

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



“Determinación de la Calidad Nutricional en Plantas de Maíz”

Por:

GAMALIEL FLORES FRANCISCO

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre del 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD NUTRIMENTAL EN PLANTAS DE
MAÍZ"**

TESIS

Presentada por:


GAMALIEL FLORES FRANCISCO


**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como
Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

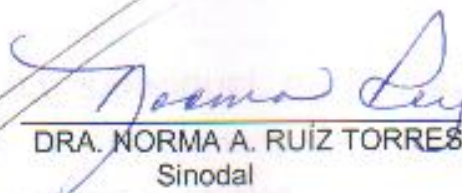
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

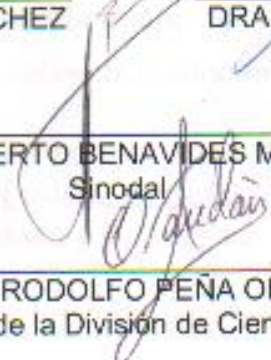
Aprobada por:

El presidente del jurado


LIC. LAURA O. FUENTES LARA


DR. FROYLAN RINCÓN SÁNCHEZ
Sinodal


DRA. NORMA A. RUIZ TORRES
Sinodal


DR. ADALBERTO BENAVIDES MENDOZA
Sinodal

ING. JOSÉ RODOLFO PEÑA ORANDAY
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Noviembre de 2008.

AGRADECIMIENTOS

A mi **ALMA TERRA MATER** por la oportunidad de terminar mis estudios profesionales.

A la Lic. **LAURA OLIVIA FUENTES LARA** por brindarme su amistad y sobre todo su apoyo y tiempo empleado en este trabajo de investigación.

Al Dr. **FROYLÁN RINCÓN SÁNCHEZ** por permitirme la participación en este trabajo de investigación, su tiempo y apoyo constante para la culminación de este trabajo.

A la Dra. **NORMA A. RUÍZ TORRES** por su disponibilidad en la revisión y asesoría en este trabajo de investigación.

Al Dr. **ADALBERTO BENAVIDES MENDOZA** por su apoyo y su disponibilidad de tiempo en la revisión de este trabajo de investigación.

A los **MAESTROS (AS)** que colaboraron en mi formación profesional durante la estancia en esta universidad, esta formación hoy se ven reflejados en la culminación de este trabajo de investigación.

A el **T.L.Q. CARLOS ALBERTO ARÉVALO SANMIGUEL** Por todo su apoyo brindado durante el trabajo de laboratorio (análisis químico), por dedicarme su valioso tiempo, su confianza y sobre todo brindarme su amistad.

A la **L.C.Q. MAGDALENA OLVERA ESQUIVEL** Por su apoyo en el trabajo de laboratorio, por su tiempo brindado y su amistad.

DEDICATORIAS

A Dios nuestro señor: Que me dio la vida, salud, capacidad y entusiasmo para obtener una carrera profesional; te doy mil gracias.

A mis padres: Genaro Flores de la Cruz y Felicitas Francisco Ramírez: Por darme la vida, confiar en mí y por sus consejos que me enseñaron el camino del bien. Este triunfo es de ustedes, los quiero y los amo.

A mis Hermanos (as): Gracias por todo su apoyo, por ayudarme a superar mis tropiezos, por su confianza y ser muy importantes en mi vida, los quiero mucho.

Águeda Flores Francisco.

Silvia Flores Francisco.

Guillermina Flores Francisco.

Noemí Flores Francisco.

Gerardo Flores Francisco.

Élfego Flores Francisco.

A mi Abuelita: Herlinda de la Cruz Hernández (q.e.p.d.) por sus buenos consejos que en forma de regaños me ayudaron muchísimo, abuelita siempre te llevo en mi corazón y este sueño es dedicado para ti.

A mis tíos: Juan Francisco Ramírez (q.e.p.d.) y Seferina Francisco Ramírez (q.e.p.d.) por todo su apoyo y consejos que siempre me ayudaron a sobresalir, cuando tenía un tropiezo en la vida y en la universidad, este triunfo es dedicado para ustedes.

A mis tíos y tías: Abundio, Bernardo, Isidoro, Elvira, Juana y Natalia. Por su apoyo, sus consejos y por confiar en mí.

Al Ing. Flavio Santiago Hernández: Por ser uno de mis cuñados ejemplar, por ser una fuente de apoyo, por que de una u otra forma colaboraste tanto en mi formación educativa como en la profesional.

A mis cuñados (as): Julián, Anaximandro, Leonte, Flavio y Reyna por ser parte de la familia, por su confianza y apoyo.

A mi novia: María Elena Sánchez Barrera, por todo su apoyo, comprensión y darme fortaleza para lograr este sueño, te quiero mucho preciosa.

A mis sobrinos: Saydi, Eliud, Jaziel, Anahí, Jazmín, Irvin, Eder, Julissa, Hannia, y Geraldine. Por formar parte de las personas que mas quiero y darle alegría a la vida, los quiero mucho.

A mis Compañeros de generación: Nuyén, Perla, Gaby, Nohemí, luz, Rosy, Ivone, Gladis, Sarahí, Lisbeth, Nubia, Guadalupe, Dodany, Lorena, Iris, Conrado, René, Enoc, Breznev, Ezequiel, Luis, Marco Polo, Alberto y Emanuel. Por compartir momentos importantes durante nuestra estancia en la universidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIAS.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	3
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Hipótesis.....	3
CAPITULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Importancia del maíz.....	4
2.2 Usos del maíz.....	5
2.3 Industrialización del maíz.....	7
2.3.1 Almidón.....	8
2.3.2 Fécula de maíz.....	8
2.3.3 Dextrina.....	8
2.3.4 Miel.....	8
2.3.5 Fructuosa.....	9
2.3.6 Malto-dextrina.....	9
2.3.7 Dextrosa.....	9
2.3.8 Etanol.....	10
2.3.9 Hidrol.....	10
2.3.10 Gluten y la cascarilla.....	10

2.3.11 Germen.....	10
2.4 Maíces con valor agregado (MVA).....	10
2.5 El Maíz como forraje.....	11
2.6 Composición química proximal del maíz forrajero.....	11
2.7 Factores que influyen sobre la calidad nutritiva del maíz forrajero...	14
2.8 El Maíz en la producción de ensilaje.....	15
2.9 Espectroscopía DA 7200 como herramienta en análisis proximal...	17
CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1 Material genético y establecimiento experimental.....	18
3.2 Análisis proximal.....	21
3.2.1. Secado de las muestras secas.....	22
3.2.2. Molienda de las muestras secas.....	22
3.2.3. Determinación de materia seca total.....	22
3.2.4. Determinación de humedad.....	22
3.2.5. Determinación de cenizas.....	23
3.2.6. Determinación de proteína.....	23
3.2.7. Determinación de grasa o extracto etéreo.....	24
3.2.8. Determinación de fibra cruda.....	24
3.4 Diseño experimental.....	25
CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1 Discusión entre materiales genéticos.....	29
4.2 Discusión con otros trabajos realizados.....	30
4.3 Análisis de componentes principales.....	32
CAPITULO 5. CONCLUSIONES.....	35
CAPITULO 6. RECOMENDACIONES.....	36
CAPITULO 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
2.1 Usos especiales de algunas razas de maíz.....	6
2.2 Diferentes usos del maíz.....	7
2.3 Tipos de maíces con valor agregado.....	11
2.4 Promedio de los componentes nutricionales de maíz (base húmeda)	13
2.5 Composición proximal de maíz forrajero no ensilado.....	13
2.6 Composición porcentual promedio de maíz forrajero a 95 días de cosecha.....	14
2.7 Calidad nutritiva de ensilajes de maíz con distinto porcentaje del grano.....	16
2.8 Composición química de maíz ensilado a diferentes etapas de maduración de grano.....	16
3.1 Materiales genéticos de maíz utilizados en el análisis químico.....	19
4.1 Cuadrados medios del análisis de varianza del análisis químico.....	26
4.2 Medias de los materiales genéticos por categoría evaluada en las determinaciones del análisis químico.....	27
4.3 Vectores característicos y proporción de la varianza explicada por los dos primeros componentes principales.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Esquema de flujo del análisis proximal.....	21
2. Dispersión de los materiales genéticos con base a el análisis bromatológico.....	33

RESUMEN

El maíz representa una larga tradición en la cultura, alimentaria, económica y religiosa de los pueblos latinoamericanos en general y del mexicano en particular. El maíz tiene amplio aprovechamiento en el consumo humano y animal, así como en la industria. Se le puede explotar para uno u otro aspecto, o en varios en forma de producto principal y subproductos.

Un maíz especializado para forraje debe estar equilibrado en producción y en calidad. Por lo tanto, el fitomejorador debe seleccionar los maíces que produzcan mayor cantidad de forraje, sin descuidar su calidad nutritiva y con la manipulación de esta información obtener la caracterización y valoración de nutrientes para realizar un mejoramiento de los materiales genéticos.

En virtud a lo anterior, el presente trabajo tuvo la finalidad de comparar la calidad nutritiva de diversos tipos de materiales y combinaciones genéticas en maíz, determinar los componentes químicos de 78 materiales genéticos, representados por 10 familias, 14 poblaciones, 2 variedades, 50 cruza simples y 2 híbridos.

El análisis químico se basó en los procedimientos descritos en el A.O.A.C. (1980), y se realizaron en el laboratorio de Nutrición y Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", evaluando las siguientes características: materia seca total (MST), humedad (HUM), cenizas (CEN), fibra cruda (FC), grasa (EE) y proteína (PROT).

En los resultados del análisis de varianza se encontró diferencia significativa entre los materiales genéticos en estudio. Los valores bajos de los coeficientes de variación indican la magnitud de confiabilidad en los resultados obtenidos.

La diferencia es explicable, debido a la diversidad de materiales genéticos utilizados en el análisis bromatológico y a su constitución genética (familias, poblaciones, cruza simples, híbridos y variedades).

La cantidad de muestras analizadas permitió obtener una comparación de la calidad nutritiva de materiales criollos y combinaciones genéticas entre materiales mejorados de maíz, destacando como de mejor calidad el material genético (Híbrido). Las diferencias en los materiales genéticos analizados muestran una amplia variabilidad en la calidad nutritiva y la relación entre los atributos químicos a través de un análisis de componentes principales.

Palabras clave: Planta de maíz, calidad nutritiva, combinaciones genéticas, análisis proximal.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz representa una larga tradición en la cultura, alimentaria, económica y religiosa de los pueblos latinoamericanos en general y del mexicano en particular. La palabra “maíz” según algunos historiadores proviene de la lengua del Caribe; se cuenta que los españoles tomaron el vocablo de un dialecto de la isla de Haití, cuyos habitantes le llamaban “mahiz”.

Hay suficientes evidencias que indican que México fue el centro primario de origen, domesticación y dispersión del maíz; que ocurrió hace más de 6 mil años y que las migraciones humanas lo llevaron a Sudamérica, en donde tuvo lugar el centro secundario, hace aproximadamente más de 5 mil años. Diversos factores fueron los que favorecieron la variedad y evolución del maíz: las migraciones humanas, las mutaciones, la selección natural o artificial, el aislamiento y la endogamia, el cruzamiento entre variedades diferentes, entre otros.

Se le considera un cereal de la familia de las gramíneas, que se caracterizan por su alto contenido de almidones (72.40 %), de ahí su alto valor alimenticio ya sea para consumo humano como para forraje.

La composición del grano distingue además de otros componentes como son: grasa 4.70 %, proteína 9.60 %, cenizas 1.43 %, azúcares 1.94 % y fibra 9.93 % (Reyes, 1990).

El maíz tiene amplio aprovechamiento en el consumo humano y animal, así como en la industria. Se le puede explotar para uno u otro aspecto, o en varios en forma de producto principal y subproductos (Robles, 1990).

Un maíz especializado para forraje debe estar equilibrado en producción y en calidad. Por lo tanto, el fitomejorador debe seleccionar los maíces que

produzcan mayor cantidad de forraje, sin descuidar su calidad nutritiva y con la manipulación de esta información obtener la caracterización y valoración de nutrientes para realizar un mejoramiento de los materiales genéticos.

En virtud a lo anterior, en el presente trabajo se tiene por objetivo comparar la calidad nutritiva de materiales diversos y combinaciones genéticas de materiales mejorados de maíz, así mismo, determinar los componentes químicos de 78 materiales genéticos representados por 14 poblaciones, 2 variedades, 50 cruza simples y 2 híbridos. Se planteó explorar la calidad en una variabilidad amplia de los materiales genéticos, con el propósito de usar la información para obtener una curva de calibración para el equipo denominado NIR DA 7200.

CAPÍTULO 1

1.1. Objetivo general

- Comparar la calidad nutrimental de materiales genéticos de maíz contrastantes en el componente genético.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar la calidad nutrimental en diversos materiales genéticos de maíz.
- Analizar las interrelaciones entre los atributos químicos.
- Analizar la variación entre los materiales genéticos en relación a la composición química de la planta.

1.3. Hipótesis

- Es posible encontrar una variabilidad nutrimental de los materiales mejorados de maíz, para obtener una curva de calibración para el equipo denominado NIR DA 7200.

CAPÍTULO 2

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia del maíz

Entre los cultivos de cereales en el mundo, el maíz ocupa el segundo lugar después del trigo en cuanto a producción, con el arroz molido en tercero, sin embargo, entre las economías de las naciones en desarrollo, el maíz ocupa el primer lugar en Latinoamérica y África y el tercero después del arroz y el trigo en Asia.

En todo el mundo el maíz es el más ampliamente sembrado en cuanto a cereales se refiere, 70 países incluyendo 53 naciones en vías de desarrollo plantan maíz en más de 100 millones de hectáreas.

La gran diversidad en la distribución de la producción del maíz es un indicador de su excelente capacidad para adaptarse a muchos ambientes, crece en latitudes que varían desde el Ecuador ligeramente a 50° al norte y sur y desde el nivel del mar hasta 3000 metros de altura; bajo condiciones de fuertes lluvias y condiciones semiáridas; en climas frescos y calientes. Unas 500 millones de toneladas de maíz se producen anualmente en 130 millones de hectáreas. Sesenta y cuatro por ciento del área de maíz en el mundo se encuentra en naciones en vías de desarrollo aún cuando solamente el 43 % de la producción del maíz es recolectada ahí (Claridades agropecuarias, 1997).

El rendimiento ponderado promedio a nivel nacional en el periodo 1996-2006 fue equivalente a 2.564 t ha^{-1} . En Sinaloa se obtienen los rendimientos más altos a nivel nacional de 7.200 t ha^{-1} , lo cual se explica por la calidad de su suelo, así como por el uso intensivo de capital, lo cual se traduce en la utilización de maquinaria y equipo, además de asistencia técnica y semillas altamente productivas (SAGARPA-SIAP, 2007).

La disparidad en el promedio de rendimientos es consecuencia de factores ambientales, tecnológicos y organizacionales. La mayoría de las naciones productoras de maíz industrializadas, tienen temperaturas y ambientes benignos y emplean tecnología intensiva y una producción altamente mecanizada del maíz (Claridades agropecuarias, 1997).

Durante el periodo 1996-2006 se produjo un promedio anual de 19.3 millones de toneladas de maíz, que incluye maíz blanco, amarillo y otros, con un valor promedio anual de 29,090 millones de pesos corrientes. La tasa media anual de crecimiento (TMAC) del volumen de producción fue equivalente a 2.0 %; por régimen hídrico, esta fue de 4.4 % bajo condiciones de riego y de 0.4 % en lo que toca al régimen de temporal (SAGARPA-SIAP, 2007).

2.2 Usos del maíz

Sin duda que uno de los granos que mayor demanda tiene es el maíz. Utilizado tanto en la dieta de los humanos como alimento forrajero o como materia prima en la agroindustria, el maíz ha jugado y juega un papel importante en la economía de muchos países en el mundo (Ortega y Ochoa, 2003).

El maíz además de la alimentación mexicana y de otros pueblos latinoamericanos tiene diversas aplicaciones culinarias y donde el grano es consumido en muy variadas formas, existiendo por lo regular para muchas de ellas

un tipo de maíz especial. Dentro de la amplia variación de usos, la forma más popular de consumo es la tortilla (Hernández, 1972).

Usos que se le ha dado a algunas razas de maíz nativos o criollos en México según las tradiciones de cada región (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Usos especiales de algunas razas de maíz.

Raza	Usos
Dulce de Jalisco, Dulcillo del Noroeste	Tostado, grano entero, tostado y molido para pinole.
Elotes occidentales, elotes cónicos, cacahuacintle, blando de Sonora, harinoso de ocho.	Para elotes y pozole, tostado y molido para pinole, pozolero, hecho en memelitas y horneado, en gordas de maíz crudo.
Bofo	Tostado en huacholes, maíz crudo dejado reposar en agua para su consumo.
Zapalote chico	En totopos.
Reventador, Chapalote y palomero, Toluqueño Apachito, Arrocillo Amarillo.	Tostado hasta reventar para palomitas: tostado y adherido con dulce para ponteduro.
Razas con colores azules oscuros	Para tamales y tortillas en ocasiones festivas.

Fuente: Hernández (1972).

Cuadro 2.2. Diferentes usos del maíz.

Grano	Planta	Mazorca
Alimentación humana	Forraje verde	Elote-alimento humano.
Alimentación del ganado	Ensilado	Forraje tosco.
Materia prima en la industria	Rastrojo, forraje tosco	Olote (combustible).
Semilla	Materia orgánica al suelo	

Fuente: Reyes (1990).

En México, el uso del grano de maíz es primordialmente para el consumo humano, seguido de materia prima para la industria alimentaria en la elaboración de diferentes subproductos y por último es utilizado para la alimentación del ganado como forraje (Cuadro 2.2).

Uno de los productos que en los últimos años ha tenido mayor importancia, y que se obtiene del maíz, es el etanol usado como combustible. Después de las crisis energéticas que se han observado desde la década de los años setenta del siglo pasado, los países industrializados consumidores de petróleo se dieron a la tarea de buscar fuentes alternas de energía, sobre todo de menor costo, encontrando en el maíz un medio para la fabricación de etanol mediante la fermentación del maíz (Ortega y Ochoa, 2003).

2.3. Industrialización del maíz

En el 2006 la demanda del grano de maíz para la elaboración de tortilla fue de 10.6 millones de toneladas. De este total la industria harinera proceso el 35%, porcentaje que representa 3.7 millones de toneladas, aproximadamente; alrededor de 3.4 millones de toneladas (32% del total) se destino a la industria de la masa y a la tortilla. El 33% restante (3.5 millones de toneladas) corresponde al que la población rural utiliza para “poner su nixtamal” y producir la tortilla a nivel familiar (SAGARPA-SIAP, 2007).

Los avances en la tecnología han permitido aprovechar el maíz como una materia prima de gran importancia para la industria, tanto en la básica como en la complementaria (Claridades Agropecuarias, 1994).

2.3.1. Almidón: Es utilizado para abrasivos para papel y textiles, adhesivos, baterías y pilas secas, briquetas, cerámica, detergentes, recubrimientos para madera, colorantes, crayones y gises, agentes diluyentes, hilo quirúrgico, fibra de vidrio, insecticidas, lubricantes y pinturas.

2.3.2. Fécula de maíz: Es posible elaborar: Fotografías y películas, plásticos, triplay, terminados de textiles, neumáticos, alimentos, cosméticos y medicinas, antibióticos, aspirina, alimentos para niños, pastelería, bebidas, goma de mascar, bebidas de chocolate, confitería, cosméticos, postres, drogas y productos farmacéuticos, salsas y aderezos, mostaza preparada, jabones y limpiadores, sopas, azúcar, entre otros productos.

2.3.3. Dextrina: Es utilizada en usos industriales, en la fabricación de adhesivos, briquetas, velas, cerámica, productos de corcho, crayones y gises, tinturas, sobres, cohetes, tintas de impresión, insecticidas, aisladores, fibra de vidrio, etiquetas, cuero, linóleo, cerillos, pinturas, papel y productos de papel, moldes plástico, triplay, papel lija, zapatos y grasas de zapatos, compuestos para plateado, jabones, popotes, acabado y estampado de textiles, cordel, cáñamo, papel tapiz, persianas y tela de persianas, entre otros.

2.3.4. Miel: Con este subproducto se puede obtener jarabes, como materia prima en usos industriales, adhesivos, compuestos químicos, tintas, explosivos, curtido de pieles, plateado de metales, papel, grasa de zapatos, terminado de textiles, tabaco, productos de tabaco, alimentos y medicinas, alimentos para niños, pastelería, cerveza, bebidas carbonatadas, salsas de tomate, chile, cereales preparados, quesos procesados, goma de mascar, leche condensada, confitería, licores, postres, saborizantes, betunes para pasteles, jugos y compotas de fruta,

helados y nieves, jaleas, mermeladas y conservas, malteadas, malvaviscos, embutidos y carnes procesadas, harinas preparadas, mantequilla de cacahuate, pepinillos, aderezos para ensaladas, salsas, mariscos congelados, jarabes alimenticios y medicinales, sopas deshidratadas, vinagres y otros más.

2.3.5. Fructuosa: Se pueden obtener alimentos, pastelería, jugos enlatados, frutas enlatadas, condimentos, confitería, postres congelados, jaleas, mermeladas, conservas, refrescos embotellados y vinos.

2.3.6. Malto-dextrina: Se obtienen preparados en polvo para bebidas, pastelería y salsas, condimentos, alimentos deshidratados, sopas deshidratadas, té instantáneo, alimentos “instantáneos”, edulcorantes, malvaviscos, alimentos “chatarra” y botanas.

2.3.7. Dextrosa: Se utiliza en procesos industriales para obtener ácidos comerciales, adhesivos, compuestos químicos orgánicos, tinturas, productos para soldar y galvanizar, enzimas, explosivos, productos para fermentación, curtidos de pieles, fabricación de papel, rayón, hules de proceso frío, acabado y estampado de textiles, entre otros productos. En cuanto a alimentos y medicinas, de la dextrosa se obtienen antibióticos, alimentos para niños, repostería frutas enlatadas, cerveza, edulcorantes, goma de mascar, productos de chocolate, jugo de cítricos, licores, brandy crema congelada, productos lácteos, pasteles y levadura, preparados dietéticos, medicinas (proceso de fermentación), extractos de sabores, ácidos cítricos, jugos de frutas, frutas en lata, cristalizadas, congeladas, gelatinas, nieve y helados, mermeladas, jaleas, conservas, ácido láctico, productos de carne: tocino, jamón y salchichas, medicamentos: inyecciones intravenosas, cápsulas, pastillas; mantequilla de cacahuate, polvos y harinas para alimentos preparados, sazonadores, jarabes, salsas, sorbitol, sopas deshidratadas, especias, mostaza, vinagre, vino, entre otros productos.

2.3.8. Etanol: alcohol industrializado, aditivos para gasolina, combustibles para automóviles y camiones, productos de tenería y bebidas alcohólicas.

2.3.9. Hidrol (melaza): Se obtienen ácidos orgánicos, solventes orgánicos, tabaco, alimentos para ganado y se utiliza en el curtido de pieles.

2.3.10. Gluten y la cascarilla: Se emplea en piensos y forrajes, en subproductos del aceite de maíz, azúcar, alimento de germen de maíz, melaza de azúcar de maíz, extractos condensados y para excipientes fermentados, aminoácidos, limpiadores de piel y productos proteicos.

2.3.11. Germen: Se obtienen aceites, alimentos y medicinas, excipientes para vitaminas y cápsulas, aceite de cocina, margarina, mayonesa, papas fritas, aderezos de ensaladas, salsas, condimentos, mantecas vegetales, sopas, otros productos industriales que se pueden obtener son productos químicos, insecticidas, pintura y barniz, sustituto de hule, recubrimientos anticorrosivos, jabón, aceite soluble para pieles y textiles (Claridades agropecuarias, 1994).

2.4. Maíces con valor agregado (MVA)

Existen maíces que se producen y que poseen características especiales los cuales son requeridos por sus consumidores (comercializadores o industriales).

El maíz con valor agregado se define como el maíz que posee características de calidad particulares que aumentan su valor para el usuario final. Los avances en genética y en biotecnología han hecho posible que una gran variedad de maíces con características especiales puedan abastecerse a los procesadores de alimentos para animales, molienda húmeda, molienda seca y molienda alcalina (Sánchez y López, 1999).

Cuadro 2.3. Tipos de maíces con valor agregado.

Producto	Diferenciación	Usos
Maíz azul	Grano color azul	Elaboración de masa, totopos y botanas.
Maíz alto en amilosa	Contenido en amilasa mayor al 50 %	Utilizado en textiles, dulces de goma, adhesivos, etc.
Maíz con alta lisina	Alto en lisina y aminoácidos esenciales	Fuente de proteína de alta calidad para dietas de no rumiantes.
Maíz alto en aceite	Un contenido mínimo de aceite de 5.8 %	Sustituye a la grasa que se incorpora a las raciones de los animales.

Fuente: U. S. Feed Grain Council. 1997/98 Value - hanced Corn (VEC) Quality Report.

2.5. El maíz como forraje

Forraje, es el alimento vegetal para los animales domésticos, generalmente este término 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 (Hughes *et al.*, 1976).

La denominación de forraje de maíz se emplea para de designar a las plantas, frescas o desecadas que se han producido para obtener el forraje, con todas sus mazorcas, si ya se formaron (Flores, 1990).

Los forrajes son el ingrediente básico en la ración del ganado lechero. Cuando el forraje se maneja adecuadamente es un alimento muy nutritivo y succulento (Pérez, 1982).

2.6. Composición química proximal 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 propósito 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 del 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.

El valor nutritivo de cualquier alimento depende de su contenido de proteínas, grasa, fibra, carbohidratos fácilmente solubles (E. L. N., extracto libre de nitrógeno), sales minerales y vitaminas (Robles, 1983).

La calidad nutricional de los forrajes es el pilar de los programas de alimentación para el ganado. Sin embargo, la razón por el cual el ganado debe ser alimentado con forrajes es que necesitan fibra digestible efectiva para mantener el funcionamiento normal del rumen (Chalupa, 1995).

Cuadro 2.4. Promedio de los componentes nutricionales del maíz (base húmeda).

Componente	Verde con mazorca (%)	Verde forraje (%)
Proteína cruda	4.8	1.5
Grasa cruda	1.4	0.3
Fibra cruda	16.7	3.3
Extracto libre de nitrógeno	34.2	5.5
Cenizas	3.6	1.0

Fuente: Flores (1990).

En el cuadro anterior, la composición nutricional comparada es mayor en las muestras analizadas en estado verde con mazorca que en forraje verde, según Flores (1990).

Cuadro 2.5. Composición proximal del maíz forrajero no ensilado.

Componente	Cantidad (%)
Proteína cruda	6.8
Grasa	2.1
Fibra cruda	21.8
Cenizas	5.2

Fuente: Church (1982).

Church (1982) realizó estudios en los que determinó la composición proximal del maíz forrajero no ensilado (planta completa con elote), bajo un estado que él denominó lechoso – masoso, obteniendo los resultados que se presentan en el Cuadro 2.5.

Cuadro 2.6. Composición porcentual promedio de maíz forrajero a 95 días de cosecha.

Componente	Cantidad (%)
Materia orgánica	87.90
Humedad	5.27
Grasas	2.13
Proteína cruda	6.12
Fibra cruda	23.91

Fuente: Hernández (1994).

Hernández (1994) realizó un estudio donde analizó maíz forrajero a 95 días de cosecha, resultados presentados en el Cuadro 2.6.

En la comparación de las determinaciones de calidad de poblaciones de maíz entre muestras frescas y secas, existe diferencias debido a que en las muestras frescas existe mayor contenido de agua, y en las muestras secas hay una mayor concentración de sólidos (Nava, 2005).

El tallo tiende a tener un mayor porcentaje de fibra que la hoja, aunque tanto para la hoja como para el tallo, se va incrementando a medida que la cosecha se retarda. El comportamiento del contenido de fibra con respecto al contenido de proteínas en tallos y hojas, se observa que a mayor contenido de fibra menor proteína. El porcentaje de minerales es mayor en la hoja que en el tallo, la hoja tiende a reducirlo a medida que avanza el ciclo de vida de la planta (Pizani, 1971).

2.7. Factores que influyen sobre la calidad nutritiva del maíz forrajero

Risse (1970) reporta que el valor alimenticio de los forrajes se halla bajo la dependencia de cinco factores bien conocidos, que son:

1. Composición botánica.
2. Naturaleza del suelo.
3. Condiciones climáticas y atmosféricas.
4. Época de recolección.
5. Procedimientos de conservación.

El maíz se corta cuando sus granos pasan del estado lechoso al vidrioso. En el estado más avanzado de maduración, el ensilaje resulta menos apetitoso para los animales y su rendimiento nutritivo es proporcionalmente menor por haber aumentado la cantidad de celulosa o fibra, con lo que disminuye la digestibilidad total, si se cortan antes del estado lechoso los principios nutritivos disminuyen y el ensilaje es demasiado ácido (Flores, 1990).

2.8. El Maíz en la producción de ensilaje

El ensilaje consiste básicamente en almacenar pasto al estado verde, proceso en el que bajo condiciones especiales de ausencia de oxígeno (aire), ocurre una serie de transformaciones químicas y bioquímicas que definen su calidad (Hiriart, 1998).

Aldrich y Leng (1974) indican que un ensilaje de maíz con calidad debe poseer:

- a. Energía elevada y abundancia del grano lo que significa que fue cortado lo suficientemente tarde como para alcanzar su máximo rendimiento.
- b. Buena aceptabilidad, esto se obtiene cortando el cultivo en el momento adecuado y ensilando correctamente.
- c. Buena calidad de conservación, sin hongos. El hongo se evita cosechando antes que el cultivo este demasiado seco, se le pica para dejarlo tan corto como para obtener una buena compactación.

- d. El contenido de nitratos no debe ser tan elevado que llegue a constituir un problema

El contenido de grano en el ensilaje de maíz, es de gran importancia, ya que se ha comprobado que es un factor determinante de la digestibilidad y energía neta de lactancia, así como el contenido de fibra (Núñez *et al.*, 1999).

Cuadro 2.7. Calidad nutritiva de ensilajes de maíz con distinto porcentaje de grano.

Ensilajes de maíz					
Nutriente	Unidades	México	30 % grano	40 % grano	50 % grano
Materia seca	%	30.0	33.0	33.0	35.0
Cenizas	%	7.2	7.2	4.0	4.2
Proteína cruda	%	5.9	8.4	8.2	8.0
Grasa	%	1.3	3.0	3.1	3.5

Fuente: Chalupa (1995).

El porcentaje de nutrientes en ensilajes de maíz con grano es mayor que el ensilaje de forraje. La materia seca y grasa es mayor conforme aumenta el porcentaje de grano de maíz, ya que el grano es de mayor calidad nutritiva (Cuadro 2.7).

Cuadro 2.8. Composición química de maíz ensilado a diferentes etapas de maduración de grano.

Etapas	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)
Lechoso	8.30	3.22	28.65
Lechoso-masoso	8.02	3.02	25.90
Masoso	7.31	2.82	24.00
Madurez completa	7.30	3.44	23.15

Fuente: Son ´K *et al.* (1986).

Son 'K *et al.* (1986) reportan su investigación sobre maíz ensilado en diferentes estados de maduración, resultados (Cuadro 2.8).

2.9. Espectroscopía NIR DA 7200 como herramienta en análisis proximal.

La espectroscopía de infrarrojo cercano es una tecnología atractiva, que proporciona una información química muy versátil y se hace de una forma rápida y no es necesario un pre-tratamiento de la muestra (Díaz y Noriega, 2006).

Como complemento de las técnicas tradicionales surge el uso de la reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR), la cual se fundamenta en un principio según el cual, al irradiar con un haz de luz monocromática los materiales orgánicos, éstos en función de la naturaleza de los enlaces y cargas electrostáticas existentes entre sus átomos y moléculas, absorben una determinada cantidad de energía; este valor puede expresarse en términos de reflectancia (log reflectancia estándar / reflectancia de la muestra) a partir de lo cual se logra un espectro característico de cada material que refleja su composición química.

Las ventajas de esta técnica incluyen el proveer información acerca del valor nutricional de un alimento en segundos, ser un método no destructivo, que requiere un mínimo o ningún tratamiento de la muestra, minimiza el daño ambiental y es una técnica multi-analítica de alta precisión que permite predecir varios factores simultáneamente. Una vez calibrado el espectrofotómetro, el uso del NIR redunda en bajos costos de análisis para los usuarios que los requieran, por lo que, a nivel internacional, es una metodología que tiene amplia acogida (Abadía y Arreaza, 2004).

Con esta tecnología se han desarrollado infinidad de aplicaciones en análisis rápidos de proteína, humedad y contenido de lípidos en granos o semillas de soya, así como también para el diagnóstico de nitrógeno en tejido foliar y mineralización de nitrógeno en suelos, entre otros (Díaz y Noriega, 2006).

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material genético y establecimiento experimental

El presente trabajo de investigación consistió en determinar la calidad nutrimental de materiales criollos y combinaciones genéticas, de materiales mejorados de maíz, mediante técnicas basadas en la A.O.A.C. (1980), realizada en el laboratorio del Departamento de Nutrición y Alimentos, perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son 25° 22' latitud Norte y 100° 00' longitud oeste del meridiano de Greenwich a una altura de 1742 msnm.

La amplia diversidad de los materiales (familias, poblaciones, cruza simples, variedades e híbridos) fue definida con el propósito de obtener información para desarrollar una calibración para el equipo DA 7200. La muestra del material experimental fue obtenida de siembras de experimentos durante el ciclo agrícola 2006 en las localidades de El Mezquite, Galeana, N. L. y Jagüey de Ferriza, Saltillo, Coahuila.

En la obtención del material experimental en campo, se obtuvo una muestra representativa promedio del material genético en la unidad experimental. Es decir, en la selección de la muestra para el análisis químico no se realizó aleatoriamente.

La relación de los materiales genéticos se presenta en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Materiales genéticos de maíz utilizados en el análisis químico.

Ent	Identificación	Material	Descripción	Clasificación	Origen
1	2015	Familia	163-5	FHC	CEL 05
2	2024	Familia	163-6	FHC	CEL 05
3	2036	Familia	163-43	FHC	CEL 05
4	2246	Familia	165-63	FHC	CEL 05
5	2262	Población	COMP165#	POB	CEL 05
6	2269	Población	COMP163#	POB	CEL 05
7	4002	Familia	163-60	FHC	CEL 05
8	4009	Familia	163-65	FHC	CEL 05
9	4013	Familia	163-19	FHC	CEL 05
10	4019	Familia	163-4	FHC	CEL 05
11	4244	Familia	165-75	FHC	CEL 05
12	4248	Población	COMP 165#	POB	CEL 05
13	4252	Población	COMP 165#	POB	CEL 05
14	4259	Familia	165-35	FHC	CEL 05
15	5007	Híbrido	1007x1018	CS	DER 05
16	5010	Población	COMP165#	POB	CEL 05
17	5039	Híbrido	1009x1040	CS	DER 05
18	5046	Híbrido	1007x1009	CS	DER 05
19	5066	Híbrido	1009x1018	CS	DER 05
20	5099	Híbrido	1007x1040	CS	DER 05
21	7046	Híbrido	54x19	CS	TEP 06
22	7047	Híbrido	15x56	CS	TEP 06
23	7048	Híbrido	17x52	CS	TEP 06
24	7049	Híbrido	15x53	CS	TEP 06
25	7050	Híbrido	54x13	CS	TEP 06
26	7053	Híbrido	11x41	CS	TEP 06
27	7054	Híbrido	18x56	CS	TEP 06
28	7055	Híbrido	17x42	CS	TEP 06
29	7058	Híbrido	54x53	CS	TEP 06
30	7059	Híbrido	19x42	CS	TEP 06
31	7061	Híbrido	11x42	CS	TEP 06
32	7062	Híbrido	13x56	CS	TEP 06
33	7063	Híbrido	15x41	CS	TEP 06
34	7066	Híbrido	19x41	CS	TEP 06

Continuación Cuadro 3.1. Materiales genéticos de maíz utilizados en el análisis químico.

Ent	Identificación	Material	Descripción	Clasificación	Origen
35	7068	Híbrido	16x41	CS	TEP 06
36	7069	Híbrido	13x52	CS	TEP 06
37	7071	Híbrido	16x52	CS	TEP 06
38	7075	Híbrido	17x56	CS	TEP 06
39	7077	Híbrido	15x52	CS	TEP 06
40	7078	Híbrido	16x42	CS	TEP 06
41	7080	Híbrido	11x52	CS	TEP 06
42	7082	Híbrido	19x56	CS	TEP 06
43	7083	Híbrido	18x41	CS	TEP 06
44	7084	Híbrido	11x56	CS	TEP 06
45	7087	Híbrido	41x13	CS	TEP 06
46	7093	Híbrido	42x15	CS	TEP 06
47	7101	Híbrido	53x17	CS	TEP 06
48	7106	Híbrido	41x15	CS	TEP 06
49	7112	Híbrido	56x11	CS	TEP 06
50	7116	Híbrido	41x16	CS	TEP 06
51	7122	Híbrido	52x16	CS	TEP 06
52	8062	Híbrido	15x56	CS	TEP 06
53	8065	Híbrido	54x19	CS	TEP 06
54	8079	Híbrido	17x52	CS	TEP 06
55	8080	Población	COMP164#	POB	CEL 05
56	8081	Híbrido	19x41	CS	TEP 06
57	8082	Híbrido	16x41	CS	TEP 06
58	8083	Híbrido	11x53	CS	TEP 06
59	8084	Híbrido	15x53	CS	TEP 06
60	8085	Híbrido	17x42	CS	TEP 06
61	8089	Híbrido	52x16	CS	TEP 06
62	8092	Población	COMP165#	POB	CEL 05
63	8093	Híbrido	41x13	CS	TEP 06
64	8095	Híbrido	53x15	CS	TEP 06
65	8096	Híbrido	52x15	CS	TEP 06
66	8098	Híbrido	53x19	CS	TEP 06
67	8099	Híbrido	42x11	CS	TEP 06
68	AN447-1	Híbrido	AN447-1	HIB	
69	AN447-2	Híbrido	AN447-2	HIB	
70	CAFIME	Variedad	CAFIME	VAR	
71	P2049-1	Población	P2049-1	POB	
72	P2049-2	Población	P2049-2	POB	
73	P7573-1	Población	P7573-1	POB	

Continuación Cuadro 3.1. Materiales genéticos de maíz utilizados en el análisis químico.

Ent	Identificación	Material	Descripción	Clasificación	Origen
74	P7573-2	Población	P7573-2	POB	
75	PAZUL-2	Población	PAZUL-2	POB	
76	PTROP-1	Población	PTROP-1	POB	
77	PTROP-2	Población	PTROP-2	POB	
78	VAN210	Variedad	VAN210	VAR	

Ent= Entrada; DER = Derramadero, Coah., CEL=Celaya, Gto., TEP= Tepalcingo, Mor.

3.2. Análisis proximal

El análisis proximal se basó en los procedimientos descritos en el A.O.A.C. (1980), y se realizaron en el laboratorio de Nutrición y Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

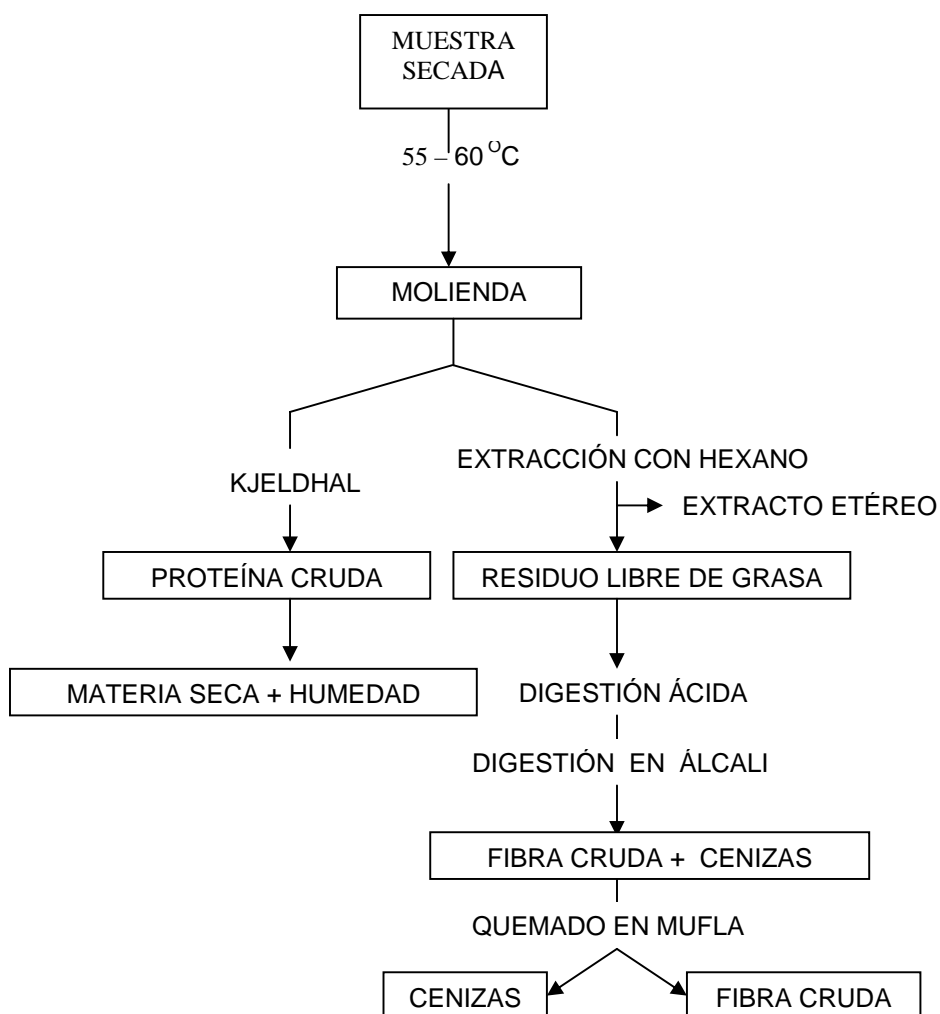


Figura 1. Esquema de flujo del análisis proximal.

3.2.1. Secado de las muestras frescas

Se colocó aproximadamente un 50 % de cada muestra fresca en charolas de aluminio y se mantuvieron en la estufa a temperatura de 55 - 60 °C durante 12 h, revisando que el secado fuera uniforme en las muestras.

3.2.2. Molienda de las muestras secas

La molienda de las muestras secas se realizó en un molino marca Thomas Willey, modelo 4, con una malla de 1 mm, las cuales fueron colocadas en frascos de plástico para su conservación.

3.2.3. Determinación de materia seca total (MST)

Se pesaron 2 g de cada muestra y se colocaron en crisoles de porcelana a peso constante previamente pesados, se colocaron en una estufa marca J. M. Ortiz, a una temperatura aproximada de 100 °C durante 12 h, después del tiempo transcurrido se sacaron y se colocaron en un desecador de 10 a 15 min y se registró el peso. Para obtener los resultados se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Materia seca total} = \frac{\text{crisol con muestra} - \text{crisol solo}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

3.2.4. Determinación de humedad (HUM)

Para la determinación de humedad fue por diferencia de 100, menos los resultados obtenidos en la determinación de (MST).

3.2.5. Determinación de cenizas

Se pesaron 2 g de cada muestra y se colocaron en crisoles de porcelana a peso constante, se pre-incineraron en parrillas y se colocaron en una mufla marca Blue, a una temperatura de 600 °C durante un tiempo de 2 h, transcurrido el tiempo se sacaron y se pusieron en un desecador por 30 a 40 min y se registró el peso. Con la fórmula siguiente se obtuvieron los resultados:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{crisol ceniza} - \text{crisol solo}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

3.2.6. Determinación de proteína (Método Kjeldhal)

Se pesó 0.5 g de cada muestra, se colocaron dentro de matraces Kjeldhal, se agregaron los reactivos, se colocaron en parrillas para la digestión hasta obtener un color verde cristalino y se dejaron enfriar. Posteriormente, se realizó la destilación hasta recuperar 150 ml del destilado para finalmente concluir con la titulación, registrando los ml gastados. Con las siguientes fórmulas se obtuvieron los resultados:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{ml gastados titulación} - \text{ml blanco}) (0.014) (0.01)}{\text{g de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Proteína cruda} = \% \text{ nitrógeno} \times \text{factor de conversión}$$

Nota: el factor de conversión para el cálculo de proteína cruda fue de 6.25 para maíz.

3.2.7. Determinación de grasa o extracto etéreo (Método Soxleth)

Se pesó 4 g de cada muestra en papel filtro, se colocaron en cartuchos de celulosa, se taparon con algodón para evitar el derrame de muestra y se conectaron al equipo Soxleth por un tiempo de 12 h, después se recuperó el hexano (solvente), los matraces se colocaron a peso constante por 12 h, se pesaron y se registraron los datos. Con la fórmula siguiente se obtuvieron los resultados:

$$\% \text{ Extracto Etéreo} = \frac{\text{matraz con grasa} - \text{matraz solo}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

3.2.8. Determinación de fibra cruda

Se pesó 2 g de cada muestra desengrasada, se colocaron en vasos de Berzelius, se realizó una digestión ácida con 100 ml de ácido sulfúrico y una digestión básica con 100 ml de hidróxido de sodio, transcurrido el tiempo de 30 min por cada digestión, se enjuagó con agua destilada. Se recogió la muestra colocándola en un crisol previamente registrado. Posteriormente, se colocó en una estufa aproximadamente a 100 °C, después del tiempo transcurrido se sacaron y se colocaron en un desecador de 10 - 15 min y se registró el peso, después se preincineraron en una parrilla y se colocaron en una mufla marca Blue por 2 h, después del tiempo transcurrido se sacaron y se colocaron en un desecador de 30 a 40 min y se registró el peso. Posteriormente, se calcularon los datos con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{\text{crisol fibra seca} - \text{crisol fibra cenizas}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

3.4. Diseño experimental

En la determinación del análisis bromatológico se utilizó un diseño completamente aleatorio con 78 muestras y 2 repeticiones. La comparación de medias de los materiales genéticos fue realizada al comparar la media con el valor estimado de la media general \pm uno y dos veces el error estándar ($\mu \pm ee$; y $\mu \pm 2ee$) como una aproximación en la discriminación de materiales genéticos de acuerdo a la dispersión de los datos observados.

Se realizó un análisis de componentes principales para explorar la dispersión de los datos, como respuesta a la variabilidad de los materiales genéticos en estudio.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En atención a los objetivos del presente estudio a continuación se presentan los resultados experimentales de los diferentes materiales genéticos, datos presentados en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza del análisis químico.

FV	GI	MST (%)	HUM (%)	CEN (%)	FC (%)	EE (%)	PROT (%)
Tratamientos	77	5.491 **	5.491 **	3.277 **	14.741 **	0.204 **	2.758 **
Error	78	0.042	0.042	0.024	0.050	0.007	0.016
C. V.		0.226	2.412	2.293	0.870	8.432	1.514

** , Significativo al 0.01 nivel de probabilidad; GI= Grados de libertad; MST= Materia seca total; HUM= Humedad; CEN= Ceniza; FC= Fibra cruda; EE= Extracto etéreo; PROT= Proteína.

En base a los resultados obtenidos en el análisis de varianza, se acepta la hipótesis planteada, ya que $F_c > F_t$ (0.01) por lo tanto, con un 99 % de confiabilidad se afirma que las medias son diferentes entre sí en cada uno de los parámetros químicos.

Los coeficientes de variación (C.V.) resultaron con valores bajos por lo tanto, reflejan una gran confiabilidad en los resultados obtenidos.

Esta diferencia es explicable, debido a la diversidad de materiales genéticos utilizados en el análisis bromatológico y a su constitución genética (familias, poblaciones, cruza simples, híbridos y variedades).

Cuadro 4.2. Medias de los materiales genéticos por categoría evaluada en las determinaciones del análisis químico.

ENT	GEN	MST (%)	HUM (%)	CEN (%)	FC (%)	EE (%)	PROT (%)
1	FAM	91.08	8.91 **	6.92	20.99	1.77 **	9.13 **
2	FAM	87.03	12.96 **	6.43	20.86	1.26 **	7.26
3	FAM	88.01	11.98 **	6.20	20.85	1.08 *	8.12
4	FAM	86.14	13.85 **	6.56	22.19	1.23 **	7.11
7	FAM	91.45	8.54	5.76	25.74	0.67	8.12
8	FAM	90.70	9.29 **	4.99	23.46	0.82	7.58
9	FAM	90.18	9.81 **	4.16	27.60 **	0.7	6.81
10	FAM	91.65 *	8.34	4.53	22.04	0.82	6.88
11	FAM	91.54	8.45	5.07	24.22	1.19 **	6.34
14	FAM	92.13 **	7.86	5.71	28.27 **	0.82	7.5
\bar{x}	FAM	89.99	10.00	5.63	23.62	1.04	7.48
5	POB	87.44	12.55 **	5.93	20.82	1.28 **	7.89
6	POB	91.17	8.82 *	6.78	21.75	1.17 **	7.65
12	POB	91.16	8.83 *	6.66	25.36	0.89	7.89
13	POB	91.30	8.69	4.91	21.85	1.31 **	8.9 **
16	POB	90.91	9.08 **	8.59 **	25.65	1.08 *	7.97
55	POB	91.22	8.77 *	7.62 **	23.71	1.04	8.74 **
62	POB	93.06 **	6.93	8.05 **	29.31 **	1.02	9.59 **
71	POB	92.49 **	7.50	7.57 **	23.43	0.75	9.81 **
72	POB	92.52 **	7.47	9.75 **	25.41	0.77	10.75 **
73	POB	93.47 **	6.52	6.88	25.45	0.76	7.27
74	POB	90.78	9.21 **	7.52 **	24.21	1.35 **	9.67 **
75	POB	92.84 **	7.15	7.58 **	28.33 **	1.15 **	8.9 **
76	POB	92.19 **	7.80	6.55	26.67 **	1.01	6.65
77	POB	92.90 **	7.09	7.21 **	26.21 *	1.44 **	6.73
\bar{x}	POB	91.67	8.32	7.26	24.87	1.07	8.46
70	VAR	89.64	10.35 **	4.07	23.72	1.37 **	6.81
78	VAR	91.68 *	8.31	4.29	27.66 **	0.53	6.03
\bar{x}	VAR	90.66	9.33	4.18	25.69	0.95	6.42
15	CS	91.40	8.59	8.13 **	25.03	1.2 **	8.43
17	CS	91.30	8.69	9.83 **	26.23 *	0.88	9.51 **
18	CS	91.02	8.97 **	9.27 **	22.72	0.95	7.97
19	CS	92.22 **	7.77	9.57 **	24.63	0.87	8.2
20	CS	92.17 **	7.82	7.52 **	26.15 *	1.09 *	7.81
21	CS	91.32	8.67	8.65 **	27.21 **	1.13 **	10.52 **
22	CS	86.84	13.15 **	6.16	22.77	1.27 **	8.66 **
23	CS	92.19 **	7.80	6.98 *	31.38 **	0.42	10.21 **
24	CS	91.87 **	8.12	9.17 **	28.41 **	0.81	8.97 **
25	CS	91.59 *	8.40	7.27 **	28.53 **	0.68	9.66 **
26	CS	92.90 **	7.09	6.57	28.11 **	0.56	8.75 **
27	CS	91.64 *	8.35	7.59 **	28.79 **	1.09 *	6.96
28	CS	92.79 **	7.20	7.96 **	29.32 **	0.72	10.52 **

Continuación Cuadro 4.2. Medias de los materiales genéticos por categoría evaluada en las determinaciones del análisis químico.

ENT	GEN	MST (%)	HUM (%)	CEN (%)	FC (%)	EE (%)	PROT (%)
29	CS	91.02	8.97 **	8.41 **	26.20 *	0.99	7.89
30	CS	92.91 **	7.08	7.11 **	29.60 **	0.7	8.89 **
31	CS	92.92 **	7.07	8.72 **	25.44	0.9	8.73 **
32	CS	90.04	9.95 **	5.81	21.19	1.09 *	8.35
33	CS	93.29 **	6.70	6.73	25.68	0.79	8.82 **
34	CS	88.14	11.85 **	5.06	20.72	1.11 *	7.04
35	CS	91.49	8.50	7.79 **	25.66	1.09 *	8.74 **
36	CS	93.32 **	6.67	6.77	30.59 **	1.25 **	7.81
37	CS	91.11	8.88 *	6.71	26.01	1.04	9.05 **
38	CS	88.64	11.35 **	5.65	23.12	0.97	6.49
39	CS	92.41 **	7.58	8.06 **	24.75	1.34 **	8.9 **
40	CS	92.91 **	7.08	6.58	26.99 **	0.52	9.9 **
41	CS	93.00 **	6.99	6.83	29.78 **	0.57	8.28
42	CS	89.62	10.37 **	6.98 *	28.69 **	0.91	9.67 **
43	CS	91.63 *	8.36	6.72	24.36	1.25 **	7.58
44	CS	91.80 **	8.19	8.75 **	29.70 **	1.22 **	9.13 **
45	CS	88.19	11.80 **	5.96	23.80	1.04	6.18
46	CS	88.21	11.78 **	7.48 **	28.94 **	0.65	10.44 **
47	CS	91.57 *	8.42	7.23 **	30.30 **	0.5	10.06 **
48	CS	91.44	8.55	5.70	23.55	1.39 **	7.5
49	CS	91.68 *	8.31	5.77	28.44 **	0.37	9.43 **
50	CS	93.55 **	6.44	6.49	28.08 **	0.78	9.13 **
51	CS	92.65 **	7.34	6.59	26.68 **	0.84	8.9 **
52	CS	93.14 **	6.85	6.48	28.03 **	0.59	7.5
53	CS	90.07	9.92 **	5.81	26.76 **	1.03	8.04
54	CS	91.46	8.53	6.54	25.87	1.13 **	8.12
56	CS	92.22 **	7.77	6.20	26.77 **	1.26 **	7.43
57	CS	92.10 **	7.89	5.33	22.70	1.04	6.18
58	CS	92.10 **	7.89	5.43	31.59 **	0.94	8.04
59	CS	90.26	9.73 **	8.03 **	27.46 **	0.87	10.29 **
60	CS	91.97 **	8.02	6.07	25.82	1.53 **	8.51 *
61	CS	92.45 **	7.54	7.47 **	26.05	1.07 *	8.66 **
63	CS	91.48	8.51	6.41	25.80	0.96	8.04
64	CS	92.84 **	7.15	6.12	29.34 **	0.96	8.36
65	CS	92.48 **	7.51	6.24	25.29	0.95	8.12
66	CS	92.48 **	7.52	6.00	26.07	1.01	6.65
67	CS	92.63 **	7.36	6.96 *	25.91	1.1 *	9.05 **
\bar{x}	CS	91.56	8.42	7.03	26.62	0.94	8.52

Continuación Cuadro 4.2. Medias de los materiales genéticos por categoría evaluada en las determinaciones del análisis químico.

ENT	GEN	MST (%)	HUM (%)	CEN (%)	FC (%)	EE (%)	PROT (%)
68	HIB	92.60 **	7.39	8.30 **	27.81 **	0.76	10.06 **
69	HIB	93.48 **	6.51	7.13 **	27.21 **	2.51 **	9.83 **
\bar{x}	HIB	93.04	6.95	7.71	27.51	1.63	9.94
\bar{x}	GENERAL	91.40	8.59	6.84	25.92	1.00	8.36

* y **, significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente, ($\mu + \varepsilon\varepsilon$ y $\mu + 2\varepsilon\varepsilon$); ENT= Entrada, GEN= Genotipo, MST= Materia Seca Total, HUM= Humedad, CEN= Cenizas, FC= Fibra Cruda, EE= Extracto etéreo, PROT= Proteína.

Con el fin de resumir el análisis realizado a las variables evaluadas en el Cuadro 4.2 se presentan las medias por material genético en estudio.

En cada parámetro evaluado dentro de los grupos de materiales genéticos, existen valores que sobrepasan la media general, diferencia dada por $\mu + \varepsilon\varepsilon$ y $\mu + 2\varepsilon\varepsilon$ por lo tanto, en cada categoría hay variación de consideración, lo cual justifica el trabajo metodológico planteado.

4.1. Discusión entre materiales genéticos

Comparando la calidad de los materiales genéticos, en base a las variables evaluadas, se considera que el material genético (Híbridos), entrada 68 y 69, son de mejor calidad, ya que presentan mayor porcentaje que los demás materiales genéticos en los parámetros de proteína 9.94, fibra cruda 27.51 y cenizas 7.71. Presenta únicamente bajo porcentaje en humedad, la cual quiere decir que a mayor cantidad de materia seca total es menor la cantidad de agua contenida en la muestra.

Las cruza simples, presentan un porcentaje menor a híbridos en las variables fibra cruda valor de 26.62 y proteína valor de 8.52. Las cruza simples presentaron una diferencia menor de calidad en comparación con los híbridos, quizás por la falta de manifestación de su potencial genético.

La siguiente posición corresponde a material genético poblaciones ya que, el porcentaje de cenizas obtenida es 7.26 y grasa un valor obtenido de 1.07, estos valores tienen una diferencia mayor a las cruzas simples y en fibra cruda y proteína son menores a estas.

En el siguiente lugar se tiene a los materiales genéticos familias con valores de 7.48 para proteína, 1.04 para grasa y 5.63 en cenizas, estos valores son menores a los materiales genéticos (Híbridos, cruza simple y poblaciones).

En último lugar con valores mínimos en proteína con valor de 6.42 y cenizas con valor de 4.18 se tiene a material genético variedades. Este material presenta mayor porcentaje en fibra cruda en poblaciones con el valor 24.87 y familias con valor de 23.62, pero no se considera este último de mejor calidad que familia por el hecho, de tener únicamente un parámetro mayor.

Con los datos obtenidos y la clasificación realizada en base a los resultados se puede afirmar que verdaderamente existió variabilidad de las muestras analizadas, ya que se obtuvo diferentes resultados en cuanto a calidad nutritiva de forraje de maíz.

4.2. Discusión con otros trabajos realizados

Comparando la media general de los parámetros analizadas con valores mencionados por Flores, (1990) realizado a plantas de maíz verde con mazorca, se tiene que los resultados obtenidos en el estudio realizado son mayores en proteína 8.36 y 26.65 para fibra cruda, ya que este autor reporta un porcentaje de 4.8 para proteína y 6.7 en fibra cruda. En cuanto a cenizas el porcentaje obtenido en el análisis realizado por este autor es de 3.6 menor al obtenido 6.84, pero comparado con la media general del material genético variedad existe una similitud con el valor obtenido 4.18. En el parámetro de grasa el resultado de la media general de los materiales genéticos es de 1.00, es menor al reportado de

1.4. La diferencia mayoritaria en los parámetros de proteína y fibra cruda es debida quizás a la variabilidad y a la cantidad de materiales genéticos elegidos, para el trabajo de investigación.

Comparando los valores obtenidos con Church (1982) estudio realizado a planta completa con elote en estado lechoso - masoso, los valores reportados son 6.8 para proteína, menor a la obtenida 8.36 y comparado con la media general del material genético variedad valor 6.42 lo cual, se acerca al valor citado por Church. En el parámetro fibra cruda es de 21.8 y el obtenido es mucho mayor 26.65. En cenizas el valor citado es de 5.2 el cual, es menor al obtenido en el análisis 7.06 y comparando este parámetro con el material genético familias, los valores obtenidos se asemejan al valor obtenido 5.63. Para grasa se reporta un valor mayor de 2.1 al obtenido 1.00 la diferencia existente en este parámetro, es debido quizás a la cantidad de grano que contenía la muestra analizada. En cuanto a los parámetros con valores similares a los reportados se debe quizás a que los materiales genéticos evaluados en los dos trabajos de investigación tuvieron las mismas características.

La media general obtenida del análisis realizado a los materiales genéticos, comparada con los estudios realizados por Hernández (1994), a maíz forrajero a 95 días de cosecha, en el caso de grasa es menor 1.00 que el reportado por este autor de 2.13, en el parámetro evaluado proteína el resultado obtenido es de 8.36, mayor al reportado 6.12 y comparado con el material genético variedad es similar valor 6.42. Por último se tiene a fibra cruda el resultado reportado es de 23.91 comparado con el resultado obtenido es mayor 23.62 y comparando con el material genético familias existe poca diferencia con el porcentaje de 23.62 obtenido. Los parámetros con similitud en porcentaje son debidos quizás a las mismas características de los materiales genéticos analizados y a los mismos días de cosecha o recolección de las muestras.

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se compararon con Chalupa (1995), estudio realizado a ensilaje de maíz con distinto porcentaje de grano, se tiene que los resultados de los parámetros son similares al reportado con 30 % de grano, en cenizas valor de 7.2 con el obtenido de 6.84 y proteína de 8.4 reportado y el obtenido de 8.36 en estos dos parámetros comparados existe similitud, debido a que los materiales genéticos estudiados, son de mejor calidad y a la variabilidad que existió entre los materiales genéticos. La calidad es un factor notable en el maíz ensilado por que durante el ensilado ocurren una serie de transformaciones químicas y bioquímicas que definen su calidad y la similitud que existe entre estos nos indica que las muestras analizadas son de mejor calidad, ya que no han sido ensilados.

4.3. Análisis de componentes principales

La variación de la calidad nutrimental de las 78 muestras estudiadas fue determinada por las variables: materia seca total, humedad, cenizas, fibra cruda, grasa y proteína. La asociación entre los grupos de variables fue analizada previamente, por lo que en esta sección se analizará la información para que en conjunto se determine la diferencia entre los materiales genéticos.

Los materiales fueron agrupados con base a los materiales genéticos en estudio: familias, cruza simple, poblaciones, variedades e híbridos.

El Cuadro 4.3 presenta los vectores característicos de los materiales genéticos analizados en el presente trabajo, con base en los dos primeros componentes principales que agrupa en conjunto el 68.3 % de la variación total acumulada en 6 variables originales.

Cuadro 4.3. Vectores característicos y proporción de la varianza explicada por los dos primeros componentes.

Variable	CP1		CP2	
Materia seca	0.521	*	-0.317	
Humedad	0.521	*	-0.317	
Cenizas	0.301		0.632	*
Fibra cruda	0.459	*	-0.078	
Extracto etéreo	-0.217		0.131	
Proteína	0.331		0.615	*
Proporción de varianza	0.471		0.213	

La dispersión de los materiales genéticos se presenta en la Figura 2.

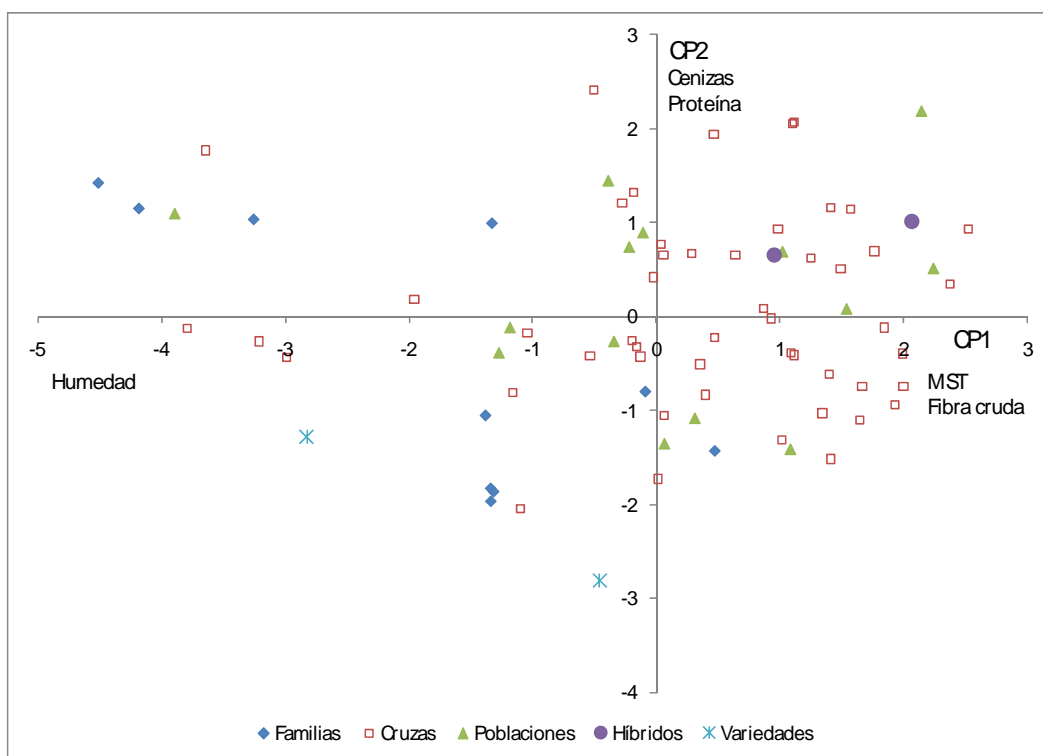


Figura 2. Dispersión de los materiales genéticos con base en el análisis bromatológico.

Con propósitos de interpretación de la Figura 2, los materiales incluidos en el lado positivo del primer componente son los que cuentan con los valores más altos de materia seca y fibra cruda; en ese mismo componente pero en la parte izquierda, los materiales con mayor contenido de humedad.

El segundo componente principal está determinado por el contenido de ceniza y proteína, donde los valores más altos en promedio de los materiales genéticos se encuentran en la parte superior (valores positivos).

Con el análisis de comparación de medias (Cuadros 4.1, 4.2) y el de componentes principales (Cuadro 4.3 y Figura 2), se determina que el muestreo realizado para obtener materiales con una variabilidad amplia en el contenido de compuestos químicos se realizó de manera apropiada.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo el propósito de generar información importante y confiable por ello se indican a continuación los siguientes puntos:

- Se comparó la calidad nutrimental de los materiales genéticos de maíz contrastantes en el componente genético, obteniendo como de mejor calidad para Híbridos, seguido de cruzas simples, poblaciones, familias y en el último lugar variedad.
- Se determinó la calidad nutrimental de los diversos materiales genéticos de maíz en componentes de materia seca total, humedad, cenizas, fibra cruda, extracto etéreo y proteína.
- Se analizó las interrelaciones entre los atributos químicos mediante el análisis de componentes principales destacando que el contenido de materia seca y la fibra cruda están correlacionados positivamente y ambos compuestos químicos asociados negativamente con el contenido de humedad. El contenido de proteína y el porcentaje de cenizas mostraron una correlación positiva.
- Se analizó la variación entre los materiales genéticos en relación a la composición química de la planta mediante el análisis de comparación de medias y el de componentes principales, en el que se determina que el muestreo realizado para la obtención de materiales, se realizó de manera correcta para obtener una amplia variabilidad en el contenido de compuestos químicos.

CAPÍTULO 6

RECOMENDACIONES

La hipótesis planteada en este trabajo de investigación fue que era posible encontrar una variabilidad nutrimental de los materiales mejorados de maíz, para obtener una curva de calibración para el equipo denominado NIR DA 7200. Los resultados obtenidos cumplen la hipótesis así como los objetivos de este trabajo. Por esta razón se recomienda la culminación de este trabajo en la obtención de la curva de calibración y de esta manera obtener las ventajas que este equipo ofrece.

CAPÍTULO 7

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. _____ **1980**. Métodos Oficiales de Análisis. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.U.S.A.
2. **Abadía D., R. V. y C. Arreaza L. 2004**. Aplicación de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) para la caracterización nutricional del pasto guinea y del grano del maíz. [En línea] http://www.engormix.com/S_articles_view.asp?art=644. [Consulta: 23 de Mayo de 2007].
3. **Aldrich S., R. y R. Leng, E. 1974**. Producción moderna del maíz. 1ª edición. Ed. hemisferio sur. Traducción al español por el Ing. O. M. Tenreiro. Argentina. pp. 263-264.
4. **Cabello C., J. G. 2003**. Relación entre rendimiento y calidad de forraje en híbridos de maíz. Tesis licenciatura en Ing. Agrónomo en producción. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 56 p.
5. **Castillo, G., E. 1988**. Atributos asociados a la calidad nutritiva de los forrajes tropicales. In: Memorias de la segunda reunión bianual de nutrición animal. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 179 p.

6. **Claridades agropecuarias. 1994.** La producción de maíz en México. Revista mensual. Vol. 10 (10). 6 – 7 pp.
7. **Claridades agropecuarias. 1997.** La vanguardia en la producción de maíz en México. Revista mensual. Vol. 10 (45). 3 - 4 pp.
8. **De Alba, J. 1968.** Alimentación del ganado en América Latina. Primera reimpresión. La prensa médica mexicana. México. pp. 60 – 67.
9. **Díaz G., B. y E., Noriega, P. 2005.** Estudio de correlación entre las señales espectroscópicas obtenidas por NIR y la resistencia a la ruptura de comprimidos. Tesis profesional. Químico farmacéutico biólogo. UNAM. Cuautitlán, Izcalli, Edo. de México. 141p.
10. **Flores M., J. 1990.** Bromatología animal. 3^{ra} edición. Ed. Limusa. México, D. F. pp. 383 – 385.
11. **Hernández S., D. 1994.** Evaluación del potencial forrajero para calidad y producción de 25 Híbridos de maíz (Zea mays L.) en la Comarca Lagunera. Tesis licenciatura en Ing. agrónomo zootecnista. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coah., México. 85 p.
12. **Hernández X., E. 1972.** Consumo humano de maíz y el aprovechamiento de tipos con alto valor nutritivo. In: Simposio Sobre Desarrollo y Utilización de Maíces de Alto Valor Nutritivo. Colegio de Posgraduados, Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 13 p.
13. **Hiriart L., M. 1998.** Ensilados procesamiento y calidad. 7^a edición. Ed. trillas. México. D. F. p. 9.

14. **Hughes H. D., M. E. Heat y D. S. Metcalfe. 1976.** Forrajes. Segunda traducción en español por el Ing. J. L. de la Loma. Ed. C.E.C.S.A. México. pp. 740 – 741.
15. **Nava S., M. 2005.** Análisis comparativo del contenido nutricional de poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) en muestreo fresco y seco. Tesis licenciatura en Ing. En Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo Coah., México. 44 p.
16. **Núñez H. G., E. F. Contreras G., R. Faz C. y S. Rodríguez H. 1999.** Selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje. In: Núñez H., G. Componentes tecnológicos para la producción de ensilados de maíz y sorgo. SAGAR, INIFAP. CELALA. Torreón, Coahuila, México. 181 p.
17. **Ortega R., C. y R. Ochoa, B. 2003.** Claridades agropecuarias. El maíz: un legado de México para el mundo. Revista mensual. No. 124. 3 - 4 pp.
18. **Pérez, D. M. 1982.** Manual sobre ganado productor de leche. 1ª Edición. Ed. Diana. México. D. F. 267 p.
19. **Pizani A., J. J. 1971.** Efecto de cinco fechas de cosecha en la calidad del forraje y producción de mazorca en tres variedades de maíz (*Zea mays* L.) en Apodaca, N. L. durante el verano de 1970. Tesis licenciatura en Fitotecnia. ITESM. Monterrey N. L. México. 74 p.
20. **Reyes C., P. 1990.** El maíz y su cultivo. Ed. A. G. T. México, D. F. pp. 10-17.
21. **Risse, J. 1970.** La alimentación del ganado. 1ª Edición. Ed. Blume. Barcelona, España. pp. 85-87.

22. **Robles S., R. 1983.** Producción de granos y forrajes. 4ª edición. Ed. Limusa. México, D. F. 587 p.
23. **Robles S., R. 1990.** Producción de granos y forrajes. 5ª edición. Ed. Limusa, México. D. F. pp. 10.
24. **SAGARPA-SIAP. 2007.** Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. México, D.F. 130 p.
25. **Sánchez R., G. y L. A. López, I. 1999.** Oportunidades de desarrollo del maíz mexicano. Memoria del 2º Taller Nacional de Especialidades de Maíz. 9 y 10 de septiembre de 1999. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila México. pp. 63 – 65.
26. **Son ´K M. P., A. F. Bakai y N. Telyathikov. 1986.** Increasing the quality of feeds. Zhivothouodstvo. No. 9. pp. 46 – 47.
27. **U. S. Feed Grain Council. 1997 / 98.** Value - hanced Corn (VEC). Quality Report. In. Sánchez R., G. y L. A. López, I. 1999. oportunidades De desarrollo del maíz mexicano. Memoria del 2º Taller Nacional de Especialidades de Maíz. 9 y 10 de septiembre de 1999. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 63 – 65.