

## Producción, evaluación química, contenido energético, carbohidratos estructurales y no estructurales y digestibilidad *in vitro* en maíz forrajero

Production, chemical evaluation, energy content, structural and non-structural carbohydrates and *in vitro* digestibility in forage maize

R.F. García-Castillo<sup>1</sup>, Z.J. Castillo-Sánchez<sup>1</sup>, J.R. Kawas-Garza<sup>2</sup>,  
J. Salinas-Chavira<sup>3</sup>, F. Ruiz-Zárate<sup>1</sup>, R. López-Trujillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP-25315.

<sup>2</sup>Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Escobedo, Nuevo León, México.

<sup>3</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

### Resumen

Se evaluaron dos híbridos del Instituto Mexicano del Maíz (IMM): AN-447 y AN-388 y una variedad forrajera en experimentación y como testigo, el híbrido P30G54 de la compañía Pioneer. El cultivo se estableció en Villa Hidalgo, municipio de Santiago Ixcuintla; Nayarit, México. En la evaluación química se obtuvo el contenido energético, FDN, CNE, y digestibilidad *in vitro* de la materia seca. La producción de materia seca fue diferente ( $P \leq 0,01$ ) siendo superior en AN-388 y el híbrido P30G54 Pioneer con 42.797 y 35.409 Tm.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Existió diferencia ( $P \leq 0,01$ ) en PC (%); el mayor contenido fue para el forrajero en experimentación (12,21%) y AN-447 (11,24%). El EE (%) fue diferente ( $P \leq 0,05$ ), y el mayor valor fue para el forrajero en experimentación (1,31%) y AN-388 (1,21%). FC y ELN no fueron diferentes ( $P \geq 0,05$ ). Cenizas si se diferenció ( $P \leq 0,05$ ) con valores altos para todos los cultivos. NDT (%), ED, EM y ENm (Mcal.kg MS<sup>-1</sup>), fueron iguales ( $P \geq 0,05$ ). La ENg fue superior para el híbrido P30G54 Pioneer, AN-388 y forrajero en experimentación con valores de 1,088; 1,048 y 1,019 (Mcal.kg

MS<sup>-1</sup>), respectivamente y diferentes a AN-447, 0.928 Mcal.kg MS<sup>-1</sup>. Los valores de EN<sub>1</sub> fueron iguales (P≥0,05). La fibra en detergente neutro (FDN) presentó diferencia significativa (P≤0,05), el menor valor (65,57%) lo obtuvo P30G54 Pioneer y no difiere estadísticamente (P≥0,05) de AN-447 y forrajero en experimentación con valores de 68,61 y 69,01% respectivamente, el mayor valor fue obtenido en AN-388 con 71,52%. El contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) fue diferente (P≤0,05), con 15,98% siendo más alto en el híbrido P30G54 Pioneer. La digestibilidad de materia seca *in vitro*, fue mayor en AN-388 (59,64%) y P30G54 Pioneer (58,38%) y valores menores y diferentes para la variedad forrajero en experimentación (52,05%) el cual también fue diferente a AN-447 (43,41%). El contenido de nutrimentos de los cuatro genotipos de maíz para forraje es bueno y es fuente alternativa para la alimentación animal.

**Palabras clave:** Maíz forrajero, producción, energía, carbohidratos, digestibilidad

### Abstract

Two hybrids from the Instituto Mexicano del Maíz (IMM) were evaluated: AN-447 and AN-388, and one forage variety on experimentation and the hybrid P30G54 from Pioneer company as control. The culture was carried out in Villa Hidalgo, municipality of Santiago Ixcuintla; Nayarit, México. The chemical compositions were assessed, and were obtained the energetic density, NDF, NSC, and *in vitro* dry matter digestibility. The dry matter production was different (P≤0.01), in AN-388 and the hybrid P30G54 Pioneer with 42.797 and 35.409 Tm.ha<sup>-1</sup>, respectively, being superior for AN-388, with 42.797 and for the hybrid P30G54 of Pioneer, with 35.409 TM.ha<sup>-1</sup>. There was difference (P≤0.01) in CP (%), the highest value was for the forage under experimentation (12.21%) and for AN-447 (11.24%). The EE (%) was different (P≤0.05) and the highest value was for the forage under experimentation (1.37%) and for AN-388 (1.21%). The CF and NFE were not different (P≥0.05). The ash was different (P≤0.05) with high values for all the cultures. The TDN (%), DE, ME, and NEm were not different (P≥0.05). The NEg was highest for the hybrid P30G54 Pioneer, AN-388 and forage on experimentation, with values 1.088, 1.048 and 1.019 (Mcal.kg DM<sup>-1</sup>) respectively and different than AN-447 (0.928 Mcal.kg DM<sup>-1</sup>). The NE<sub>1</sub> values were not different (P≥0.05). The NDF presented significant difference (P≤0.05). The lowest value (65.57%) was obtained by P30G54 Pioneer and is not statistically different than AN-447 and forage on experimentation, with respectively values of 68.61 and 69.01%. with a higher value and different in AN-388 with 71.52%. The non-structural carbohydrates (NSC) density was different (P≤0.05), with 15.98% being the highest in the hybrid P30G54 Pioneer. The *in vitro* dry matter digestibility was higher in AN-388 (59.64%) and P30G54 Pioneer (58.38%) and minor and different values for forage on experimentation (52.05%) which also was different to AN-447 (43.41%). The nutrient content of the four genotypes of maize for fodder is good and is an alternative for animal feeding.

**Key words:** Forage maize, production, energy, carbohydrates, digestibility.

## Introducción

El maíz (*Zea mays*) L., se usa como alimento pecuario de diferentes maneras: para la obtención de grano, para su ensilaje, pastoreo y forraje. El maíz es una fuente importante de forraje para la alimentación animal (Elizondo y Boschini, 2001). Además de ser un cultivo de bajo costo, es un alimento de buena calidad y es uno de los mejores cultivos para ensilar. Reúne las mejores condiciones de valor nutrimental, alto contenido en azúcares, como grandes rendimientos por hectárea Peñagaricano *et al.* (1986); su riqueza en carbohidratos y materia seca son condiciones favorables que permiten obtener excelentes ensilados. Además de ser muy aceptado y digestible para los animales rumiantes, éste proporciona una gran cantidad de principios nutritivos (Amador y Boschini, 2000). Su utilidad y excelente valor alimenticio, están ampliamente documentados para la alimentación de ganado lechero (Cox y Cherney, 2005). Roth *et al.* (1970) consideran que existe variabilidad genética y de aplicación sistemática aplicada. Herrera *et al.* (2007) asume que es factible explorarse: producción de forraje hidropónico, peso total por planta, relación mazorca-follaje, digestibilidad de materia seca *in vitro*, proteína cruda, constituyentes de la pared celular, y lignina; características importantes para determinar la calidad de forraje de maíz (Spragre y Leparulo, 1965).

Este trabajo se planteó dada la importancia del maíz forrajero, con el objetivo de evaluar tres híbridos y una variedad forrajera en experimentación;

## Introduction

Maize (*Zea mays*) L., is used as a livestock food in different ways: for obtaining the grain, for silage, grazing and forage. Maize is an important forage source to be used in the animal feeding (Elizondo and Boschini, 2001). Also, it is a low-cost crop and a good quality food. Maize is one of the best crops to silage; because it has the best nutritional values, high content in sugars, as well as high yields per hectare Peñagaricano *et al.*, 1986), besides its richness in carbohydrates and dry matter, thus, it constitutes a complex of favorable conditions that allow obtaining excellent silages. Maize is not only well accepted and digestible for ruminants but also, it provides a great quantity of nutrients (Amador and Boschini, 2000). It is widely used in portions for dairy cattle, its value is unequal (Cox and Cherney, 2005). Roth *et al.* (1970) consider that there is a genetic variability with applied systematic application. Herrera *et al.* (2007) indicate that is feasible to explore: production of hydroponic forage, total weight per plant, cob-forage relation, digestibility of dry matter *in vitro*, crude protein, constituents of the cellular wall and lignin; such traits are the most important to determine the quality of the forage maize (Spragre y Leparulo, 1965).

Due to the importance of the forage maize, the objective of the current research was to evaluate three hybrids and a forage variety under experimentation; two hybrids obtained from the Mexican Institute of Maize (IMM) (the commercials AN-447 and AN-388) and a forage variety under

dos híbridos obtenidos por el Instituto Mexicano del Maíz (IMM) (los comerciales AN-447 y AN-388) y una variedad forrajera en experimentación y el híbrido P30G54 de Pioneer. A través de la producción ( $Tm \cdot ha^{-1}$ ) de materia seca (MS), evaluación química, contenido energético: nutrientes digestibles totales (NDT), energía digestible (ED), metabolizable (EM), neta para mantenimiento (ENm), neta para ganancia (ENg), neta de lactancia ( $EN_1$ ) y digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS).

## Materiales y métodos

### Ubicación del área experimental

El cultivo se estableció en Villa Hidalgo, municipio de Santiago Ixcuintla; Nayarit, México. Ubicado en las coordenadas  $21^{\circ} 37'$  al  $22^{\circ} 16'$  de latitud Norte y  $104^{\circ} 53'$  al  $105^{\circ} 39'$  longitud Oeste, a una altura de 10 msnm; con una precipitación pluvial promedio de 1,430.6 mm. El clima es cálido seco; con una temperatura media anual de  $26,5^{\circ}C$  (García, 1987). El suelo se clasifica desde migajón arenoso, migajón arcilloso, migajón arcilloso-arenoso y arcilloso; y se caracteriza por poseer buena profundidad, pH de 8,32; 1,3 y 15,25% para materia orgánica y carbonatos totales, respectivamente.

### Área de siembra

Las parcelas tenían  $800 m^2$  con 62,500 plantas. $ha^{-1}$ . Todas las parcelas evaluadas, se cosecharon a los 100 días de edad, cuando el grano de maíz se encontraba en estado lechoso-masoso.

### Fertilización

Un total de 3 dosis de fertilizantes se aplicó a todas las parcelas. La

experimentación and the hybrid P30G54 of Pioneer. The assessment was done with the production ( $Tm \cdot ha^{-1}$ ) of dry matter (MS), chemical evaluation, energetic content: total digestible nutrients (NDT), digestible energy (ED), metabolic energy (EM), net energy for maintenance (ENm), net for gaining, net for feeding ( $EN_1$ ) and *in vitro* digestibility of the dry matter (DIVMS).

## Materials and methods

### Location of the experimental area

The crop was carried out in Villa Hidalgo, Santiago Ixcuintla municipality; Nayarit, Mexico. The place is in the coordinates  $21^{\circ} 37'$  to  $22^{\circ} 16'$  North latitude and  $104^{\circ} 53'$  to  $105^{\circ} 39'$  West longitude, at a height of 10 masl; average raining precipitation of 1,430.6 mm. The weather is dry, with mean annual temperature of  $26.5^{\circ}C$  (García, 1987). The soil is classified from careous sandy, careous clayey, careous clayey-sandy and clayey. It is characterized by having good depth, pH of 8.32; 1.3 and 15.25% for organic matter and total carbonates respectively.

### Field's area

Plots of  $800 m^2$  with 62,500 plants. $ha^{-1}$  were used. All the plots to be evaluated were cropped when these were 100 days old and when the maize grain was in milky-seedy phase

### Fertilization

A total of 3 doses of fertilizers were applied to all the plots. The first 32-46-40 and 22-22 of double potassium sulphate + magnesium (DAP formula) and the other two with urea, finally

primera 32-46-40 y 22-22 de Sulfato doble de Potasio + Magnesio (fórmula DAP) y las otras dos con Urea y finalmente abono foliar (200 kg N). Además, se aplicaron agroquímicos para evitar y controlar insectos, malezas y enfermedades.

### Riego

Se aplicaron cinco riegos; 1° pre-siembra, 2° auxilio, 3° al 5° cada 20 días y además, se realizaron las labores de cultivo requeridas.

### Tratamientos

Los cuatro genotipos de maíz formaron los diferentes tratamientos; se integraron por tres genotipos del IMM, los híbridos (AN-447 y AN-388) y una variedad forrajera en experimentación; y como testigo, el híbrido P30G54 de Pioneer.

### Material evaluado

Se cortaron al azar 20 plantas de cada tratamiento. Esta práctica se realizó manualmente a una altura aproximada de 15 cm del nivel del suelo. Cada planta completa (tallo, hojas y mazorca) se pesó en verde. El material genético de maíz utilizado se reporta en el cuadro 1.

foliar manure (200 kg N). Additionally, were applied agro-chemicals to avoid and control insects, molasses and diseases.

### Irrigation

Five irrigations were applied; 1<sup>st</sup> pre-crop, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> to 5<sup>th</sup> every 20 days, and the required crop works were also carried out.

### Treatments

The four maize genotypes formed the different treatments, integrated by three genotypes of IMM, the hybrids (AN-447 and AN-388) and a forage variety in three experiments; and as a witness, the hybrid P30G54 of Pioneer.

### Evaluated material

20 plants were cut at random from each treatment. This practice was done manually with an average height of 15 cm of the soil's level. The weight was measured to each of the completed plants (stem, leaves and cobs). The genetic material of maize used is reported in table 1.

### Analysis of the samples

The samples were dried at 60°C in a stove Thelco, model 27, Chicago, Ill 60647, EUA.; and grounded in a 1

## Cuadro 1. Material Genético de forraje de maíz utilizado.

Table 1. Genetic material forage maize used.

Material	Genealogía
AN-447 (híbrido)+	(255 x MLS <sub>4,1</sub> ) AN7
AN-388 (híbrido)+	( 255 x Zap ) ML S <sub>4,1</sub>
Forrajero*	Participan 5 líneas (nivel experimental)
P 30G54 **	Híbrido Pioneer

+IMM, 2002; 2004

\*Forrajero en experimentación

\*\*Híbrido comercial.

### Análisis de muestras

Se secaron las muestras a 60°C en una estufa marca Thelco, Modelo 27, Chicago, Ill 60647, EUA y fueron molidas a través de una malla de 1 mm en un molino Thomas-Wiley, laboratorio Mill, modelo 4, PA., EUA, para determinar la materia seca (MS) a 105°C, humedad y extracto etéreo (EE).

El contenido de proteína cruda (PC) fue analizado según el procedimiento de Kjeldahl, (% N x 6.25) de acuerdo a procedimientos reportados (AOAC, 1997).

La fibra en detergente neutro (FDN) se determinó según procedimiento publicado (Goering y Van Soest, 1970).

Los carbohidratos no-estructurales (CNE) se calcularon con la siguiente ecuación (Van Soest, 1994):  $CNE (\%) = MS - [PC + EE + cenizas + FDN]$ . El total de nutrientes digestibles % =  $PCD + ELND + FCD + (EED) 2.25$ ;  $ED \text{ Mcal.kg}^{-1} = \% TND \times 4.409 \text{ Mcal ED.kg MS}^{-1}$ ;  $EM \text{ Mcal.kg}^{-1} = ED (\text{Mcal.kg MS}^{-1}) \times .82$  (Crampton y Harris, 1969).

La energía neta para mantenimiento (ENm) y energía neta para ganancia (ENg), se estimaron de acuerdo con (Lofgreen y Garrett, 1968); la energía neta para lactancia se estimó (EN<sub>l</sub>) en base a la ecuación reportada por Moe y Flatt, (1969) para determinar la digestibilidad *in vitro* de materia seca (Tilley y Terry, 1963).

### Análisis estadístico

Los resultados se analizaron de acuerdo al diseño completamente al azar con igual número de repeticiones por tratamiento, con cuatro tratamientos y dos repeticiones para materia seca (Tm.ha<sup>-1</sup>), composición química,

mm mesh, in a grinder Thomas-Wiley, laboratory Mill, model 4, PA., EUA; to determine the dry matter (MS) at 105°C, humidity and ethereal extract (EE). The content of crude protein (PC) was analyzed according to the Kjeldahl procedure, (% N x 6.25) according to the reported procedures (AOAC, 1997).

The neutral detergent fiber (NDF) was determined according to the procedure published by Goering and Van Soest, 1970. The non-structural carbohydrates (CNE) were measured with the following equation (Van Soest, 1994):  $CNE (\%) = MS - [PC + EE + ashes + NDF]$ . The total of the digestible nutrients % =  $PCD + ELND + FCD + (EED) 2.25$ ;  $ED \text{ Mcal.kg}^{-1} = \% TND \times 4.409 \text{ Mcal ED.kg MS}^{-1}$ ;  $EM \text{ Mcal.kg}^{-1} = ED (\text{Mcal.kg MS}^{-1}) \times .82$  (Crampton and Harris, 1969). The net energy for maintenance (ENm) and the net energy for gaining (Eng) were estimated according to (Lofgreen and Garrett, 1968). Net energy for lactation (EN<sub>l</sub>) based on the equation reported by Moe and Flatt, (1969), to determine the *in vitro* digestibility of dry matter (Tilley and Terry, 1963).

### Statistical analysis

The results were analyzed according to the randomized design with equal number of replications per treatment with 4 treatments and 2 replications for dry matter (Tm.ha<sup>-1</sup>), chemical composition, NDF and energetic content; and 4 treatments with 4 replications for DIVMS. Subsequently, a multiple rank test DMS (Significant minimum difference) was carried out to compare the means (Steel and Torrie, 1980).

FDN y contenido energético, y 4 tratamientos con 4 repeticiones para DIVMS. Posteriormente se realizó una prueba de rango múltiple DMS (Diferencia mínima significativa) para comparación de medias (Steel y Torrie, 1980).

## Resultados y discusiones

### Materia seca (MS)

La producción de MS tuvo una diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) entre los tratamientos (cuadro 2) AN-388, 42.75; P30G54 Pioneer, 35.28; forrajero en experimentación y AN-447, respectivamente 22.74 y 17.59 Tm.ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos AN-388 y P30G54 Pioneer, fueron diferentes entre sí, y con la mayor producción de MS Tm.ha<sup>-1</sup>.

En esta investigación, los cultivos se ajustaron a la densidad fija de

## Results and discussion

### Dry matter (MS)

The production of dry matter had a highly significant difference ( $P \leq 0.01$ ) among the treatments AN-388, 42.75; P30G54 Pioneer, 35.28; forage under experiment and AN-447, respectively 22.74 and 17.59 Tm.ha<sup>-1</sup> (table 2). Treatments AN-388 and P30G54 Pioneer are different in between, and were the treatments with higher production of dry matter Tm.ha<sup>-1</sup>. In the current research, the crops adjusted to the fixed density of plants.area<sup>-1</sup> and age for the cut. It is mandatory to increase the sow density (Cuomo *et al.*, 1998; Elizondo and Boschini, 2002), to obtain higher yields of quantity and quality, in a way to increase the population per area and to stimulate a higher leave:stem relation by the reduction in the thickness of the stems

### Cuadro 2. Producción de materia seca por Ha (MS.ha<sup>-1</sup>) y composición química de maíz AN-447, AN-388, P30G54 Pioneer y forrajero en experimentación.

Table 2. Production of dry mater per Ha (DM.ha<sup>-1</sup>) and chemical composition of corn AN-447, AN-388, P30G54 Pioneer y forrajero en experimentación.

Variables	Tratamientos				EE <sup>1</sup>	P>F
	AN-447	AN-388	P30G54*	Forrajero**		
MS (%)	22,60 <sup>d</sup>	40,47 <sup>a</sup>	37,41 <sup>b</sup>	31,69 <sup>c</sup>	0,19	0,01
MS.planta (kg) <sup>-1</sup>	0,364	0,684	0,585	0,282	-	-
MS (Tm.ha <sup>-1</sup> )	22,74 <sup>c</sup>	42,75 <sup>a</sup>	35,31 <sup>b</sup>	17,63 <sup>d</sup>	0,19	0,01

<sup>1</sup>EE: Error estándar de la media

MS = Materia seca

\*Híbrido Pioneer

\*\*En experimentación

a, b, c, d Literales diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes ( $P < .01$ )

plantas.área<sup>-1</sup> y edad para el corte. Para mayores rendimientos tanto en cantidad como en calidad, es indispensable aumentar la densidad de siembra (Cuomo *et al.*, 1998; Elizondo y Boschini, 2002), de manera que se incremente la población por área y estimule una mayor relación hoja:tallo, por disminución en el grosor del tallo al alargarse más aceleradamente por competencia lumínica. El objetivo sería, lograr mayor producción de forraje por unidad de área, sin que ello repercuta en el valor nutritivo de la hoja, el tallo o la planta entera (Elizondo y Boschini, 2002). De allí, el trabajo realizado por Elizondo y Boschini, (2001), la producción de materia seca kg.ha<sup>-1</sup> reflejó una disminución progresiva al aumentar la distancia entre plantas, pero la diferencia no fue significativa ( $P \geq 0.05$ ). Otros aspectos, como la condición de la planta y su edad fenológica incrementan los contenidos de materia seca y fibra (Van Soest, 1994).

Por otro lado, al realizar muestreos a partir de 42 días de establecido el cultivo y cada 14 días hasta completar 126 días, se apunta que la edad de corte repercute notablemente sobre la producción y el contenido nutricional de las diferentes partes de la planta. Incrementando el contenido de materia seca de 9,0 a 16,0% (Elizondo y Boschini, 2001).

Para el caso del maíz, todas las variedades se pueden cultivar para forrajes, pero las de mayor rendimiento son aquellas variedades regionales de porte alto. Los híbridos por su porte pequeño generalmente producen menos cantidad de forraje por unidad de área (Elizondo y Boschini, 2001; Boschini y Elizondo, 2004).

when lengthening more rapidly due to light competence. The objective would be to obtain a higher production of forage per area, without any repercussion in the nutritive value of the leave, the stem or the complete plant (Elizondo and Boschini, 2002). In the research carried out by Elizondo and Boschini (2001), the production of dry matter kg.ha<sup>-1</sup> showed a progressive reduction when increasing the distance among the plants, but the difference was not significant ( $P \geq 0.05$ ). Other aspects, such as the condition of the plant and its phenological age increase the contents of dry matter and fiber (Van Soest, 1994).

On the other side, sampling 42 days after established the crop and every 14 days until completing 126 days, has an important effect on the production and nutritional content of the different parts of the plant, increasing the content of dry matter from 9.0 to 16.0% (Elizondo and Boschini, 2001). For the case of maize, all the variables can be cropped for forages, but the ones with better yields are those regional variables with high freightage. The hybrids, due to their low freightage generally produce less quantity of forage per area's unit (Elizondo and Boschini, 2001; Boschini and Elizondo, 2004).

### **Chemical evaluation**

The results of the chemical composition of the three hybrids of forage maize and forage under experimentation were: the content of crude protein (table 2) was significant high ( $P \leq 0.01$ ) among the treatments. Forage in experimentation (12.03%), AN-447 (11.24%), P30G54 Pioneer (9.88%) and AN-388 (9.22%). P30G54



### Evaluación química

Los resultados de la composición química de los tres híbridos de maíz forrajero y forrajero en experimentación, fueron los siguientes: El contenido de proteína cruda (cuadro 3), fue altamente significativo ( $P \leq 0,01$ ) entre los tratamientos. Mientras que el contenido de proteína cruda en forrajero en experimentación (12,03%), AN-447 (11,24%), P30G54 Pioneer (9,88%) y AN-388 (9,22%). P30G54 Pioneer no fue diferente a AN-388. Los valores de proteína cruda encontrados en esta investigación son excelentes; se presentan en rango de 9,2 a 12,2% de PC; con un promedio de 10,6%; valores comunes para granos como maíz, sorgo, avena y trigo; sin embargo, AN-388 y P30G54 Pioneer, tuvieron 39,0% de materia seca, lo cual disminuyó hasta en 2,1% el contenido de proteína cruda.

Pioneer were not different to AN-388. The values found surpass the ones obtained by Church, (1982) when analyzing the complete plant the author reported a content of crude protein of 6.6%. The values of crude protein found in the current research are excellent. These are presented in the rank from 9.2 to 12.2% of crude protein, with an average of 10.6%. These values are common for grains such as maize, sorghum, oat and wheat. However, AN-388 and P30G54 Pioneer, had 39.0% of dry matter, which reduced until 2.1% the content of crude protein. Cox and Cherney, (2005) reported a reduction in the content of crude protein of 7.8, 7.3 and 7.2% when increasing the content of dry matter from 29.5 to 31.0%. The EE was different ( $P \leq 0.05$ ) with values 0.92, 1.21, 0.93 and 1.37% for AN-447, AN-388, P30G54

**Cuadro 3. Composición química de maíz AN-447, AN-388, P30G54 Pioneer y forrajero en experimentación.**

**Table 3. Chemical composition of corn AN-447, AN-388, P30G54 Pioneer and forage under investigation.**

Variables	Tratamientos					
	AN-447	AN-388	P30G54*	Forrajero**	EE <sup>1</sup>	P>F
Proteína cruda	11,24 <sup>a</sup>	9,22 <sup>b</sup>	9,88 <sup>b</sup>	12,03 <sup>a</sup>	0,186	0,01
Extracto etéreo	0,92	1,21	0,93	1,37	0,08	0,05
Fibra cruda	26,34	24,34	23,70	27,50	1,874	0,53
Extracto libre nitrógeno	49,93	56,72	58,21	51,22	1,89	0,09
Cenizas	12,41 <sup>a</sup>	9,13 <sup>b</sup>	7,65 <sup>b</sup>	8,64 <sup>b</sup>	0,33	0,01

<sup>1</sup>EE: Error estándar de la media

\*Híbrido Pioneer

\*\*En experimentación

<sup>a,b</sup>Literales diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes ( $P < 0.01$ )

Los valores encontrados superan lo obtenido por Church, (1982); al analizar la planta completa ésta reporta un contenido de proteína cruda de 6,6%; Cox y Cherney, (2005) encontraron menor contenido de proteína cruda (7,8 a 7,2%) al incrementar el contenido de MS de 29,5 a 31,0%.

El contenido de cenizas fue diferente ( $P \leq 0.01$ ) entre tratamientos. El contenido de cenizas: 12,41% en AN-447 fue superior a los demás; 9,13%, AN-388; 8,64%, forrajero en experimentación y 7,65%, P30G54 Pioneer; siendo estos dos últimos iguales entre sí (cuadro 3). La concentración de carbonatos totales reportados en el análisis de suelo, fueron altos, lo que quizás influyó en el contenido de ceniza de los cultivos. Valores muy elevados podrían indicar que existe contaminación con suelo o dilución de alimentos con sustancias, como sal y roca caliza (Church *et al.*, 2002). Las medias encontradas en la interpretación anterior superan notablemente el valor (5,2%) reportado por Church, (1982) al analizar la planta completa. El contenido de EE ( $P = 0,05$ ) fue superior en forrajero en experimentación y AN-388 y diferentes a AN-447 y P30G54 Pioneer que no difirieron entre sí. El contenido de FC y ELN no mostraron diferencias significativas ( $P \geq 0,05$ ).

### Contenido energético

Los contenidos de NTD (%), ED, EM, ENm, ENg y  $EN_1$  (Mcal.kg MS<sup>-1</sup>) se presentan en el cuadro 4. Los valores de energía de los genotipos de maíz en estudio no fueron diferentes ( $P \geq 0,05$ ), aunque hubo una diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) en ENg. El contenido de energía fue de 0.928, 1.048, 1.088 y 1.019 ENg Mcal.kg MS<sup>-1</sup> para

and forage under experimentation, respectively.

The ashes content was different ( $P \leq 0.01$ ) among treatments. The ashes content: 12.41% in AN-447, was superior to the others; 9.13%, AN-388; 8.64%, forage under experimentation and 7.65%, P30G54 Pioneer; these last two were equal in between (table 2). The total carbonates concentration reported in the soil analysis was high. Possibly, this high concentration of carbonates influenced the content of ashes in the crops. Increase values might indicate that there is soil pollution or dilution of food with substances, such as salt and limestone (Church *et al.*, 2002). The means found in the previous interpretation surpass significantly the value (5.2%) reported by Church, (1982) when analyzing the plant as a whole. The EE content ( $P \leq 0.05$ ) was superior in the forage under experimentation and AN-388, and different in AN-447 and P30G54 Pioneer which did not differ in between. The FC and ELN content did not show significant differences ( $P \geq 0.05$ ).

### Energetic content

The content of TND (%), ED, EM, ENm, ENg and  $EN_1$  Mcal.kg MS<sup>-1</sup> are presented on table 3. The energy values of the maize genotypes under research do not differ ( $P \geq 0.05$ ). There was only a significant difference ( $P \leq 0.05$ ) in ENg. The energy content was of 0.928, 1.048, 1.088 and 1.019 ENg Mcal.kg MS<sup>-1</sup> for AN-447, AN-388, P30G54 Pioneer and forage under experimentation, respectively. AN-447 was lower and more different than the rest. Nahara, (2004) carried out an evaluation to the gluten feed

**Cuadro 4. Contenido de energía de maíz AN-447, AN-388, P30G54 y forrajero en experimentación.****Table 4. Energy content of corn AN-447, AN-388, P30G54 and forage under investigation.**

Determinación	Tratamientos				EE <sup>1</sup>	P>F
	AN-447	AN-388	P 30G54	Forrajero		
NDT (%)	68,39	72,58	73,53	71,56	0,915	0,060
ED Mcal.kg MS <sup>-1</sup>	3,015	3,200	3,242	3,155	0,040	0,060
ED Mcal.kg MS <sup>-1</sup>	2,473	2,624	2,659	2,587	0,033	0,060
ENm Mcal.kg MS <sup>-1</sup>	1,500	1,620	1,649	1,590	0,027	0,062
ENg Mcal.kg MS <sup>-1</sup>	0,928 <sup>b</sup>	1,048 <sup>ab</sup>	1,088 <sup>a</sup>	1,019 <sup>ab</sup>	0,023	0,031
ENl Mcal.kg MS <sup>-1</sup>	1,763	1,918	1,954	1,881	0,159	0,060

<sup>1</sup>EE: Error estándar de la media.

<sup>a,b,c</sup>Literales diferentes en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<.05).

AN-447, AN-388, P30G54 Pioneer y forrajero en experimentación respectivamente, siendo AN-447 más bajo y diferente a los demás. Nahara, (2004) realizó la evaluación al gluten de maíz (húmedo) encontrando valores de 1.34 Mcal.kg MS<sup>-1</sup>, valor superior a los reportados en este trabajo.

#### **Fibra en detergente neutro (FDN)**

Los valores de FDN encontrados en AN-447, AN-388, P30G54 Pioneer y forrajero en experimentación fueron 68,61; 71,52; 65,57 y 69,01%, respectivamente (cuadro 5). Se observó una diferencia significativa (P<0.05) entre los tratamientos. El menor contenido de FDN (65,57%) en P30G54 Pioneer fue igual a AN-447 (68,61%) y forrajero en experimentación (69,01%). AN-388 fue el tratamiento con mayor contenido de FDN (71,52%) y fue igual a AN-447 y forrajero en experimentación. El tratamiento AN-388 tuvo la mayor producción de

of maize (wet) finding values of 1.34 Mcal.kg MS<sup>-1</sup>, value that was superior to the ones reported in the current research.

#### **Neutral detergent fiber (NDF)**

The values of NDF found on AN-447, AN-388, P30G54 Pioneer and forage under experimentation were 68.61, 71.52, 65.57 and 69.01% respectively (table 4). Significant difference was observed (P<0.05) among the treatments. The lower content of NDF (65.57%) in P30G54 Pioneer, was the same for AN-447 (68.61%) and the forage under experimentation (69.01%). AN-388 was the treatment with higher content of NDF (71.52%) and the same for AN-447 and the forage under experimentation.

The treatment AN-388 had the highest production of MS.ha<sup>-1</sup>. The values reported in the current research agree to those mentioned by Van Soest,

**Cuadro 5. Contenido de fibra detergente neutro (FDN) y carbohidratos no estructurales (CNE).****Table 5. Content of neutral detergent fiber (NDF) and non-estructural carbohydrates (NEC).**

Variables (%)	Tratamientos				EE <sup>1</sup>	P>F
	AN-447	AN-388	P30G54	Forrajero		
FDN	68,61 <sup>ab</sup>	71,52 <sup>a</sup>	65,57 <sup>b</sup>	69,01 <sup>ab</sup>	0,934	0,049
CNE	6,79 <sup>c</sup>	8,88 <sup>ab</sup>	15,95 <sup>b</sup>	8,95 <sup>ab</sup>	0,942	0,011

FDN: Fibra en detergente neutro

CNE: Carbohidratos no estructurales

<sup>1</sup>EE: Error estándar de media<sup>a,b,c</sup>Literales diferentes en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<.05).

MS.ha<sup>-1</sup>. Los valores aquí reportados coinciden con Van Soest, (1994) ya que el contenido de FDN representa del 60 al 85% del total del forraje, en base seca. La presencia de FDN (pared celular) se relaciona con el estado fenológico de la planta. Fairey, (1980) señaló que un incremento en la madurez del forraje generalmente se correlaciona con una disminución de la digestibilidad y el consumo, bajo contenido de proteína cruda y un incremento en el contenido de fibra en la dieta. Sin embargo, Cox y Cherney durante la realización de una investigación (2005) observaron que al incrementarse el contenido de MS de 29,5 hasta 35,0%, la FDN disminuyó de 46,9 a 41,7%. Otros investigadores como Cox y Cherney, (2001); Lewis *et al.* (2004); Darby y Lauer, (2002) reportaron un comportamiento similar en FDN; ya que el grano de maíz, el cual contiene muy baja concentración de FDN, continúa su desarrollo. Situación diferente se presentó en esta investigación. Uno de los genotipos con

(1994), since the NDF content represents 60% to 85% of the total of the dry forage. The presence of NDF (cellular wall) is related to the phenological phase of the plant. Fairey, (1980), mentioned that an increment in the ripening of the forage is generally related to a reduction of the digestibility and the consumption, low content of crude protein and an increment in the fiber content in the diet. Researches carried out by Cox and Cherney, (2005) have observed that when the MS content increased from 29.5; 31.0 to 35.0%, the NDF decreased from 46.9, 44.7 to 41.7%. Other researchers, such as Cox and Cherney, (2001); Lewis *et al.* (2004); Darby and Lauer, (2002); have reported a similar reduction in NDF; because the grain, which has very low concentration of NDF, continues its development in the content of dry matter.

A different situation was presented in the current research. One of the genotypes with higher production of MS (AN-388), also had a

mayor producción de MS (AN-388), también tuvo mayor contenido de FDN y el segundo con mayor producción de materia seca (35,31 Tm.ha<sup>-1</sup>), el híbrido P30G54 Pioneer tuvo el menor contenido de FDN. Sin embargo, Amador y Boschini, (2000) reportaron cortes de forraje de maíz a partir de 37 días y cada 14 días hasta completar 149 días, el contenido de la pared celular fue relativamente alto desde edades muy tempranas, tanto en tallo como en hoja, espiga y mazorca. Miller, (1983) señala que no se debe menospreciar 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 los forrajes. La presencia de material fibroso tiene una función específica como estimular la rumia. Alternativas sobre este tema, Fimbres *et al.* (2002), al incluir heno (fibra) en proporciones de 0, 10, 20 y 30%, incrementó el consumo de materia seca en corderos alimentados con dietas altas en concentrado.

### **Carbohidratos no estructurales (CNE)**

El contenido de CNE de los tratamientos en este estudio se presenta en la cuadro 5. El contenido de CNE fue diferente ( $P \leq 0.05$ ). El mayor valor de CNE (15,95%) se obtuvo en P30G54 Pioneer. Este valor encontrado en P30G54 Pioneer fue estadísticamente igual a AN-388 y forrajero en experimentación con 8,88 y 8,95% respectivamente, y diferente a AN-447 con valor de 6,79%. El valor de CNE se refleja en el contenido energético del cultivo (Van Soest, 1994). Situación observada en el genotipo P30G54 Pioneer que fue bajo en FDN y alto en

higher content of NDF, and the second with higher production of dry matter (35.31 Tm.ha<sup>-1</sup>), the hybrid P30G54 Pioneer had the lowest content of NDF. However, Amador and Boschini, (2000) reported cuts of maize forage after 37 days and every 14 days until completing 149 days, the content of the cellular wall was relatively high from very early ages, in the stem, leaf, ear and cob. Miller, (1983) mention that the importance of the fiber content of forage should not be underestimated, due to the its low digestibility, being the latter a limitation in the value and nutritive quality of these, The presence of fibrous material has an specific function, such as the one to stimulate the rumia. Fimbres *et al.* (2002) mentioned an alternative on this regards, which was to include hay (fiber) 0, 10, 20 and 30%, this increased the consumption of dry matter, time of consumption and rumia in lambs fed with diets high in this concentrate.

### **Non-structural carbohydrates (CNE)**

The CNE content of the treatments in the current research is presented in table 5. The CNE content was different ( $P \leq 0.05$ ). The CNE value 15.95% was the highest and was obtained in P30G54 Pioneer. This value found on P30G54 Pioneer was statistically the same to AN-388 and the forage under experimentation with 8.88 to 8.95% respectively, and different to AN-447 with a value of 6.79%. The CNE value is shown in the energetic content of the crop (Van Soest, 1994). This situation was observed in the genotype P30G54 Pioneer; which was low in FDN and

CNE y mayor en contenido energético; características que favorecen a este genotipo.

Los carbohidratos no-estructurales están mayormente presentes en los granos; están compuestos por almidones, azúcares y pectinas, se fermentan rápido y completamente en el rumen; consumidos en un corto periodo de tiempo, pueden resultar en la producción de más ácido láctico que el que puede ser amortiguado en el rumen (Owens *et al.*, 1998). Además, el contenido de los CNE de los pastos tiene un efecto marcado sobre las proporciones de AGV's que se producen en el rumen (Van Soest, 1994; Welch, 1982).

#### Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS)

De acuerdo a los resultados (cuadro 6) existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ) entre las medias observadas. Los cultivos AN-388 (59,64%) y P30G54 Pioneer (58,38%) son iguales entre sí y diferentes a la

high in CNE, and higher in energetic content, situation that favored this genotype studied. The non-structural carbohydrates are normally present in the grains, are composed by starch, sugar and pectin, these ferment fast and completely in the rumen. Highly fermentable nutrients in rumen consumed in a short period of time can appear in the production of more lactic acid than the buffered in the rumen (Owens *et al.*, 1998). Also, the CNE content of grasses have a marked effect on the proportions of AGV's that are produced in the rumen (Van Soest, 1994; Welch, 1982).

#### *In vitro* dry matter digestibility (IVDMD)

According to the results (table 6) there were significantly high differences ( $P \leq 0.01$ ) among the means observed. The crops AN-388 (59.64%) and P30G54 Pioneer (58.38%) are the same in between, and different to the forage variety under experimentation (52.05%) and AN-447 (43.42%).

### Cuadro 6. Digestibilidad *in vitro* de materia seca del maíz AN-447, AN-388, P30G54 Pioneer y forrajero en experimentación.

Table 6. *In vitro* dry mater digestibility of maize AN-447, AN-388, Pioneer P30G54 and forage under experimentation.

Variable	Tratamientos					
	AN-447	AN-388	P 30G54*	Forrajero**	EE <sup>1</sup>	P>F
Digestibilidad <i>in Vitro</i> de materia seca	43,42 <sup>c</sup>	59,64 <sup>a</sup>	58,38 <sup>a</sup>	52,05 <sup>b</sup>	0,76	0,01

<sup>1</sup>EE: Error estándar de la media

\*Comercial Pioneer

\*\*Forrajero en experimentación

<sup>a,b,c</sup>Literales diferentes en el mismo renglón, son estadísticamente diferentes ( $P < 0.01$ ).

variedad forrajero en experimentación (52,05%) y AN-447 (43,42%). Mientras, el forrajero en experimentación y AN-447 son diferentes entre sí. Galván, (1994) realizó una evaluación de híbridos de maíz forrajero reportando un 66,79% de digestibilidad *in vitro* de MS, para una sección de maíz en la mazorca (incluyendo hojas), 49,8% arriba de la mazorca y finalmente 41,96% debajo de la mazorca; valor de la primera sección supera a los materiales evaluados en este experimento. Posiblemente algunas de estas partes estén constituidas por estructuras no muy fibrosas y podrían presentar más elementos nutritivos aprovechables para el animal (Hernández, 1994). Cruz, (1989) encontró valor de 58,71% de DIVMS, valor muy similar al encontrado en AN-388 y P30G54 Pioneer superior a forrajero en experimentación y AN-447. Fairey, (1982) trabajando con localidades, madurez de la planta, la importancia del grano y el rastrojo para calidad forrajera, reportó que el rendimiento en grano no es buen parámetro predicativo para producción de forraje por lo que sugiere seleccionar híbridos para la producción de forraje, y evaluar por separado características favorables de una variedad en particular.

Para seleccionar los genotipos de maíz para la producción de forraje es recomendable conocer los resultados de la digestibilidad de la materia seca *in vitro*, y rendimiento en la materia seca de la planta (Fairey, 1982). Herrera *et al.* (2007), evaluaron la digestibilidad aparente de materia seca *in vivo* del forraje hidropónico del maíz en ovinos de 29,4 kg PV; reportando 55,9% de DMS. Estos valores son muy simila-

Meanwhile, the forage under experimentation and AN-447 are different among them. Galván, (1994) carried out a research of a forage maize hybrid reporting 66.79% of *in vitro* digestibility of MS, for a section of maize in the corn (including leaves), 49.8% in the upper side of the cob and finally 41.96% in the lower side of the corn; the value of the first section surpasses the materials evaluated in the current research.

Possibly, some of these parts are constituted by not too fibrous structures and might present more profitable nutritive elements for the animal Hernández, (1994). Cruz, (1989) found a value of 58.71% of IVDMD, which is a similar value to the one found in AN-388 and P30G54 Pioneer; and superior to the forage under experimentation and AN-447. Fairey, (1980) reported, when working with ripening of the plant and the importance of the grain and the stubble for the forage quality, that the yield in the grain is not a good parameter to predict the production of the forage. The author suggests selecting hybrids for the production of forage, and to evaluate separately, the favorable traits of a variety in particular. It is recommendable to know the digestibility results of dry matter *in vitro*, and the yield of the dry matter of the plant, in order to select the maize genotypes for the production of forage (Fairey, 1982). Herrera *et al.* (2007) evaluated the apparent digestibility of the dry matter *in vivo* of the hydroponic maize forage in goat cattle of 29.4 kg PV; reporting 55.9% of DMS. These values are very similar to the digestibility coefficients of

res a los coeficientes de digestibilidad de AN-388 (59,64%) y P30G54 Pioneer (58,38%), pero superiores a forrajero en experimentación (52,05%) y AN-447 (43,42%). Fuentes *et al.* (2007) realizaron la DIVMS de tres variedades de alfalfa (Valencia, Atlixco y San Miguelito); en este estudio, el mayor coeficiente de digestibilidad de materia seca se relaciona con un menor contenido de FDN y celulosa en las variedades estudiadas.

## Conclusión

La producción de materia seca ( $Tm \cdot ha^{-1}$ ), fue superior en AN-388 y P30G54 Pioneer. El contenido de proteína cruda fue superior en forrajero en experimentación y AN-388. El contenido de FDN fue más bajo, y hubo mayor contenido de CNE en P30G54 Pioneer. Los coeficientes en DIVMS de AN-388 y P30G54 Pioneer fueron mayores, valores que son considerados excelentes para ser forrajes. El contenido de nutrimento de los cultivos estudiados es una fuente importante para la alimentación animal. De esta forma, se recomienda realizar futuros trabajos encaminados a pruebas biológicas de comportamiento y análisis de costos.

## Literatura citada

- Amador, A.L. y C. Boschini. 2000. Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción forrajera (Nota Técnica). *Agronomía Mesoamericana* 11(1): 171-177.
- AOAC. 1997. Official methods of analysis. Association of Official Analytical

AN-388 (59.64%) and P30G54 Pioneer (58.38%); but superior to forage under experimentation (52.05%) and AN-447 (43.42%). Fuentes *et al.* (2007) carried out DIVMS of three varieties of alfalfa (Valencia, Atlixco and San Miguelito); in the current research, the highest digestibility of coefficient of dry matter is related to a lower content of NDF and cellulose in the studied variables.

## Conclusion

The production of dry matter ( $Tm \cdot ha^{-1}$ ) was superior in AN-388 and P30G54 Pioneer. The crude protein content was superior in the forage under experimentation and AN-447. Higher values were observed in EE for the forage under experimentation and AN-388. The NDF content was lower and there was higher content of CNE in P30G54 Pioneer. The coefficients in IVDMD of AN-388 and P30G54 Pioneer were higher. These values were considered excellent for forages. The nutriment content of the crops studied is an important source for the animal feeding. Further researches are recommended to study biologic behavior and costs' analysis.

*End of english version*

---

Chemists. 15th Ed. Washington, D.C. E.U.A. Pp. 4-26.

- Boschini C. y J. Elizondo. 2004. Desarrollo productivo y cualitativo de maíz híbrido para ensilaje. *Agronomía Mesoamericana* 15(1):31-37.
- Cox, W.J. and D.J. Cherney. 2001. Influence of brown midrib, leafy and transgenic hybrids on corn forage production. *Agron. J.* 93:790-796.



- Cox, W.J. and D.J. Cherney. 2005. Timing corn forage harvest for bunker silos. *Agron. J.* 97:142-146.
- Crampton, E.W. and L.E. Harris. 1969. The use of feedstuffs in the formulation of livestock rations. 2nd Ed. W.H. Freeman (Ed). Applied Animal Nutrition. San Francisco, EUA. 72-76 pp.
- 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. Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Cuomo, G., D. Redfearn and D. Blouin. 1998. Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology, and nutritive value. *Agron. J.* 90:93-96.
- Church, J. 1982. Influence of population density and hybrid maturity on productivity and quality of forage maize. *Can. J. Plant. Sci.* 62: 427-430.
- Church, D.C., W.G. Pond. y 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.
- Darby H.M. and J.G. Lauer. 2002. Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality, and preservation. *Agron. J.* 95:559-566.
- Elizondo, J. y C. Boschini. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana.* 12(2):181-187.
- Elizondo, J. y C. Boschini. 2002. Producción forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana.* 13(1):13-17.
- Fimbres, D.H., G. Hernández-Vidal, F.J. Picón, J.R. Kawas and C.D. Lu. 2002. Productive performance and carcass characteristics of lambs fed finishing ration containing various forage levels. *Small Ruminant Research.* 43 (3) 275-281.
- Fairey, M.A. 1980. Hybrid maturity and relative importance of grain and stored 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.
- Fuentes-Rodríguez, J.M., N. Cruz-Contreras, M. Torres-Hernández, J.A. De la Cruz-Bretón, M.E. Murillo-Soto, E. García-Martínez, J.J. López-González y R. García-Castillo. 2007. Digestibilidad In-Vitro y valor nutritivo de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) en hidroponía. Libro Científico Anual. Agricultura, Ganadería y Ciencia Forestal. UAAAN-2007. Saltillo, Coahuila, México. 24-27.
- 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. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- García, E. 1987. Datos meteorológicos de las estaciones empleadas en el presente trabajo actualizadas a 1980. Segunda parte 4ta. Ed. Instituto de Geografía. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Köppen. UNAM. México. Pp. 87-88.
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). *Agric. Handbook* N° 379. ARS, USDA, Washington, D. C., EUA.
- Hernández, S.D. 1994. Evaluación del potencial forrajero para calidad y producción de 25 híbridos de maíz en la Comarca Lagunera. Tesis Licenciatura. Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Herrera, A.A., A.L. Depablos; M.R. López; S.M. Benezra y L. Ríos. 2007. Degradabilidad y digestibilidad de la materia seca del forraje hidropónico de maíz (*Zea mays*). Respuesta animal en términos de consumo y

ganancia de peso. Revista Científica, FCV-LUZ/VOL. XVII, N° 4, 372-379.

Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. Pp. 44, 84, 88, 89, 91.

- Lewis, A.L., W.J. Cox, J.H. Cherney. (2004). Hybrid, maturity, and cutting height interactions on corn forage yield and quality. *Agron. J.* 96:267-274.
- 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.
- 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.* 52:928-929. (abstract).
- Nahara, F. 2004. Uso de alimentos alternativos en feedlot (Segunda Parte). Artículo. [www.engormix.com](http://www.engormix.com).
- Owens, F.N., D.S. Secrist, W.J. Hill and D.R. Gill. 1998. Acidosis in cattle: A Review. *J. Anim. Sci.* 76:275-286.
- Peñagaricano, A.J., W. Arias y J.N. LLaneza. 1986. El ensilaje: Manejo y utilización de las reservas forrajeras. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. Pp. 44, 84, 88, 89, 91.
- Roth, H.L. A. Hodne, M. Journet. 1970. The effect of grazing management of forage and grain production from rye, wheat and oats. *J. Agronomy.* 46:29-33.
- Spragre, M.A., L. Leparulo. 1965. Losing during storage and digestibility of different crops of silage. *Agronomy Journal.* 57: 425-427.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1980. Análisis de varianza I: Clasificación de una vía (cap. 7); Comparación múltiples (Cap. 8) 2da. Ed. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill, New York, EUA. Pp.132-185.
- Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage techniques for the in vitro digestion of forage crops. *J. British Grassl. Soc.* 18:104-111.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Comstock, Cornell University Press. USA. 2nd Edition. P-373.
- Welch, J.G. 1982. Rumination, particle size and passage from the rumen. *J. Anim. Sci.* 54:885-894.