.8 m (2.5 a 3.10 m)**

**Altura de mazorca: promedio 1.3 m (1.2 a 1.5 m)**

**Ciclo vegetativo: para silo (100-115 días)**

**Floración masculina: 85 a 90 días**

**Días a cosecha (de grano): 140 a 150**

**Tipo de hoja: verde claro**

**Acame: resistente**

**Cobertura de mazorca: buena**

**Resistente a enfermedades**

**Recomendaciones de siembra**

**• *Preparación de suelo***

**Barbechar a una profundidad de 30 a 40 cm y dar uno o dos pasos de rastra hasta obtener una cama mullida. Si es necesario, se nivela el terreno, lo cual facilita el desarrollo adecuado de las plantas, además las labores de cultivo posteriores a la siembra.**

**• *Fertilización***

**El rendimiento potencial del AN-447 justifica la aplicación de mayor cantidad de nutrientes, asociada a condiciones adecuadas de humedad y tipo de suelo, aunque en general se recomienda aplicar la formula 260-100-00 en riego, y 120-40-00 en temporal.**

La mitad del Nitrógeno y todo el Fósforo se debe aplicar al momento de la siembra y el complemento 30 a 40 días después de la siembra, o antes del riego de auxilio, según sea el caso.

Si en algunos casos es necesario utilizar Potasio, se agregan 40 unidades por hectárea al momento de la siembra.

- *Riegos*

El número de riegos depende de las condiciones de siembra (riego o punta de riego), las condiciones del clima, la disponibilidad de agua y tipo de suelo. En todo caso, se debe procurar mantener buena humedad y no castigar a las plantas durante la floración y el llenado de grano. En general, en siembras bajo riego, tempranas o en ciclos de otoño-invierno, se requieren, además del riego de siembra, cuatro riegos espaciados adecuadamente a lo largo del ciclo.

- *Control de malezas*

Las malezas compiten por luz y nutrientes con las plantas de maíz, principalmente durante los primeros 30 a 40 días. Para su control, se recomienda combinar el control químico con el mecánico: en el primer caso, se pueden aplicar herbicidas preemergentes o posembrantes, pero cuando existe una alta infestación de malas hierbas, se pueden aplicar ambos. Las escardas y cultivos, manuales o mecanizados, son el complemento para controlar eficazmente las malezas.

- *Control de plagas*

Al cultivo de maíz lo atacan más de 40 especies de insectos y algunos ácaros. El daño por plagas puede ocurrir aun antes de la emergencia de la plántula (plagas de suelo), hasta la fructificación en verde (plagas de la planta) y en condición de mazorca (plagas de mazorca).

- *Cosecha*

**El ciclo vegetativo del AN-447 varía de acuerdo a la región o ciclo agrícola, así como las condiciones de siembra a que se someta. Las características generales para cosecha son las siguientes:**

**Forraje y elote: cuando el elote principal presente la condición lechoso-masoso, aproximadamente a los 110 días de la siembra.**

**Grano: a madurez fisiológica aproximadamente a los 140 a 150 días después de la siembra.**

**Híbrido AN-388 ( semienano) (IMM, 2002).**

**Descripción del cultivo:**

**Es un material que se adapta excelentemente en regiones de clima templado.**

**Rango de adaptación: de 1100 a 1900 m.s.n.m.**

**Regiones específicas de explotación: Región del Bajío y la región Lagunera.**

**Características fenotípicas de la planta**

**Tipo de cruza: triple**

**Condición de siembra: riego**

**Días a flor: 75 días promedio**

**Días a madurez: 150 días promedio**

**Altura de la planta: 2.0 m**

**Altura de la mazorca: .8 – 1.0 m**

**Acame: totalmente resistente**

**Cobertura de mazorca: excelente**

**Pudrición de mazorca: baja**

**Grano: blanco-semidentado**

**Enfermedades foliares: muy tolerante**

**Densidad de población: 85-90 mil plantas/ha**

- ***Preparación del terreno***

Para asegurar una buena cosecha, se requiere que los diferentes trabajos de preparación se realicen de la mejor manera posible y oportuna. El barbecho debe hacerse dos o tres meses antes de la siembra; esto para que el terreno capte una mayor humedad, y exista aireación dentro del mismo y destrucción de malas hierbas, plagas y enfermedades. Posteriormente, al sembrar se rastrea y si no se tiene buen control en la conducción del agua, se procede a realizarse un trazo de riego con el fin de tener la máxima eficiencia del agua.

- ***Fertilización***

La fertilización adecuada es la que utiliza la agricultura tradicional más el 50% debido al incremento de plantas.

#### Maíz como forraje

Juscafresa (1983) menciona que desde que se logró obtener maíces híbridos forrajeros, han quedado un tanto relegados los tradicionales, por ofrecer éstos una menor cantidad de forraje, de inferior calidad biológica.

De ordinario, el maíz híbrido forrajero se cultiva para el consumo de forraje verde, por ser muy apetecible y digestible para el ganado. De existir una incapacidad de henificarlo, dado el grosor del tallo y la cantidad de agua que éste contiene, siendo mas apetecible y digestible en estado fresco y ensilado que henificado.

Jugenheimer (1985) menciona que la mayor parte del maíz se usa para consumo humano en algunas otras áreas del mundo. Los rendimientos incrementados por el uso de híbridos adaptados y de

**prácticas de producción modernas, han producido enormes cantidades de maíz disponible para la alimentación del ganado.**

**El maíz verde se cosecha únicamente como material forrajero. Este forraje puede utilizarse para el consumo directo de los animales o en forma de ensilaje. El maíz verde o maíz forrajero tiene más alto nivel alimenticio que el rastrojo, o sea, el subproducto de maíz para producción de granos. El rastrojo, se aprovecha preferentemente como paja debido a su escaso contenido de materia verde. No obstante, en condiciones de escasez de forrajes, es un material de cierto valor nutritivo para los animales (S.E.P. 1988).**

**Reaves y Pegram (1974) mencionan que el uso de ensilados 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 disponen de facilidad de pastoreo.**

**Época de cosecha del maíz**

**Menciona Flores (1990) que la digestibilidad, la calidad y el valor nutritivo de un forraje son mas altos cuando las plantas son jóvenes, y se considera así, antes de la floración. La disminución del valor nutritivo del forraje verde , debido a la edad, se debe en gran parte a la menor proporción de hojas y al aumento en proporción de tallos menos nutritivos.**

**Robles (1985) señala que el maíz cosechado totalmente cuando está en elote, es un magnífico forraje para alimentar cualquier tipo de ganado. La siembra de maíz para forraje es semejante al cultivo de maíz para grano en la mayoría de las labores, con diferencia solamente en la cantidad de**

**semilla por hectárea y época de siembra. Menciona también, que el maíz debe cortarse cuando el elote presenta una madurez lechosa-masosa, estado que se presenta de los 80 a 85 días después de la siembra y en este momento obtener un forraje de alta calidad nutritiva.**

Factores que influyen sobre la calidad y el valor nutritivo del maíz forrajero

**Robles (1983) marca que el valor nutritivo de cualquier alimento depende de su contenido de proteínas, grasa, fibra, carbohidratos fácilmente solubles (E.L.N), sales minerales y vitaminas.**

**Las causas que intervienen en la determinación de la composición química y del valor nutritivo de los forrajes son: estado vegetativo, factores ambientales, condición de suelo, época de cosecha, almacenaje y manejo del forraje, métodos de ensilaje, región donde se producen y método de análisis usado (Sprague y Leparulo, 1965) .**

**Abrams (1964) menciona que la composición de la planta es diferente en sus distintas fases de crecimiento; además, conforme la planta avanza hacia la madurez el porcentaje de proteína disminuye grandemente, las grasas disminuyen en menor cantidad, mientras que la fibra aumenta. Estos cambios están asociados con un aumento a la relación del tallo con las hojas de las plantas.**

**Hernández (1957) señala que la edad de la planta es el factor más importante, ya que a menor edad el contenido de proteína es mucho mayor. Así mismo menciona que el valor nutritivo del forraje varía según la parte de la planta que se trate, ya que las hojas poseen más proteína y grasa que los tallos, pero menos que los frutos.**



**Miller (1983) señala que no debe menospreciarse la importancia del contenido de fibra de los forrajes, debido a su baja digestibilidad , siendo ésta una limitante en el valor y calidad nutritiva de estos.**

**Howarth y Golpen (1983) concluyeron que la composición nutritiva, digestibilidad, aceptabilidad y ausencia de elementos antinutritivos son las principales características de los forrajes. Indican que el mejoramiento orientado a la calidad del forraje es lento y a largo plazo, pero pequeños avances en la digestibilidad pueden dar un mejoramiento sustancial en productividad animal.**

#### **Composición química del maíz forrajero**

**De Alba (1968) explica que los compuestos químicos de los forrajes, pueden clasificarse en tres grupos: agua, materia orgánica y materia inorgánica. El agua es el principal componente de las plantas, su proporción varía desde un 10% en las semillas secas, hasta 90% en las plantas forrajeras más suculentas. El agua trae en solución los elementos nutritivos, participa en las reacciones químicas que se producen en el organismo animal, regula la temperatura corporal y ayuda a formar las células de los tejidos.**

**La materia orgánica está representada por numerosos compuestos complejos de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, algunos contienen también azufre y fósforo. Estos elementos se unen para formar proteínas, carbohidratos, grasas y vitaminas. La materia inorgánica está constituida por las cenizas, esto es, los residuos resultantes de una muestra de forraje sometida a ignición. Las cenizas son los compuestos minerales de las plantas, tales como el calcio, fósforo, potasio, magnesio y otros.**

Flores (1990) y Church (1982) realizaron estudios para determinar la composición proximal del forraje verde del maíz, planta más fruto, cuando se cosecha en estado lechoso- masoso. Por otra parte, Reyes (1990) analizó la composición proximal de tres órganos de la planta del maíz forrajero en estado verde, ideal para ensilar; reportando los resultados que se expresan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Composición proximal de maíz forrajero**

| Determinaciones (%)         | Planta entera <sup>a</sup> | Planta entera <sup>b</sup> | Tallo <sup>c</sup> | Hoja <sup>c</sup> | Elote <sup>c</sup> |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| planta                      | -                          | -                          | 44                 | 26                | 30                 |
| Proteína cruda              | 6.37                       | 6.80                       | 5.8                | 11.5              | 9.4                |
| Grasa                       | 3.75                       | 2.10                       | .47                | 1.1               | 1.1                |
| Fibra cruda                 | 23.23                      | 21.80                      | 36                 | 25.4              | 18.1               |
| Extracto libre de Nitrogeno | 50.15                      | -                          | 41.9               | 18.1              | 59.0               |
| Cenizas                     | -                          | 5.20                       | -                  | -                 | -                  |

<sup>a</sup> Flores (1990); <sup>b</sup> Church (1982) y <sup>c</sup> Reyes (1990).

#### Concepto de digestibilidad

McDonald *et al.*, (1995) lo definen con cierta exactitud como la porción del alimento que no es excretado con las heces y que se supone, por lo tanto, que ha sido absorbido. Por lo general se representa por el coeficiente de digestibilidad, que se expresa en porcentaje de materia seca. Por ejemplo: si una vaca come 9 kg de heno, que contiene 8 kg de materia seca y excreta 3 kg de materia seca con las heces, la digestibilidad de la materia seca del heno será de:

$$8 - 3/8 \times 100 = 62.5\%$$

**La digestibilidad de un alimento es un indicativo aparente del alimento consumido menos los desechos obtenidos en las heces del animal, de esta forma se asume que lo que contenía el alimento consumido y no aparece en las heces, fue digerido por el animal (Leal, et al., 1988-1990).**

**Cantú (1989) menciona, que la digestibilidad de un alimento cualquiera se puede definir de la siguiente manera: de un alimento cualquiera una parte es digerible y aprovechable, y la otra es eliminada por el defecado, es decir, indigestible; de aquí se concluye que todos los alimentos tienen diferente digestibilidad. La digestibilidad de los alimentos se determina a partir de la digestibilidad de sus nutrientes y se obtiene midiendo la cantidad en que es ingerido un nutriente y la excreción fecal del mismo.**

**Métodos especiales para determinar la digestibilidad**

**McDonald et al., (1995) menciona que existen y se conocen dos métodos para determinar la digestibilidad, que se describen a continuación de manera muy general:**

- a) Método de los indicadores.**
- b) Método del laboratorio. Aunque no es fácil de imitar en su totalidad la digestión de los animales no rumiantes, la digestibilidad de la proteína de los alimentos puede determinarse a partir de su susceptibilidad al ataque *in vitro* con pepsina y ácido clorhídrico. La digestibilidad de los alimentos de los rumiantes puede determinarse con cierta exactitud, sometiéndolos, en primer lugar a la acción del**

**liquido ruminal y, seguidamente, a la acción de la pepsina. Durante la primera fase de este método, denominado “*in vitro* en dos fases”, se incuba, en condiciones anaerobias, durante 48 horas, una muestra de alimento, finamente molido, en un tubo que contiene liquido ruminal tamponado. En la segunda fase, se matan las bacterias acidificando el medio con ácido clorhídrico, hasta alcanzar un pH 2, y se digieren incubándolas con pepsina ácida durante otras 48 horas. El residuo insoluble se filtra, deseca e incinera; la pérdida de la materia seca y de la materia orgánica se consideran respectivamente digeridas.**

### **Contenido energético de los alimentos y distribución de la energía en el animal**

Los animales precisan los principales nutrientes orgánicos para emplearlos en la formación de los tejidos corporales, así como para la síntesis de productos como la leche, carne y huevo; además, resultan necesarios como fuente de energía para los trabajos que realizan. Una característica unificadora de estas funciones tan diferentes, consiste en que todas suponen la transferencia de energía; dicha transferencia tienen lugar, tanto en los casos en que la energía química se convierte en energía mecánica o acalórica, como ocurre al oxidarse los nutrientes, como en los que la energía química se convierte de una forma en otra, como al sintetizarse grasa corporal a través de carbohidratos. Por lo tanto, la facultad de aportar energía es de gran importancia al determinar el valor nutritivo de los alimentos (McDonald *et al.*, 1995).

### **La demanda de energía**

Los animales privados de alimentos siguen precisando energía para las funciones vitales del organismo: el trabajo mecánico de la actividad muscular esencial, y el trabajo químico relacionado con el movimiento de sustancias disueltas contra gradientes de concentración, así como para la síntesis de componentes orgánicos que se gastan, como enzimas y hormonas. En los animales sometidos a ayuno, la energía necesaria para dichos fines, se obtiene catabolizando las reservas orgánicas, en primer lugar el glucógeno, después las grasas, por último, las proteínas. En los animales que reciben alimento, la demanda primaria sobre la energía de los alimentos, es para cubrir las necesidades de mantenimiento del organismo y evitar el catabolismo de sus propios tejidos.

La energía aportada por los alimentos por encima de la necesaria para el mantenimiento, se utiliza para las distintas producciones. Los animales jóvenes en crecimiento retienen energía, principalmente, en la proteína de sus nuevos tejidos, en tanto que los adultos acumulan, relativamente, mayor cantidad en forma de grasa; los animales en lactancia transfieren la energía de los alimentos a la energía contenida en los componentes de la leche. Otras formas de producción son el trabajo muscular y en la formación del lana y huevo. Ninguna función, ni la de mantenimiento del organismo, tiene prioridad absoluta sobre la energía de los alimentos.

### **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 *et al.*, 1995)

Church *et al.*, (2002) expresan 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 1.

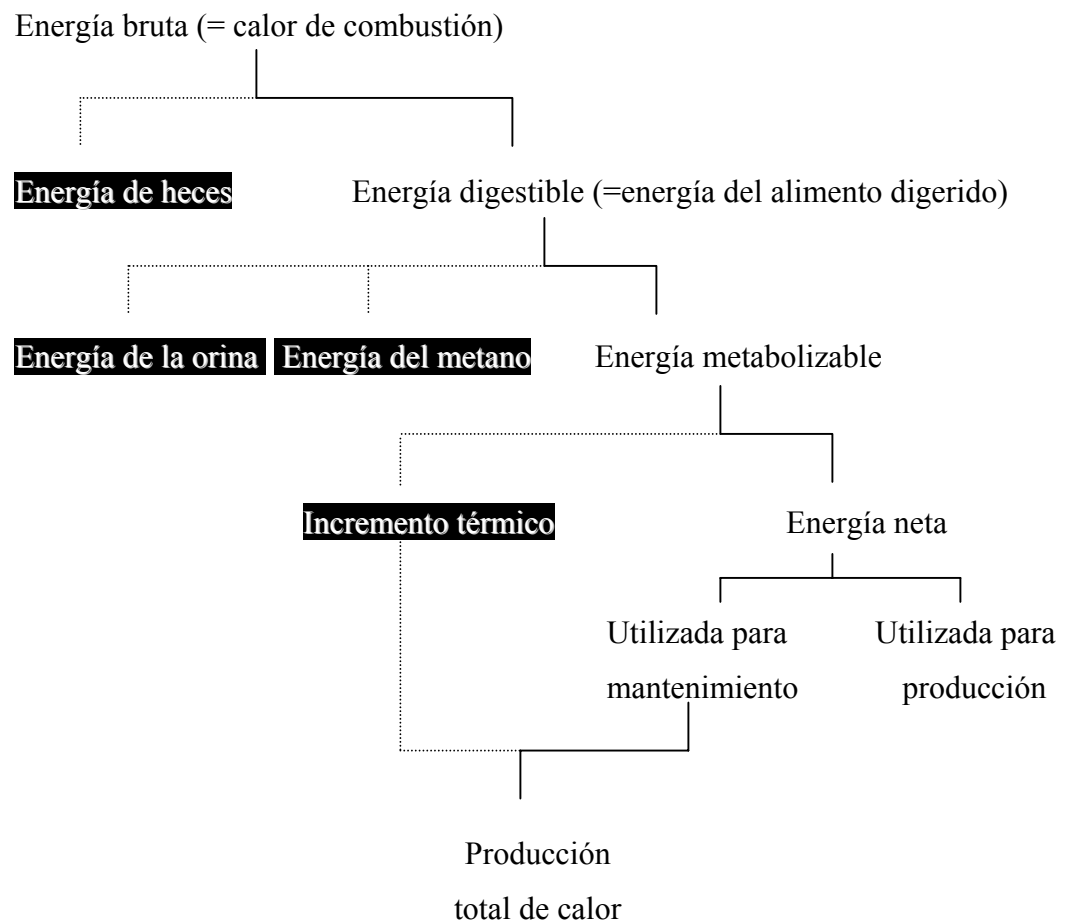


Figura 1. Distribución de la energía de los alimentos en el animal. (pérdidas de energía sombreado a la izquierda) (McDonald *et al.*, 1995).

### Energía digestible

Varios han sido los autores que citan el concepto de Energía digestible (McDonald *et al.*, 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 *et al.*, 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 formula :**

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

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:**

$$\text{NDT} = \text{PCD} + \text{EDLN} + \text{FCD} + 2.25 (\text{EED})$$

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; Church *et al.*, 1974).

Energía neta (mantenimiento, ganancia y lactancia)

**Lofgreen and Garret (1968) coincidiendo con Church y Pond (1978) establecieron una formula 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 híbridos, se procedió a realizar un análisis físico-químico del suelo. De acuerdo a la técnica de “zic-zac” se tomaron muestras de suelo a 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad, obteniendo la siguiente evaluación (Cuadro 2). De acuerdo a los resultados de este análisis de suelo se clasifica desde migajón arenoso, migajón arcilloso, migajón arcillo-arenoso y arcilloso.

Cuadro 2. Análisis físico-químico del suelo

| Parámetros             | Muestra 1 | Muestra 2 |
|------------------------|-----------|-----------|
|                        | 0-20 cm   | 20-40 cm  |
| pH <sup>1</sup>        | 8.27      | 8.37      |
| C.E. dS/m <sup>2</sup> | .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 |
|---------|----------------|------------------------|

<sup>1</sup>pH = Potencial hidrógeno

<sup>2</sup> C.E. dS/m = Capacidad eléctrica (desisiemes/metro)

#### Área de siembra

Se utilizaron parcelas de 100 X 8 m considerando un área total de 800 m<sup>2</sup> (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° presiembra, 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:

Materia Seca (Ton/Ha)

Composición química:

**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 (ENI Mcal/kg MS)**

Para digestibilidad *in vitro* de la MS se realizaron 3 repeticiones por cada material considerando a cada una como una unidad experimental.

#### **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 3.

### Cuadro 3. Material Genético Evaluado

| Material   | Genealogía   | Peso promedio por planta ( Kg ) |
|--|--|---------------------------------|
| AN-447 (híbrido)                                   | (255 x MLS <sub>4-1</sub> ) AN7                                      | 1.617                           |
| AN-388 ( híbrido)                                  | ( 255 x Zap ) ML S <sub>4-1</sub>                                    | 1.692                           |
| Forrajero Amarillo* ( Variedad en experimentación) | Variedad donde participan 5 líneas se encuentra a nivel experimental | 1.514                           |
| P 30G54 ** (híbrido)                               | Híbrido comercial de la compañía Pioneer                             | .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 esta clasificado como seco o árido (Bsokx) (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) y Crampton y Harris (1974). La energía neta para mantenimiento (ENm), energía neta para ganancia (ENg), energía neta para lactancia (ENI) 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.

La digestibilidad *in vitro* de la MS se determinó de acuerdo a técnica descrita por Tilley y Terry (1963).

Análisis estadístico

Las características señaladas se analizaron de acuerdo a un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones por tratamiento con 4 tratamientos y 2 repeticiones para Materia Seca (Ton/Ha), Composición Química y Contenido Energético. Y 4 tratamientos y 3 repeticiones para digestibilidad *in vitro* de la MS y MO.

$$\xi_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$j = 1, 2, \dots, t$

$j = 1, 2, \dots, r$

$\xi_{ij}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental, variable aleatoria que se asume distribuida normal con media cero y varianza constante .

**Este análisis de varianza fue realizado con el fin de observarse la existencia de diferencias significativas entre los diferentes híbridos y la variedad forrajera experimental en estudio para composición química, contenido nutricional y digestibilidad de la MS y MO.**

**Posteriormente se realizó una prueba de rango múltiple DMS (Diferencia mínima significativa) para comparación de medias para cada variable en Materia Seca (Tn/ha), composición química, contenido nutricional y digestibilidad de la MS.**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**En el Cuadro 4, se reportan los resultados obtenidos para:**

- **Producción de forraje en base a materia verde (Ton/Ha)**

**Los resultados estimados que se obtuvieron sobre este concepto para cada forraje evaluado fueron: AN447, 100.625; AN388, 105.625; Comercial, 94.375; Forrajero, 55.625 Ton/Ha. La evaluación por Ha de producción de materia verde (humedad) nos indica la cantidad aproximada de material vegetativo a ensilar y de esta manera se puede calcular o estimar cuanto será la producción de forraje ensilado. Este parámetro no se analizó estadísticamente.**

- **Producción de forraje en base a materia seca (Ton/Ha)**

**El forraje está constituido por agua y MS. La materia seca contiene la MO y MI, de ahí la necesidad de conocer la producción de MS/Ha para así estimar la cantidad de nutrientes en base seco.**

**Los resultados sobre la producción de MS fueron: AN388, 42.750; Comercial, 35.281 y Forrajero, N447, 21.625; 17.593 Ton/Ha.**

**En la interpretación de los resultados (Cuadro 8) se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre los tratamientos en estudio. Al efectuar la comparación de medias se observa que las medias de los tratamientos difieren completamente entre sí.**

Los resultados arrojados anteriormente superan a lo obtenido por el The New Zealand Farmer (1978), que reporta una producción de 17 ton/Ha de MS para maíz en suelos apropiados.

Sin embargo Rivera *et al.*, (2004) publicaron un artículo en el que obtuvieron producciones de 22.3 ton/Ha MS con una lámina de riego de 59.6 cm de riego por goteo superficial; lo cual supera a la media del híbrido AN447 y a la variedad forrajera, pero no al resto de los materiales del presente trabajo.

**Cuadro 4. Producción de Forraje de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio .**

| <b>Material</b>  | <b>Peso en verde (kg)</b> | <b>Materia Verde (Ton/Ha)</b> | <b>MS/ planta (kg)</b> | <b>Materia Seca (Ton/Ha)</b> |
|------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------|
| <b>AN447</b>     | <b>1.61</b>               | <b>100.625</b>                | <b>0.362</b>           | <b>21.625</b>                |
| <b>AN388</b>     | <b>1.69</b>               | <b>105.625</b>                | <b>0.684</b>           | <b>42.750</b>                |
| <b>Comercial</b> | <b>1.51</b>               | <b>94.375</b>                 | <b>0.565</b>           | <b>35.281</b>                |
| <b>Forrajero</b> | <b>0.89</b>               | <b>55.625</b>                 | <b>0.282</b>           | <b>17.593</b>                |

▪ **Evaluación química**

Los resultados de la composición química de los 3 híbridos de maíz forrajero y de la variedad forrajera experimental en estudio (Cuadro 5) fueron los siguientes:

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.**

**Los porcentajes del contenido de proteína que se obtuvieron por cada material de estudio ordenados de mayor a menor fueron: Forrajero (12.21%), AN447 (11.24%), Comercial (9.87%) y AN388 (9.21%).**

**Los resultados (Cuadro 9) muestra diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre los tratamientos observados. La comparación de medias (DMS) expresó que existe diferencia entre las medias de los tratamientos de la variedad forrajera (12.21%) con el AN447 (11.24%) y con el maíz comercial (9.87%). Caso contrario se encontró entre el híbrido Comercial (9.87%) y el AN388 (9.21%).**

**Todos estos valores superan a lo obtenido por Flores (1990) y Church (1982) que encontraron un contenido de proteína cruda del 6.37% y 6.80% respectivamente al analizar una planta completa. Por otra parte Reyes (1990) realizó el mismo análisis pero dividido en tres fracciones encontrando valores 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 la variedad AN388 (9.21%) en cuanto al contenido de proteína cruda pero no al resto de las medias de los tratamientos estudiados.**

**Extracto etéreo (EE).- 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,**

**céridos, 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 contenido de extracto etéreo del material analizado de acuerdo a las medias de los tratamientos fueron los siguientes: Forrajero (1.33%), AN388 (1.21%), Comercial (0.93%) y AN447 (0.91%).**

**Se encuentran diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las medias de los tratamientos (Cuadro 9). En la comparación de medias se encontró que el maíz Forrajero (1.33%) difiere significativamente de las medias del maíz Comercial (0.93%) y el AN447 (0.91%). Sin embargo entre el Forrajero (1.33%) con el AN388 (1.21%) no se encontraron diferencias; así como el AN388 (1.21%) con el comercial (0.93%) y con el AN447 (0.91%) respectivamente.**

**Reyes (1990) fraccionó la planta y realizó un estudio de composición química, encontró valores en tallo de 0.47%; lo cual está por debajo de las medias del presente experimento. Para las otras dos fracciones de hoja y elote el valor fue de 1.1% que supera solo al comercial (0.93%) y el AN447 (0.91%).**

**Church (1982) reportó un 2.10% de grasa en un estudio que realizó en planta completa que supera a las medias obtenidas por el presente estudio. De la misma manera Flores, 1990 encontró bajo el mismo concepto un valor de 3.75%; ambos valores 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).

**Las medias de los tratamientos de la fibra cruda ordenados de mayor a menor fueron los siguientes: Forrajero (27.49%), AN447 (26.33%), AN388 (24.34%) y comercial (23.69%). Estos valores indican que las muestras analizadas son de un forraje de acuerdo a la clasificación de alimentos de la Harris *et al.*, (1968).**

**Al comparar los resultados no se observaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre las medias de los tratamientos (Cuadro 9).**

**Las medias de los tratamientos anteriores superan a lo encontrado por Flores (1990) que encontró 23.23% en análisis de planta completa al igual que Chuch (1982) que encontró 21.80% en el mismo concepto. Reyes (1990) obtuvo datos superiores en tallo con 36% que supera al Forrajero (27.49%) y al AN447 (26.33%). El valor que encontró para hoja fue de 25.4% que supera al AN388 (24.34%) y al comercial (23.69%). En lo que se refiere al elote (18.1%) se encuentra por debajo del valor de las medias analizadas en este estudio.**

**Podemos además mencionar que el bajo contenido de Fibra en los materiales analizados se debe a que fueron cosechados a los 100 días lo cual reduce el grado de madurez. Caso contrario sucedió en el trabajo realizado por Castillo (1989) en donde se realizó la cosecha a los 113 días reportando una media promedio de 31.24%, resultado superior a los obtenidos en este experimento. Lo anterior coincide con lo reportado por Hughes *et al.* (1976) que afirman 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 esta 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.**

**Los contenidos de extracto libre de nitrógeno del material analizado según las medias de los tratamientos son: Comercial (57.85%), AN388 (56.09%), Forrajero (50.19%) y AN447 (49.09%).**

**El análisis de los resultados (Cuadro 9) muestra que no hay diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre las medias observadas de los tratamientos. Las medias del maíz Comercial (57.85%) y AN388 (56.09%) difieren y son mayores a las medias del maíz Forrajero (50.19%) y el AN447 (49.09%) .**

**El híbrido AN447 (49.09%) presenta un porcentaje menor a lo obtenido por Flores (1990) que al analizar una planta completa encontró 50.15%; el resto de las medias superan a esta misma cifra. Reyes (1990) al fraccionar la planta 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).

Los promedios de los tratamientos de cenizas ordenados de mayor a menor fueron los siguientes: AN447 (12.41%), AN388 (9.13%), Comercial (7.65%) y Forrajero (8.76%).

Los datos anteriores muestran diferencias altamente significativas ( $P < 0.05$ ) entre las medias de los tratamientos observados (Cuadro 9). Al realizar la comparación de medias encontramos que la media del tratamiento AN447 (12.41%) difiere significativamente del resto de las medias; las medias de los tres tratamientos restantes AN388 (9.13%); Comercial (7.65%) y Forrajero (8.76%) no difieren entre si. Las medias encontradas en la interpretación anterior superan notablemente a lo encontrado por Chuch (1982) al analizar una planta completa con un valor de 5.20% para cenizas.

**Cuadro 5. Composición química de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio.**

| Material | % PC  | % EE | %FC   | %ELN  | % C   |
|----------|-------|------|-------|-------|-------|
| AN447    | 11.24 | .92  | 26.34 | 49.09 | 12.41 |
| AN388    | 9.22  | 1.05 | 23.46 | 54.75 | 9.13  |

|                  |              |             |              |              |             |
|------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| <b>Comercial</b> | <b>9.88</b>  | <b>1.21</b> | <b>24.34</b> | <b>56.10</b> | <b>7.65</b> |
| <b>Forrajero</b> | <b>12.21</b> | <b>1.07</b> | <b>26.42</b> | <b>54.84</b> | <b>8.77</b> |

- Contenido energético

**Los resultados del contenido energético de los 3 híbridos de maíz forrajero y de la variedad forrajera experimental en estudio se presentan en el Cuadro 6.**

**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 indicara 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 cuestionable. Sin embargo, en la actualidad los valores energéticos de la mayoría de los ingredientes utilizados en alimentación animal todavía se expresan como NDT.**

**Los promedios de los tratamientos del %NDT ordenados de mayor a menor fueron los siguientes: Comercial (73.20%), AN388 (72.02%), Forrajero (70.77%), AN447 (67.64%). Estos valores se pueden considerar altos al tratarse de forrajes, quizá esto pudo ser influenciado por la edad de la planta (100 días) y estado del grano lechoso-masoso.**

**De acuerdo a los resultados (Cuadro 10) se muestran diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las medias observadas de los tratamientos. Al realizar la comparación de medias se encontró que no hay diferencia entre los tratamientos Comercial (73.20%), AN388 (72.02%) y Forrajero (70.77%) y entre AN447 (67.64%) con el Forrajero (70.77%). Sin embargo sucedió lo contrario con el maíz Comercial (73.20%) y el Forrajero (70.77%); así como el AN388 (72.02%) y el Forrajero (70.77%).**

**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 lo encontrado en este trabajo.**

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%.

Nahara (2004) al realizar una evaluación a distintos productos alimenticios usados en nutrición animal menciona el ensilado de maíz con un contenido de 70% de NDT, valor que rebasa al AN447; sin embargo, para el resto de las medias de los tratamientos este valor es superior.

**Algunos artículos de Camps y González (2004) en donde se han realizado análisis a gluten de maíz el cual reporta un 85% de NDT, valor que se coloca por arriba de lo obtenido en este trabajo. La explicación de lo anterior según los autores es que contienen un 90-95% de la energía total del maíz. Además este subproducto no se considera forraje (Harris et al., 1968).**

**Energía Digestible (ED Mcal/kg MS).-Para Mora (2002) una vez que el alimento es consumido y sufre los procesos de degradación gastrointestinal, se elimina el residuo en las heces. Si al valor de EB se le resta la energía contenida en las heces, se obtiene el valor de energía digestible (ED), que es un mejor indicador de la energía disponible por el animal. Se puede considerar que la ED y el NDT de un alimento son equivalentes. La interconversión de ED a NDT se hace considerando 4.409 Kcal de ED por gramo de NDT.**

**Las resultados de los tratamientos del contenido de ED ordenados de mayor a menor fueron: Comercial (3.22%), AN388 (3.17%), Forrajero (3.11%) y AN447 (2.97%).**

**Al interpretar los datos anteriores se encontró que no hubo diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre las medias de los tratamientos (Cuadro 10). Posteriormente se realizó la comparación de medias observándose que no hay diferencia entre los tratamientos Comercial (3.22 Mcal/kg MS), AN388 (3.17 Mcal/kg MS) y Forrajero (3.11 Mcal/kg MS); así como entre AN447 (2.97 Mcal/kg MS) con el Forrajero (3.11 Mcal/kg MS). Sin embargo, se encontraron diferencias entre el Comercial (3.22 Mcal/kg MS) y el Forrajero (3.11 Mcal/kg MS); de igual manera entre el AN388 (3.17 Mcal/kg MS) y el Forrajero (3.11 Mcal/kg MS).**

**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. 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.**

**Energía Metabolizable (EM Mcal/kg MS).- Una parte de la energía digerida y absorbida en el tubo gastrointestinal, no es aprovechada y se elimina por la orina en forma de compuestos nitrogenados. Además, también se elimina energía a través de gases como el metano, expulsado por los rumiantes por medio del eructo. La pérdida en forma de gases es de importancia solamente en el caso de los rumiantes. Sin embargo su cuantificación es difícil, y en general se estima como el 8% de la energía bruta consumida por el animal. Se ha observado que para rumiantes, el**



**valor de energía metabolizable representa alrededor del 82% de el valor de la energía digestible (Mora, 2002).**

**Los promedios de las medias del contenido de EM ordenados de mayor a menor fueron los siguientes: Comercial (2.64 Mcal/kg MS), AN388 (2.60 Mcal/kg MS), Forrajero (2.55 Mcal/kg MS) y AN447 (2.44 Mcal/kg MS).**

**De acuerdo a los resultados (Cuadro 10) hay diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las medias de los tratamientos. Sin embargo al realizar la comparación de medias, muestra que no hay diferencia entre los tratamientos Comercial (2.64 Mcal/kg MS), AN388 (2.60 Mcal/kg MS) y Forrajero (2.55 Mcal/kg MS) y entre AN447 (2.44 Mcal/kg MS) con el Forrajero (2.55 Mcal/kg MS). Sin embargo si hubo diferencias entre el Comercial (2.64 Mcal/kg MS) y el Forrajero (2.55 Mcal/kg MS); así como el AN388 (2.60 Mcal/kg MS) y el Forrajero (2.55 Mcal/kg MS).**

Para un ensilaje de maíz se espera 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).

**Por lo anterior podemos mencionar que los materiales analizados en esta investigación como el Comercial y el AN388 tienen valores de 2.64 Mcal/kg MS y 2.60 Mcal/kg MS, que están dentro del valor encontrado por ellos. En el caso de la variedad Forrajera y AN447 se encuentran por debajo de este valor.**

**En 1974, Crampton y Harris evaluaron al ensilado de maíz (estado tierno) con un 2.07 McalEM /Kg de MS así como al ensilado de maíz de calidad media con un 1.90 Mcal/kg MS, resultados que se encuentran en menor cantidad que en los materiales analizados en el presente trabajo.**

Energía Neta para mantenimiento (ENm Mcal/kg MS).- Los promedios de los tratamientos del contenido de ENm ordenados de mayor a menor fueron como sigue: Comercial (1.50 Mcal/kg MS), AN388 (1.49 Mcal/kg MS), Forrajero (1.47 Mcal/kg MS), AN447 (1.43 Mcal/kg MS). Estos resultados están dentro del rango promedio de 1.423 McalENI/kg MS reportado por Crampton y Harris (1969) para la preparación de heno y ensilaje en donde se incluyen los cereales (estado tierno).

Los resultados muestran que no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre las medias de los tratamientos (Cuadro 10). Al comparar las medias no se encontraron diferencia entre los tratamientos Comercial (1.50 Mcal/kg MS), AN388 (1.49 Mcal/kg MS) y Forrajero (1.47 Mcal/kg MS) y entre AN447 (1.43 Mcal/kg MS) con el Forrajero (1.47 Mcal/kg MS). Caso contrario sucedió con el maíz Comercial (1.50 Mcal/kg MS) y el Forrajero (1.47 Mcal/kg MS); así como el AN388 (1.49 Mcal/kg MS) y el Forrajero (1.47 Mcal/kg MS).

Energía Neta para ganancia (ENg Mcal/kg MS).- Las medias de los tratamientos del contenido de ENg de mayor a menor son los siguientes: Comercial (.93 Mcal/kg MS), AN388 (.92 Mcal/kg MS), Forrajero (.90 Mcal/kg MS) y AN447 (.85 Mcal/kg MS).

De acuerdo a los resultados el ANVA (Cuadro 10) muestra que no existieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre las medias de los tratamientos. La prueba de rango múltiple DMS al 5% muestra que no hay diferencia entre los tratamientos Comercial (.93 Mcal/kg MS), AN388 (.92 Mcal/kg MS) y Forrajero (.90 Mcal/kg MS) y entre AN447 (.85 Mcal/kg MS) con el Forrajero (.90 Mcal/kg MS). Pero si encontraron diferencias entre el Comercial (.93 Mcal/kg MS) y el Forrajero (.90 Mcal/kg MS); así como el AN388 (.92 Mcal/kg MS) y el Forrajero (.90 Mcal/kg MS).

Un artículo publicado por Nahara (2004) haciendo una 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).- Los promedios de los tratamientos del contenido de ENI ordenados de mayor a menor fueron los siguientes: Comercial (1.93 Mcal/kg MS), AN388 (1.89 Mcal/kg MS), Forrajero (1.84 Mcal/kg MS) y AN447 (1.73 Mcal/kg MS).

Al analizar los resultados (Cuadro 10) se muestra que no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre las medias. Al comparar las medias se interpretó que no hay diferencia entre los tratamientos Comercial (1.93 Mcal/kg MS), AN388 (1.89 Mcal/kg MS) y Forrajero (1.84 Mcal/kg MS) y entre AN447 (1.73 Mcal/kg MS) con el Forrajero (1.84 Mcal/kg MS). Pero si encontró diferencias entre el Comercial (1.93 Mcal/kg MS) y el Forrajero (1.84 Mcal/kg MS); así como el AN388 (1.89 Mcal/kg MS) y el Forrajero (1.84 Mcal/kg MS).

La SDA (2004) al publicar su evaluación a distintas especies forrajeras incluyendo el maíz forrajero en su etapa 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.

Macgregor (2000) publicó una serie de Tablas en las que determina la ENI para distintos alimentos entre los cuales señala al rastrojo de maíz con 1.23 Mcal/Kg MS. Así para el ensilado de maíz tropical reporta un 1.47 Mcal/Kg MS valores que se encuentran por debajo de lo estudiado en esta investigación.

**Cuadro 6. Contenido energético de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio.**

| Material  | %<br>NDT | ED<br>Mcal/kg MS | EM<br>Mcal/kg<br>MS | ENm<br>Mcal/kg<br>MS | ENg<br>Mcal/kg MS | ENI<br>Mcal/kg MS |
|-----------|----------|------------------|---------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| AN447     | 67.64    | 2.98             | 2.44                | 1.435                | .856              | 1.733             |
| AN388     | 70.04    | 3.08             | 2.53                | 1.466                | .891              | 1.822             |
| Comercial | 75.52    | 3.19             | 2.62                | 1.500                | .928              | 1.913             |
| Forrajero | 73.88    | 3.25             | 2.67                | 1.519                | .948              | 1.964             |

- Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca

Los resultados de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y de la materia orgánica de los 3 híbridos de maíz forrajero y de la variedad forrajera experimental en estudio fueron (Cuadro 7) los siguientes:

Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIV MS).-El sistema de digestibilidad *in vitro* se basa en su primera etapa en una fermentación en un sistema cerrado, es decir, los productos de la fermentación no son removidos. La fermentación es producida por microorganismos añadidos en el líquido ruminal utilizado como inóculo. La fermentación en estas

condiciones refleja lo que sucede en el rumen en condiciones anaeróbicas (Castellanos *et al.*, 1990).

Es importante señalar que la DIV MS no considera la digestión intestinal y aún más importante es este método no se toma en cuenta la excreción endógena producida en el animal.

Los promedios de las medias de los tratamientos con 3 repeticiones por tratamiento del por ciento de digestibilidad *in vitro* de la materia seca ordenados de mayor a menor fueron los siguientes: AN388 (59.64%), Comercial (58.37%), Forrajero (52.05%) y AN447 (43.41%).

De acuerdo a los resultados (Cuadro 11) hubo diferencias altamente significativas ( $P < 0.05$ ) entre las medias observadas de los tratamientos. La prueba de rango múltiple DMS para comparar las medias muestra que los tratamientos AN388 (59.64%) y Comercial (58.37%) no difieren entre sí. Sin embargo para la variedad Forrajera (52.05%) y AN447 (43.41%) y a su vez el AN388 (59.64%) y Comercial (58.37%) difieren entre si respectivamente.

Galván (1994) realizó una evaluación de híbridos de maíz forrajero reportando un 66.79% de digestibilidad en MS, para una sección de maíz en la mazorca (incluyendo hojas), una 49.8% arriba de la mazorca y finalmente un 41.96% debajo de la misma; valores que en el primer caso superan a los materiales evaluados en este experimento. La explicación de esto se debe posiblemente a que algunas de estas partes poseen estructuras no muy fibrosas y además presenta más elementos nutritivos aprovechables para el animal (Hernández, 1994).

Para la sección arriba de la mazorca el valor supera solo al AN447 (43.41%). Sin embargo, el híbrido anterior supera a su vez el corte realizado debajo de la mazorca.

**Paladines (1968) encontró una digestibilidad *in vitro* para maíz de 70.9% a 76.9% en Materia Seca. Datos que superan notablemente a las medias obtenidas en el presente estudio.**

**Cruz (1989) encontró un valor de 58.71% de DIV.MS valor que supera al híbrido Comercial (58.37%), Forrajero (52.05%) y al AN447 (43.41%). Pero se encuentra por debajo del AN388 (59.64%).**

**Raymond (1977) señala que para obtener mayor digestibilidad debe considerarse una aparición del 50% de las espigas razón por la cual hallan sido así los valores de digestibilidad, o con lo señalado por Robles (1985) quien menciona que para obtener un forraje de alta calidad, deberá cortarse a los 80-85 días después de la siembra, y en esta investigación se realizó el corte a los 100 días.**

**Cuadro 7. Digestibilidad *in vitro* de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio.**

| <b>Material</b>  | <b>% DIV MS</b> |
|------------------|-----------------|
| <b>AN447</b>     | <b>43.41</b>    |
| <b>AN388</b>     | <b>59.63</b>    |
| <b>Comercial</b> | <b>58.37</b>    |
| <b>Forrajero</b> | <b>52.05</b>    |

## **CONCLUSIONES**

**De acuerdo a los resultados de las evaluaciones realizadas en los diferentes tipos de maíz forrajeros estudiados, se concluye:**

- **La producción de MS/Ha fue mejor en el AN388, quizás debido a su altura y menor contenido de agua.**
- **La variedad experimental forrajera fue superior en PC, EE, FC. El contenido de PC y FC en un forraje son básicos para la alimentación animal respectivamente por su valor nutritivo y su nivel de fibra que estimula la rumia y la tasa de paso a través de Tracto Gastro Intestinal (TGI).**
- **Los híbridos Comercial y AN447 presentan los contenidos más altos en ELN, base fundamental de carbohidratos solubles fuente de energía en la dieta de los animales.**

- **El contenido de ceniza fue alto en todos los materiales evaluados; quizás debido al contenido de minerales en el suelo.**
- **El porcentaje de NDT se considera alto al tratarse de maíz forrajero, este fue de 67.4 a 73.2% lo que se considera un contenido de nutrientes excelente.**
- **El contenido energético ENm, ENg y ENI, fue similar entre los tratamientos estudiados.**
- **La digestibilidad de MS fue mejor e igual en AN388 y Comercial con un promedio de 59% de digestibilidad.**

## **LITERATURA CITADA**

- Abrams, J.T. 1964. Nutrición Animal y Dietética Veterinaria. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 317-336.
- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis (16th Ed.) Association Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Camps, N.D. y G.O. González. 2004. El gluten de maíz en el engorde vacuno. Artículo. Facultado de Veterinaria de la Universidad de Buenos Aires. Argentina. [www.nutrihelp.com.mx](http://www.nutrihelp.com.mx)
- Cantú, B.J. 1989. Apuntes de Bromatología. Segunda edición. UAAAN-UL.Torreón. Coahuila. pp.265.
- Castillo, A.C. 1989. Composición Química y Digestibilidad *in vitro* de 16 variedades de Maíz (*Zea mays* L.) cultivadas para Forraje y Ensiladas en la localidad de



Saltillo Coahuila. Tesis. Licenciatura. Ingeniero Agrónomo Zootecnista.  
UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Castellanos, R.A., L.G. Llamas y A.S. Shimada. 1990. Manual de Investigación en Ruminología. Sistema de Educación Continua en Producción Animal. México, DF. pp. 32

Centro Nacional de Desarrollo Municipal. 1999. Enciclopedia de los Municipios de México. Santiago Ixcuintla. Nayarit. Gobierno del Estado de Nayarit, México.

**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. 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 , J. 1982. Influence of population density and hybrid maturity on productivity and quality of forage maize. Can. Journal. Plant Sci. 62: 427: 430.**

**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.**

- Crampton, E.W. y L.E. Harris. 1969. 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. Licenciatura en Ingeniería. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.**
- De Alba J. 1968. Alimentación del Ganado en América Latina. Primera reimpresión. La prensa Mexicana. México. pp 60-67.**
- 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](http://www.elsitioagricola.com)
- Feirey, M.A. 1980. Hybrid maturity and relative importance of grain and storer for the assessment of forage potential maize genotypes grown in marginal and non marginal environments. Can. J. Plant. Sci. 60:539**
- Fairey, M.A. 1982. Influence of population density and hybrid maturity on productivity and quality of forage maize. Can. J. Plant. Sci. 62 : 427 – 434.**
- Flores, M. J.A. 1990. Bromatología Animal. Tercera edición. Quinta reimpresión. Editorial Limusa, S.A. México. D.F. pp. 41, 42, 598, 599, 691.
- Galván R.J.A. 1994. Digestibilidad in vitro de Materia Seca y Materia Orgánica de 25 Híbridos de Maíz (Zea mays L.) en la comarca Lagunera. Tesis. Licenciatura.

Ingeniero Agrónomo Zootecnista. UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila, México.

**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.**

**Henderson, H.O. 1950. La vaca lechera. Alimentación y crianza. Unión Tipográfica. Editorial Hispanoamericana. pp.62.**

**Hernández, X.E. 1957. Los pastizales mexicanos. Mesa redonda sobre problemas de la industria agropecuaria de México. Instituto de Recursos Naturales Renovables. A.C. México.**

**Hernández, S.D. 1994. Evaluación del potencial forrajero para calidad y producción de 25 híbridos de maíz de la Comarca Lagunera. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Saltillo Coahuila, México.**

**Howarth, R.E. and R.B. Goplen. 1983. Improvement of forage quality through production management and plant breeding. Can. J. Plant Sci. 63: 895-902.**

**Hughes, H.D., M.E. Heat y D.S. Metacafe. 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.**

Huss, D.L. y E.L. Aguirre. 1979. Fundamentos de Manejo de Pastizales.  
I.T.E.S.M. Monterrey, Nuevo León, México. pp. 34.

Inchausti, D. y E.C. Tagle. 1967. Bovinotecnia. Tomo II. Editorial El Ateneo.  
Buenos Aires, Argetina.

Instituto Mexicano del Maíz. 2004. Híbrido AN-447 Cruza Triple. Tecnología  
de y para Mexicanos. Tríptico. UAAAN. Buenavista Saltillo  
Coahuila, México.

---

\_\_\_\_\_ 2002. Híbrido AN-388. Maíz Semienano para el  
Bajío Mexicano. Díptico. UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila,  
México.

Jugenheirmer, R.W. 1981. Maíz: Variedades mejoradas , métodos de  
cultivo, producción de semillas. Primera edición. Editorial Limusa,  
S.A. México, D.F. pp. 39, 40, 41, 297.

Jugenheimer, R.W. 1985. Maíz: variedades mejoradas, métodos de cultivo  
y producción de semillas. Primera reimpresión. Editorial Limusa,  
S.A. México, D.F.

Juscafresa, B. 1983. Forrajes: Fertilización y valor nutritivo. Segunda  
edición. Editorial AEDOS. Barcelona, España. Pp. 9, 85, 86, 169.

Leal, J., A. González y R. Martínez. 1988-1990. Digestibilidad *in vitro* de  
dietas con distintos niveles de contenido ruminal seco en ovinos.  
Memorias de la Tercera Reunión de Nutrición Animal. UAAAN.  
Saltillo, Coahuila, México pp. 41.

**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. 27:793-806.**

**Mora, B.I. 2002. Nutrición Animal. Segunda reimpresión. Editorial EUNED. San José Costa Rica. pp. 22-24.**

**McDonald, E., R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh and C.A. Morgan 1995. Nutrición Animal. 5ta. Ed. Acribia. Pp. 205-263.**

**Macgregor, C.A. 2002. Directory of Feeds & Feed Ingredients. Edit. W.D. Hoard & Sons Company. Third Edition. USA. pp. 28 y 29.**

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.

**Miller, J.E. 1983. Serial measures of dry matter accumulation and forage quality of leaves, stalk and ears of tree corn hybrids. J. Agronomy. 69:751-754.**

**Moe, P.W. and W.P. Flatt. 1969. Net energy value of feedstuffs for lactation. J.Dairy Sci. 52:928.**

**Morrison, F.B. 1965. Alimentos y Alimentación del Ganado. Traducción por José Luis de la Loma de Feeds and Feeding. XXI Edición. UTEHA. México.**

Nahara, F. 2004. Uso de Alimentos Alternativos en Feedlot (Segunda Parte) . Artículo.  
[www.engormix.com](http://www.engormix.com)

New Zealand Farmer. The 1978. Manual para la conservación de Forraje. Edit.  
Hemisferio Sur Montevideo, Uruguay.

**Paladines, L. 1968. Métodos “in vitro” para determinar el valor Nutritivo de  
los Forrajes. Montevideo, Uruguay.**

**Peñagariano, A.J., W. Arias y J.N. Llaneza. (sin fecha). El ensilaje. Ed.  
Hemisferio sur. Montevideo Uruguay Po. 44,84,88,89,91.**

**Raymond, F. 1977. Forrajes: conservación y alimentación. Ediciones  
G.E.A. Barcelona, España.**

**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.**

**Rivera, M.G., J.A. Estrada., I.C. Orona y J.G.R. Martínez. 2004. Producción  
de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en surco estrecho y riego por  
goteo subsuperficial. Publicación Semestral de Investigación  
Científica. AGROFAZ. Universidad Juárez del Estado de Durango.  
Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México. pp.  
443.**

**Robles, S.R. 1985. Producción de granos y forrajes. Cuarta edición.  
Primera reimpresión. Editorial Llimusa, S.A. México, D.F. p. 417.**

**Robles S.R. 1983. Producción de Granos y Forrajes. Segunda edición.  
Editorial Llimusa, S.A. México, D.F. pp.73-76.**

**Roth, H.L. A. Hodne y M. Journet. 1970. The effect of grazing management of forage and grain production form rye, wheat and cats. J. Agronomy. 46:29-33**

**Rodríguez , H.S.A. 1985. Estimación de parámetros genéticos de caracteres relacionados con la producción de forraje de Maíz (Zea mays L.). Tesis de Maestría. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.**

**S.D.A, 2004. Alternativas Forrajeras para Guanajuato. Artículo. Secretaria de Desarrollo Agropecuario. Gobierno del Estado de Guanajuato. [www.guanajuato.gob.mx](http://www.guanajuato.gob.mx)**

**S.E.P. 1991. Cultivos Forrajeros. Segunda edición. Primera reimpresión. Editorial Trilla. México, D.F. pp. 9**

**S.E.P. 1988. Maíz. Primera edición. Séptima reimpresión. Editorial Trillas. México, D.F. pp. 56.**

**Spragge, M.A. y L. Leparulo. 1965. Losing During Storage and Digestibility of Diferent Crops of Silage. Agronomy Journal. 57: 425-427.**

**Tilley , J. M. A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage techniques for the *in vitro* digestion of forage crops. J. British Grassland Soc. 18-104.**

**Urrutia, M.J. 1980. Valor nutritivo del ensilaje de maíz con y sin mazorca y rastrojo de maíz adicionados de NaOH. Tesis Licenciatura. UNAM. México, DF.**

**Watson , J.S. y A.M. Smith 1974. El ensilaje. Traducido de la segunda edición en Ingles por Rodolfo Vera y Zapata. Editorial Continental. México.**

**Williams, D.W. 1976. Ganado Vacuno para Carne, Cría y Explotación. Editorial Limusa. México. pp.136-148.**



## APENDICE

Cuadro 8. Análisis de Varianza de Producción de Forraje Materia Seca (Ton/Ha)

| Fuente de variación | g.l. | CUADRADO MEDIO  |
|---------------------|------|-----------------|
| Tratamientos        | 3    | 275072352.00 ** |
| Error               | 4    | 61696.00        |
| Total               | 7    |                 |

Cuadro 9. Análisis de Varianza de la Composición química de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio.

| Fuente de variación | g.l. | CUADRADOS MEDIOS |                 |             |                             |         |
|---------------------|------|------------------|-----------------|-------------|-----------------------------|---------|
|                     |      | Proteína         | Extracto Etéreo | Fibra Cruda | Extracto Libre de Nitrógeno | Cenizas |
| Tratamientos        | 3    | 3.63 **          | 0.08 *          | 6.18 NS     | 37.22 NS                    | 8.37 ** |
| Error               | 4    | 0.10             | 0.01            | 7.01        | 7.14                        | 0.28    |
| Total               | 7    |                  |                 |             |                             |         |

Cuadro 10. Análisis de Varianza del Contenido Energético de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio.

| Fuente de variación | g.l. | CUADRADS |          |         |          | MEDIOS   |          |
|---------------------|------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|
|                     |      | NDT      | ED       | EM      | ENm      | ENg      | ENI      |
| Tratamientos        | 3    | 11.463 * | 0.022 NS | 0.014 * | 0.002 NS | 0.002 NS | 0.015 NS |
| Error               | 4    | 1.711    | 0.003    | 0.002   | 0.000    | 0.000    | 0.002    |
| Total               | 7    |          |          |         |          |          |          |

Cuadro 11. Análisis de Varianza de la Digestibilidad *in vitro* de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio.

| Fuente de variación | g.l. | CUADRADO MEDIO |
|---------------------|------|----------------|
|                     |      | DIV. MS        |
| Tratamientos        | 3    | 165.180 **     |
| Error               | 8    | 1.1596         |
| Total               | 11   |                |