

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISION DE AGRONOMIA



**Caracterización físico – química de seis materiales genéticos de maíz dulce
(*Zea mays L. var. saccharata*)**

Por:

ANTONIO JORGE SÁNCHEZ

T E S I S

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

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 1999

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
DIVISION DE AGRONOMIA

**Caracterización físico – química de seis materiales genéticos de maíz
dulce (*Zea mays L. Var. saccharata*)**

Realizado por:

ANTONIO JORGE SÁNCHEZ

**Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador
como Requisito Parcial para Obtener el Titulo de:**

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Aprobado por:

M.C. María Elena García Hernández

Presidente del Jurado

QFB. María Elena González Guajardo

Asesor

M.C. Alfredo Sánchez López

Asesor

Dr, José Francisco Rodríguez Martínez

Asesor suplente

M.C. Reynaldo Alonso Velásco

COORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre de 1999.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS-----	iii
INDICE DE FIGURAS-----	v
INTRODUCCION-----	1
REVISION DE LITERATURA-----	3
Origen del maíz dulce-----	3
Antecedentes históricos-----	4
Características del maíz dulce-----	5
Clasificación taxonómica del maíz dulce-----	8
Importancia social y económica -----	9
Composición anatómica del grano-----	10
Composición química del grano-----	11
Humedad-----	12
Extracto etéreo-----	13
Fibra cruda-----	13
Extracto libre de nitrógeno-----	13
Cenizas-----	13
Factores ambientales-----	14
Producción -----	15
Características genéticas del maíz dulce-----	16
Algunos conceptos de densidad específica-----	18
Peso hectolitrico-----	19
Factores de conversión-----	20
Los carotenos en el maíz dulce-----	20

Trabajos similares-----	22
MATERIALES Y METODOS-----	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	42
CONCLUSIONES -----	60
BIBLIOGRAFIA -----	62
APENDICE -----	68

INDICE DE CUADROS

página	
2.1	Distribución ponderal de las distintas partes de l grano----- 11
2.2	Composición química proximal de las partes principales del grano de maíz----- 12
2.3	Tipos de maíz así como el contenido respectivo de sus componentes químicos----- 13
2.4	Genes encontrados para color principalmente en el endospermo y olote del maíz, así como su localización en el mapa de ligamento----- 16
2.5	Influencia de los genotipos sobre el color y la acumulación de unidades de vitamina A, y el número de genes involucrados----- 18
2.6	Promedios de propiedades físicas de los distintos tipos de maíz----- 20
2.7	Contenidos de algunos componentes del maíz comparando el de color amarillo contra el blanco----- 22
3.1	Materiales genéticos estudiados, su procedencia y su genealogía----- 26
4.1	Comparación de medias para la variable contenido de humedad entre tratamientos----- 42
4.2	Comparación de medias para la variable contenidos de cenizas en los materiales de maíz dulce----- 44
4.3	Comparación de medias entre los tratamientos para la variable contenido de grasas----- 45
4.4	Comparación de las medias de los seis materiales genéticos de maíz dulce para la variable contenido de nitrógeno----- 47

4.5	Comparación de medias entre los tratamientos de maíz dulce para la variable contenido de proteína-----	49
4.6	Comparación de medias entre tratamientos para la variable contenido de fibra cruda en los materiales de maíz dulce-----	51
4.7	Comparación de medias para el contenido de extracto libre de nitrógeno en los materiales genéticos de maíz dulce-----	52
4.8	Comparación de medias para la variable contenido de energía calorífica de seis materiales genéticos de maíz dulce-	54
4.9	Resultados del peso hectolítrico de cada uno de los seis materiales genéticos de maíz dulce-----	55
4.10	Resultados de los materiales genéticos que para la característica densidad variable (los tres porcentajes mayores)-----	56
4.11	Comparación de medias para contenido de carotenos de los materiales genéticos evaluados de maíz dulce-----	57

INDICE DE FIGURAS

	Pagina
2.1 Comportamiento de un cuerpo al interior de un fluido-----	19
4.1 Comparación de la variación de humedad en los diferentes materiales genéticos de maíz dulce-----	43
4.2 Contenido de cenizas en porcentaje de los diferentes materiales genéticos de maíz dulce-----	45
4.3 Contenido de grasas de los seis materiales genéticos de maíz dulce-----	46
4.4 Contenido de nitrógeno de los seis materiales genéticos de maíz dulce-----	48
4.5 Contenido de proteína en porcentaje de los seis materiales genéticos de maíz dulce-----	50
4.6 Contenido de fibra cruda de cada uno de los materiales genéticos de maíz dulce evaluados-----	52
4.7 Porcentajes para cada uno de los tratamientos en el contenido de extracto libre de nitrógeno-----	53
4.8 Contenido de energía calorífica de seis materiales genéticos de maíz dulce-----	55
4.9 Variación en el contenido de carotenos en los materiales genéticos de maíz dulce-----	58

RESUMEN

Con el propósito de evaluar características físico químicas de seis materiales genéticos de maíz dulce, se realizó el presente trabajo en diferentes laboratorios de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Los materiales estudiados fueron: VHN 98 – 4514 # PAP, VHN 98-99 4624 #PAP, VHN 98-99 4625 #PAP, VHN 98-99 4619 #PAP, VHN 98-99 4523 #PAP y VHN P.L. 98-99 mezcla de líneas de maíz dulce, los cuales fueron incrementados en el ciclo otoño-invierno (1998 –1999), en Villa Hidalgo, Nayarit.

Los estudios químicos consistieron en la determinación cuantitativa del contenido de: humedad, cenizas, fibra cruda, grasas, nitrógeno proteínas y extracto libre de nitrógeno. Estos se determinaron en el laboratorio de nixtamalización del Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN. Las características físicas estudiadas fueron peso hectolitrico y densidad variable, éstas características se determinaron en el laboratorio de cultivos "in-vitro" del IMM de la UAAAN. Además se les cuantificó el contenido de carotenos, las técnicas para tal efecto se llevaron a cabo en el laboratorio de apoyo a la investigación del departamento de ciencias básicas también de la misma universidad. Los resultados del análisis bromatológico (químico) y contenido de carotenos, se sometieron al análisis estadístico bloques completamente al azar y para la comparación de medias se utilizó la prueba de dms.

Los resultados indicaron que la mejor relación para las características de proteína, nitrógeno, energía calorífica y contenido de carotenos fue el material VHN P.L. 98-99 mezcla de líneas de maíz dulce. Y la mayor concentración de fibra, grasa y extracto libre de nitrógeno, correspondió al VHN 98-99 4614 #PAP y el mayor contenido de humedad lo tuvo el material VHN 98-99 4624 #PAP. En cuanto a características físicas el material más destacado fue el VHN 98-99 4624 #PAP para densidad variable, y el VHN 98-99 4625 #PAP para peso hectolitrico. Lo que llevó a la conclusión de que el material VHN P.L. 98-99 mezcla de líneas de maíz dulce reportó la mayor cantidad de características deseables que en su momento pueden tomarse en cuenta para estudios de mejoramiento genético.

INTRODUCCION

La alimentación humana en el ámbito mundial, depende de muy pocos cultivos y se sabe que los que en su mayor escala se consumen son los granos como: maíz, trigo y arroz que además de contribuir, en el caso del maíz, en la dieta alimenticia humana, gran parte de su producción es utilizada también como alimento del sector pecuario, como consumo en grano ó como forraje verde.

En 1990 en México el maíz ocupó el 55 % de la superficie cosechada de los principales cultivos, aportando un 51.9 % del valor de la producción de la estructura agrícola nacional, ocupando al 3.5 % de la población total del país, 12.0 % de la población rural; 11.6 % de la población económicamente activa y 54.11 % de la población agrícola económicamente activa.

Esto demuestra la gran importancia social y económica que cumple este cultivo en nuestro país, que en los últimos años se ha introducido fuertemente en el ámbito agroindustrial, caso específico del maíz dulce, que es utilizado para la elaboración de muchos productos, tales como; sopas, caldos, jarabes, etc., siendo sus principales formas de consumo enlatado y congelado. Para la población de escasos recursos su principal forma de consumo es a través de: elotes, pinole, harina endulzada hecha con los granos tostados, etc. Considerando lo anterior la producción del maíz dulce implica una serie de estudios que vengán determinar las propiedades y las relaciones que guardan entre sí los híbridos o variedades existentes para su explotación. Elevando la

calidad de los atributos del maíz también se estará mejorando la calidad nutricional de la población consumidora de este grano, principalmente la de más bajos recursos. Al mismo tiempo se tendrá para los productores materiales genéticos con mejor capacidad de adaptación a situaciones adversas, mejores rendimientos, con características de postcosecha deseables y sobre todo alta calidad nutricional ó industrial.

Para este trabajo los objetivos planteados son:

1. - Determinar los niveles de las propiedades químicas por medio del análisis bromatológico de seis materiales de maíz dulce.
2. – Determinar características físicas como el peso hectolítrico y densidad específica de cada uno de los seis materiales de maíz dulce.
- 3.- Cuantificar el contenido de carotenos de los materiales en estudio.

Partiendo de la hipótesis de que al existir diferencias en la genealogía de los diferentes materiales genéticos existe también de manera cuantitativa en los compuestos químicos de los mismos y por consiguiente existen en lo que respecta a las características físicas, las cuales pueden tomarse en cuenta para realizar mejoramiento genético para las características deseables en futuros programas de investigación.

REVISION DE LITERATURA

Origen del maíz dulce

El cultivo del maíz tuvo su origen con, toda probabilidad, en América Central, especialmente en México, de donde se difundió hacia el norte hasta Canadá y hacia el sur hasta Argentina. La evidencia más antigua de la existencia del maíz, de unos 7000 años de antigüedad ha sido encontrada por los arqueólogos en el Valle de Tehuacán (México), pero es posible que hubiera otros centros de origen secundarios en América, FAO (1993).

Se menciona la primer cruza de maíz dulce en 1836 hecha por un abogado de Connecticut, Noyes Darlin quien cruzó una variedad amarilla muy precoz con un tipo dulce Singleton (1944).

El primer híbrido que se desarrolló por D. F. Jones y se puso a la disposición del público por la estación Connecticut en 1924, Jugenheimer (1981).

El maíz dulce originario de América del sur y su popularidad la ha alcanzado en el siglo actual, principalmente en los Estados Unidos de Norte América, Janik (1965).

Antecedentes históricos

Esta planta está unida a la vida del hombre desde hace varios miles de años. Se considera que México al igual que otros países de América Latina, es una cultura del maíz, debido a que gran parte de actividades religiosas y sociales de sus habitantes dependen de esta planta.

El maíz significa vida. Un antiguo escrito proveniente del pueblo Tolteca dice, "Aquí está nuestro sustento, el sostén de la vida, el Maíz", Beas (1982).

Hace aproximadamente 1200 años a. C. los Olmecas se alimentaban del maíz, que fue el primer pueblo que lo cocía con cal que se obtenía de la concha de un animal marino llamado ostión. Teotihuacán (lugar donde nacen los dioses) nace, hace 1600 años. En restos encontrados en éste lugar se ve la presencia del maíz, utilizado como alimento, combustible, material de construcción y como ofrenda a los dioses. Según la tradición del pueblo Maya, el origen del hombre está ligado al maíz, se creía y se cree que los dioses crearon a los primeros cuatro hombres con maíz amarillo y con maíz blanco, de maíz también crearon a las primeras cuatro mujeres y juntos conocieron el mundo y

engendraron las primeras tribus. Los Mexicanos usaban el maíz en todos sus ritos y festividades religiosas. También dedicaban una festividad a la diosa del elote tierno Xilonen, Beas (1982).

La supervivencia del maíz más antiguo y su difusión se debió a los seres humanos, quienes recogieron las semillas para posteriormente plantarlas. Al fin del XV, tras el descubrimiento del continente Americano por Cristóbal Colón, el grano fue introducido en Europa a través de España. Se difundió entonces por los lugares de clima cálido del mediterráneo y posteriormente a Europa septentrional, FAO (1993).

Características del maíz dulce

El maíz dulce está caracterizado por una apariencia translúcida y córnea cuando está inmaduro y por una condición vítrea cuando está seco. Las mazorcas se recogen verdes y se usan para enlatado y para consumo en fresco. El maíz dulce difiere del duro solamente por un gen recesivo (*su*), el cual impide la conversión de una parte de azúcar en almidón, Agroeconómico (1996).

Los tipos deseables de maíz dulce para enlatado o congelado comprenden varias características importantes. Estas incluyen granos profundos blancos dependiendo de las preferencias locales, producción eficiente, alta calidad, uniformidad externa de la planta y la consistencia de los granos y la forma y tamaño de las mazorcas, Jugenheimer (1981).

El grano de maíz se denomina en botánica cariósida o cariopsis.

Botánicamente las plantas de maíz dulce se consideran de altura mediana; precoces, abundante ahijamiento; número abundante de hojas en anchura y longitud medianas; índice de venación elevado; color y pubescencia muy ligero; número de nudos cromosómico bajo; en promedio de cinco. Adaptado a altitudes intermedias, de 1000 a 1500 msnm. Wellhausen (1951).

Sus espigas son largas, con número mediana de ramificaciones, dispuestas éstas a lo largo de la cuarta parte de longitud del raquis central; secundarias comunes; terciarias ausentes, índice de condensación medianamente alto.

En cuanto a los caracteres internos de la mazorca, éstas son cortas, anchas, cilíndricas, con ligero adelgazamiento en los extremos; de 14 a 16 hileras; pedúnculo pequeño a mediano; 50 % de mazorcas de color en la parte media del raquis; granos medianamente ancho, longitud media, delgados, cuadrados en su cara superior y con superficie arrugada; endospermo azucarado, blanco o amarillo; pericarpio sin color o rojo.

En sus caracteres internos, el diámetro de la mazorca va de 44 a 48 cm. ; diámetro del olote de 24 a 28 cm; diámetro del raquis de 15 a 17 cm; longitud del grano de 11 a 13 mm; longitud estimada de la raquilla 2.8 mm; índice olote/raquis bajo 1.68; índice gluma/grano mediano 0.23; pelos del pedicelo ausentes; pelos de la copilla numerosos y de longitud intermedia; glumas inferiores carnosas ligeramente córneas, pelos del margen pocos y largos, forma

del margen acorazonada con unos pelos largos en la región de la ranura; glumas superiores de carácter muy distinto, los tejidos carnosos terminando en la punta con un haz de pelos, forma arrugada a intermedia; tejidos del raquis córneos; influencia genética del teocintle intermedia a fuerte, Wellhausen (1951).

Antes del conocimiento actual de las razas el maíz Zea mays L., se subdividió en variedades botánicas o subespecies, las que aún son vigentes como a continuación se describen:

- | | |
|---------------|----------------------------|
| a) Dentado | <i>Zea mays indentata</i> |
| b) Cristalino | <i>Zea mays indurata</i> |
| c) Dulce | <i>Zea mays saccharata</i> |
| d) Harinoso | <i>Zea mays amylacea</i> |
| e) Reventón | <i>Zea mays everta</i> |
| f) Ceroso | <i>Zea mays cerea</i> |
| g) Tunicado | <i>Zea mays tunicata</i> |

De acuerdo a sus derivaciones las razas de maíz en México, pueden dividirse en cuatro grupos principales y uno no bien definido:

- 1- Indígenas antiguas
- 2- Exóticas precolombinas
- 3- Mestizas prehistóricas

4- Modernas incipientes

5- Razas no bien definidas

El maíz dulce lo encontramos localizado dentro de las razas exóticas precolombinas, Wellhausen (1951).

Clasificación taxonómica del maíz dulce

REINO -----Vegetal
DIVISION -----Tracheophyta
SUBDIVISIÓN -----Pteriopside
CLASE -----Angiospermae
SUBCLASE -----Monocotiledoneae
GRUPO -----Glumifora
ORDEN -----Graminales
FAMILIA -----Gramineae
TRIBU -----Maydeae
GENERO -----*Zea*
ESPECIE -----*mays L.*
VARIEDAD -----*saccharata*

Importancia social y económica del maíz dulce

El maíz, el trigo y el arroz son los cereales de mayor consumo a escala mundial, estos son parte fundamental de la alimentación de millones de personas en la actualidad.

Actualmente el consumo de éste cereal está asociado a los niveles nutricionales más bajos de la población, la cual presenta mayor pobreza y la que en mayor escala cultiva este grano y por ello ofrece a este tipo de consumidores suficiente disponibilidad del cereal que es una necesidad para la subsistencia, una garantía para que la vida transcurra siquiera a este nivel.

El cultivo de este grano requiere de la participación de personas para su producción, con lo cual brinda empleo a miles de personas, proporcionando bienestar económico tanto para las familias, como para los países autosuficientes, además de utilización como forraje para ganado, alimentación en los humanos y como consumo industrial.

Este cereal además de suministrar elementos nutritivos para la alimentación humana y los animales es una materia prima básica para la industria de la transformación, con la que producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, y desde hace poco, combustible.

En el aspecto económico en nuestro país, para satisfacer la demanda nacional de maíz dulce, se ha recurrido a las importaciones provenientes en su mayor parte de los Estados Unidos de Norte América. Para 1997 las importaciones de maíz dulce tanto preparado con congelado fueron de 6,239 toneladas métricas lo que le significó \$5'953,000. En cuanto a las exportaciones de ese mismo año fueron las siguientes, 999 toneladas métricas con las cuales se obtuvieron \$455,000 con lo cual se puede asegurar que dependemos de Estados Unidos para lograr la autosuficiencia de este grano. FAO (1993).

Composición anatómica del grano

El grano de maíz está compuesto de tres partes estructurales principales, el pericarpio, el endospermo y el germen, comprendiendo cada una de ellas; 5-6%, 80-84%, y 10-14% del peso total del grano respectivamente, Ochoa y Cejudo (1981).

La parte externa del endospermo es la aleurona. Más internamente pueden observarse dos tipos de endospermo, uno con una matriz proteica delgada llamado endospermo harinoso, y otro con una matriz proteica más gruesa denominado endospermo córneo, Wolf y Buzan (1952).

Otra clasificación, ésta realizada en 1993, menciona cuatro estructuras físicas fundamentales del grano: el pericarpio, cáscara o salvado: el endospermo: el germen o embrión y la piloriza (tejido inerte en que se une el grano y el carozo), FAO (1993).

Cuadro 2.1 Distribución ponderal de las distintas partes del grano

ESTRUCTURA	PORCENTAJE DE DISTRIBUCION PONDERAL
Pericarpio	5-6
Aleurona	3-3
Endospermo	80-85
Germen	10-12

Fuente: FAO 1993

Composición química del grano

Los hidratos de carbono son cuantitativamente los componentes más importantes de los granos. Los más importantes son el almidón, que es el que predomina, la celulosa, la hemicelulosa, las pentosanas, las dextrinas y los azúcares, Ramayo (1983).

La composición química de las partes principales de los granos de maíz difieren considerablemente. La cubierta seminal, por ejemplo, se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente un 87 % la que a su vez está formada por hemicelulosa (67 %), celulosa(23 %) y lignina (0,1%). El endospermo, en cambio, contiene un elevado nivel de almidón (87 %),

aproximadamente 8 % de proteínas y un contenido de grasas crudas relativamente bajo, FAO (1993).

Cuadro 2.2 Composición química proximal de las partes principales del maíz (%).

Componente químico	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas	3,7	8,0	18,4
Extracto etéreo	1,0	0,8	33,2
Fibra cruda	86,7	2,7	8,8
Cenizas	0,8	0,3	10,5
Almidón	7,3	87,6	8,3
Azúcar	0,34	0,62	10,8

Fuente: FAO 1993.

En el germen el maíz contiene sacarosa (generalmente del 2-4%) y dextrina, la cual en el maíz dulce, puede sobrepasar el 6%. También el germen contiene aceite de color amarillo pálido. Tiene un peso específico de 0,922 a 0,925, un índice de yodo de 120 – 125, un índice de saponificación a 15 °C. de 1,4768 a 14775, el germen es más rico en materia mineral que las otras partes del grano. La principal proteína del maíz es la zeína prolamina que constituye aproximadamente la mitad de la proteína total, otra proteína del maíz es la glutelina, Kent y Amos (1956).

Humedad:

El compuesto químico teóricamente presente al determinar esta propiedad es el contenido de agua en la muestra.

Extracto etéreo:

En esta determinación se encuentran grasas, aceites, ceras, fosfátidos, cerebrósidos, lipoproteínas, pigmentos liposolubles, ácidos orgánicos liposolubles, esteroides y vitaminas liposolubles.

Fibra cruda:

Se encuentran en éste análisis: celulosa, hemicelulosa y lignina.

Extracto libre de nitrógeno:

En esta determinación de análisis proximal se encuentran monosacáridos, disacáridos, trisacáridos, pectinas, almidones, resinas, ácidos hidrosolubles y vitaminas hidrosolubles.

Cenizas:

Se encuentran compuestos de Ca, K, Mg, Na, P, Fe, Mn, Cl, S, Cu, Co, Zn, Mo, Se, Sn. Donald, et. al. (1973).

Dentro de los distintos tipos de maíz, existen también diferencias en cuanto al contenido químico.

Cuadro 2.3 Tipos de maíz así como el contenido respectivo de sus componentes químicos, (%).

Tipo de maíz	Humedad	Cenizas	Proteínas	Fibra cruda	Extracto etéreo	Hidratos de carbono
Salpor	12,2	1,2	5,8	0,8	4,1	75
Cristalino	10,5	1,7	10,3	2,2	5,0	70
Harinoso	9,6	1,7	10,7	2,2	5,4	70
Amiláceo	11,2	2,9	9,1	1,8	2,2	72
Dulce	9,5	1,5	12,9	2,9	3,9	69
Reventador	10,4	1,7	13,7	2,5	5,7	66
Negro	12,3	1,2	5,2	1,0	4,4	75

Fuente: FAO (1993)

Factores ambientales

Este tipo de maíz es propio de estaciones cálidas, pero que se obtiene principalmente en los estados del norte de E.U.A., esto se debe al corto período en el cual puede mantener la calidad, cuando el tiempo es extremadamente caluroso, Janik (1965).

Además debe de contar con condiciones adecuadas de humedad. Las temperaturas elevadas en su cosecha o después de ésta perjudican el grano, ya que éstas aceleran la conversión de los azúcares a almidones con lo cual reduce el período de vida útil después de cosechado, por lo cual se deben de considerar temperaturas bajas posteriores a su recolección para prolongar el período de conversión del azúcar y conservar por más tiempo la calidad del grano, Halfacre y Barde, (1992).

Tomando en consideración las condiciones climáticas requeridas para la explotación de éste cultivo, nos encontramos que la zona más productora de maíz dulce es la mitad del norte de los Estados Unidos y el sur de Canadá.

Producción

La producción nacional de maíz elotero en el ciclo 1990 – 1991, fue de 35,131 toneladas, con rendimientos promedio por hectárea de 5.441 para el ciclo primavera verano y 3.860 para el ciclo otoño – invierno. INEGI (1997).

Con respecto a la superficie sembrada de este cultivo para este mismo ciclo 90-91 fue de 7723 hectáreas, destacando el estado de Puebla con un total en superficie de 4593 hectáreas, lo que equivale aproximadamente a 5.9% del total nacional, INEGI (1997).

El principal productor de maíz dulce en el mundo es Estados Unidos con una superficie cercana a las 800,000 hectáreas. De este total aproximadamente un 30% se destina al mercado fresco, un 30% a producto congelado y un 40% a la industria del enlatado. El producto comercializado por el mercado fresco corresponde prácticamente un 100% a maíces super dulces (*sh 2*). Las industrias por su parte, tanto en congelado como en enlatado, procesan aproximadamente un 25% de maíz super dulce y un 75% de maíces de los tipos

dulces (*su*) e intermedio (*se*). La tendencia mundial, en tanto, se encamina cada vez más hacia el maíz tipo super dulce, Agroecómico (1996).

Características genéticas

Se han identificado en el maíz casi quinientos genes diferentes y se han construido mapas de ligamento para indicar la posición relativa de numerosos genes en cada uno de los diez cromosomas, Poehlman (1987). En el cuadro 4 se muestran algunos de los genes más importantes encontrados en el maíz, la característica que otorga al grano, su símbolo y el cromosoma en el que se encuentra cada uno de ellos dentro del mapa de ligamento.

Cuadro 2.4 Genes encontrados para color principalmente en el endospermo y olote del maíz, así como su localización en el mapa de ligamento.

Carácter	Símbolo del gen	Cromosoma en el que se encuentra el gen.
Color del pericarpio y olote	P	1
Endospermo dulce	<i>Su</i>	4
Pericarpio y olote rojos	P_{rr}	1
Pericarpio blanco y olote rojo	P_{wr}	1
Endospermo amarillo 1	Y_1	6
Endospermo amarillo 2	Y_2	5

Pohelman (1987).

El atributo principal de este tipo de maíz es su dulzor en comparación con el tipo indentata y los otros tipos de maíz, esto se debe a diversos genes que retardan la conversión de azúcar en almidón. Existen tres tipos de maíces

dulces, los que se diferencian básicamente según su dulzor: Azúcar normal (gen *su-1*), Azúcar aumentada (gen *se*), y super dulces (gen *sh-2*), estos últimos alcanzan una concentración de azúcar en sus granos equivalente a $\pm 35\%$ de su peso seco, Agroeconómico (1996).

El maíz dulce difiere del duro solamente por un gen recesivo (*su*), el cual impide la conversión de una parte de azúcar en almidón. Jugenheimer, (1981).

Al retardar o prevenir la conversión normal de azúcar en almidón durante el desarrollo del endospermo en el maíz dulce, trae como consecuencia que los granos dulces secos sean arrugados y cristalinos, Galinat, (1979).

Dentro de los 94 genes enlistados por 1976 los cuales afectan el endospermo del maíz, mencionan los tres tipos dulces Azucarado 1 (*su 1*) y Azucarado 2 (*su 2*), estos dos tipos de genes alteran las propiedades de los carbohidratos del endospermo y el Shrunken (*sh 1*), reduce la cantidad de almidón; y que la combinación *sh 2* y *su 1* afectan la distribución de los carbohidratos en el endospermo. Hallaver (1995).

La composición del endospermo podría ser cambiada por un solo gen, característica monogénica, es el caso del amiláceo (*Su*) contra dulce (*su*), localizado en el cromosoma 4, Galinat (1979).

Las investigaciones de Xenia en el maíz blanco y amarillo indican que la naturaleza triploide del endospermo influye en la intensidad del color y en el contenido de vitamina A en el grano. Ver cuadro 2.5.

Cuadro 2.5 Influencia de los genotipos sobre el color y la acumulación de unidades de vitamina A, y el número de genes involucrados.

No. De genes	Intensidad de color	Genotipo del endospermo	Unidades de vitamina A/gramo
0	Blanco	yyy	0.25
1	Amarillo pálido	yyY	2.25
2	Amarillo	yYY	5.00
3	Amarillo intenso	YYY	7.50

Jugenheimer (1959).

Por lo que se estima que los genes tienen una acción aritmética y acumulativa, sumando cada gen 2.5 unidades de vitamina A por gramo de grano, Jugenheimer (1959).

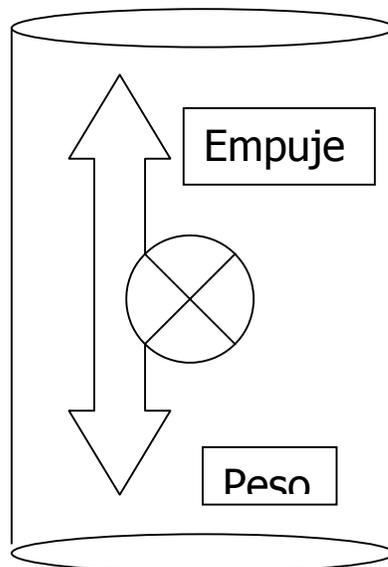
Algunos conceptos de densidad específica

El peso específico (D), es la relación de su peso (w), a su volumen (v), y las unidades en que se reporta son libra por pie cúbico (Lb/pie³).

En el sistema de unidades británico se suele dar a menudo la densidad de peso, ya que las unidades de peso son más corrientes que las de masa en éste sistema, esta densidad de peso está dada por δg y por lo tanto es; $\text{Peso} / \text{volumen}$ esto es igual a; $\text{mg} / \text{v} = \text{Kg.} / \text{m}^3 = \text{gr.} / \text{cm}^3$, Edward et. al, (1993).

Peso La presión de un fluido en cualquier punto es directamente proporcional a la densidad del fluido y a la profundidad por debajo de la superficie del mismo. A la fuerza vertical de un fluido, (de abajo hacia arriba) se le denomina empuje. Por lo tanto cuando un cuerpo se deja en el interior de un fluido queda bajo la acción de su peso (P) y el empuje (E), fig. 2.1 Tippens (1990).

Figura 2.1 Comportamiento de un cuerpo en el interior de un fluido.



Tippens (1990).

Peso hectolitrico

También es conocido como peso bushel, consiste en determinar el peso por unidad de volumen, con o sin impurezas, según el grano que se trate. Además es el criterio más utilizado para determinar el grado y calidad de los cereales. Un bushel ocupa 36.37 litros o 2219.36 pulgadas cúbicas de volumen.

El peso hectolítrico se relaciona con la densidad real del grano y, por lo tanto, con la textura del endospermo o con el contenido de proteína y estado de salud. Los granos dañados por insectos tienen un peso hectolítrico más bajos que las contra partes sanas, mientras que los granos, con textura vítrea o con mayor contenido proteínico poseen una mayor densidad aparente. Los granos con mayor humedad tienen también un menor peso hectolítrico, Serna (1996).

Factores de conversión del peso hectolitrico:

$$1.- \text{Lb} / \text{Bushel} \times 1.287 = \text{Kg} / \text{Hl}$$

$$2.- \text{Kg} / \text{Hl} = \frac{\text{Lb} / \text{Bushel}}{1.287}$$

DONDE: Lb = Libras

Kg = Kilogramo

Hl = Hectolitro.

Arias (1981).

Cuadro 2.6 Promedios de propiedades físicas de los distintos tipos de maíz.

Tipo de maíz	Humedad (%)	Dureza(%)	Peso / Hectolitro Kg / Hl
Cristalino	9,08	59,2	71,3
Suave	8,46	43,1	62,8
Duro	10,39	70,0	79.7

Cortes (1972).

Los carotenos en el maíz dulce

La vitamina A se presenta en dos formas diferentes, el caroteno sustancia de color anaranjado oscuro que se encuentra en frutas y verduras y que

posteriormente se convierte en vitamina A en el organismo, es decir es la materia prima de dicha vitamina. Y la vitamina misma, el Retinol, color amarillo pálido y solo se encuentra en grasas animales (leche, mantequilla, huevo, etc.). Las plantas contienen solo caroteno nunca Retinol; solo que el color amarillo del caroteno es enmascarado por el color verde de la clorofila, Fisher y Blender (1980).

También se ha concluido que la concentración de pigmentos amarillos en el grano de maíz es mayor en la región córnea del endospermo. El pigmento amarillo del maíz es una mezcla de 6 – 8 compuestos químicos distintos, pero estrechamente relacionado, que pertenece a la familia de los pigmentos naturales conocidos como carotenoides, Watson (1962).

Resultados de una investigación hacen referencia a dos pigmentos carotenoides; los carotenos y las xantófilas, como la causa principal del color amarillo Grogan y Blessin (1968). Así mismo se menciona que el contenido de xantófila del maíz comercial promedio es de 10 veces mayor que el contenido de caroteno, Blessin et. al, (1963).

Los carotenos y las xantófilas son heredados de una manera aditiva en los materiales amarillos, a esta conclusión dada por Grogan et.al, (1971).

El maíz amarillo constituye una buena fuente de caroteno (precursor de la vitamina A); contiene de 200 a 900 μg de caroteno por 100 gr. y en el maíz blanco es insignificante o nula, Kent y Amos(1956).

Cuadro 2.7 Contenidos de algunos componentes del maíz comparando el de color amarillo contra el blanco.

Maíz (color)	Porción comestible	Energía (kcal)	Grasas (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Retinol (mcgeq)
Amarillo	0,92	350	4,8	158	2,3	17
Blanco	0,92	362	4,7	157	2,3	1

Hernández, et. al. (1987).

Trabajos similares

Después de combinar el gene su_2 con el O_2 , los resultados fueron la mejora de la calidad vítrea del endospermo y la densidad del grano en el doble mutante $su_2 O_2$. La lisina como un porcentaje de la proteína y como un porcentaje del endospermo simple fue más alto en los mutantes $su_2 O_2$ que en su contra parte O_2 . Además el gene su_2 incremento el contenido de aceite en el embrión con relación al endospermo Glover y Tosello, (1975).

Al analizar 4 líneas en cruza dialélicas para los componentes dominantes de varianza en la producción de mazorca, estos resultaron ser más importantes que los componentes aditivos, ya que los valores obtenidos para capacidad combinatoria general y específica mostraron que la producción de mazorca en estos materiales son determinados por la acción de genes dominantes. Cuando la mazorca madura, el porcentaje de fructosa y glucosa decrecen en los

azúcares totales del grano mientras el porcentaje de sacarosa incrementó, alcanzando en el material L1su X L3su = (Zpsc301, variedad híbrida autorizada), un 77% del total del contenido de azúcar en la etapa de madurez, Pajic, Y Radosavljevic, (1984).

En un estudio llevado a cabo para determinar los azúcares en maíz dulce, se analizó el material cv. Golden cross Bantam cosechado 20 días después del estado sedoso y se analizó por medio de dos métodos cromatográficos. La sacarosa, fructosa y glucosa abarcaron 73.9 %, 15.3 % y 10.3 % respectivamente del total de los azucares libres con una pequeña cantidad adicional de refinosa, Tateishi y Iijima, (1985).

Después de realizar la prueba para determinar los niveles de azucares y sorbitol en postcosecha de maíz dulce intenso (*su se*) y el dulce (*su Se*) se encontró que la sacarosa, el azúcar predominante, fue de 17 a 26% del peso seco para él *su se* y 8 a 9% para el *su Se* al momento de la cosecha. Pero los *su se* perdieron la proporción de la sacarosa al igual que los *su Se* durante 48 hrs. , en almacenamiento a 30°C. Pero el almacenamiento a 2°C previene la pérdida en ambos genotipos, aún así el más inmóvil en sus niveles fue al *su se*, después de 48 hrs. En el caso del sorbitol este decreció durante el almacenamiento frío e incremento durante el almacenamiento cálido, Cary, et. al.(1982).

El análisis de semilla correspondiente a 121 líneas S_1 derivadas del complejo genético Pool-24 en su cuarto ciclo de selección recurrente de familia de hermanos completos con pedigrí, producidas en el ciclo otoño –invierno, para determinar si la densidad específica es atributo de la calidad, se llegó a la conclusión de que las densidades específicas mayores confieren un incremento en la variable peso de mil semillas. Además para el material genético en estudio, se encontró la tendencia, a mayor densidad específica de la semilla, mayor peso volumétrico, Villegas (1996).

Al realizar pruebas dialélicas se confirmó que una semilla común con un fenotipo de endospermo modificado aislado de un homocigótico opaco –2 la línea tiene la constitución genotípica $su_2su_2o_2o_2$. El endospermo de ésta común fue translúcido con una textura dura y tuvo más alto porcentaje de lisina por unidad de proteína que el típico endospermo opaco –2. Las pruebas de peso y densidad del grano del $su_2su_2o_2o_2$ común fue similar a aquellos de tipo de endospermo normal. Los pesos de grano de las progenies segregantes de s_2 en el opaco-2 y el dulce-2 indicaron que el peso de grano del loci $su_2s_2o_2o_2$ fue de 92 – 93 % del tipo opaco, Paes (1975).

En pruebas de campo en 1985 – 1986, la variación en los contenidos de aminoácidos totales, lisina y triptófano durante el llenado de grano fueron similares en granos de maíz cv. Hang 417, maíz dulce cv. Tian 3 y maíz super

dulce cv. Tianyu no.2, los índices de acumulación de aminoácidos totales y de proteína fueron altos en maíz y bajos en maíz dulce y super dulce, pero la acumulación de aminoácidos libres fue alta en maíz dulce super dulce y bajo en maíz. Los contenidos de lisina y triptófano fueron muy bajos durante las etapas cerca al llenado pero incrementaron después y fueron significativamente más altas en maíz dulce que en maíz, Sun y Chen (1992).

MATERIALES Y METODOS

Los materiales estudiados, son procedentes de la colección de razas del Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN, que fueron incrementados en Villa Hidalgo, Nayarit, en el ciclo otoño - invierno (1998 – 1999). En el cuadro 3.1 se menciona el material genético y su genealogía para su mejor identificación. Para el estudio de cada uno de los materiales, se inició con el análisis bromatológico, posteriormente se llevó a cabo la determinación de la densidad específica (gravedad específica) y el peso hectolítrico y por último se les cuantificó el contenido de carotenos. Dichos estudios se llevaron a cabo en diferentes laboratorios de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Cuadro 3.1 Materiales genéticos estudiados, su procedencia y su genealogía.

Material	Genealogía	Nombre
1	VHN 98-99 4514 # PAP	Dulce
2	VHN 98-99 4624 # PAP	Tepecintle
3	VHN 98-99 4625 # PAP	Jala
4	VHN 98-99 4619 # PAP	Palomero
5	VHN 98-99 4523 # PAP	Tehua
6	VHN 98-99 PL mezcla de líneas de maíz dulce	Mezcla de líneas de maíz dulce

Los estudios bromatológicos se realizaron en el laboratorio de nixtamalización del Instituto Mexicano del maíz de la UAAAN. Determinándose en éste el % de humedad, % de cenizas, % de grasas, % de N₂, % de proteína, % de fibra cruda, % de extracto libre de nitrógeno y el contenido de energía calorífica (cal/g). Para la determinación de la humedad, se utilizó la técnica por arrastre de tolueno. Este método se fundamenta en la destilación del agua que contiene la muestra de un hidrocarburo de punto de ebullición superior al de aquella, el que además es de muy baja polaridad.

Material y reactivos:

Refrigerante recto

Matraz balón de 250 ml. De boca esmerilada.

Manta eléctrica

Tubo de destilación de bidwell – Sterling.

Pinzas

Tolueno o Xileno

Procedimiento:

Se coloca un frasco de 100 ml. aproximadamente de material por analizar, el cuál ha sido cortado a un tamaño de partícula de 2 cm. Aproximadamente (evitando la pérdida de agua), y se tapa el frasco. Se pesa el

frasco con su contenido en la balanza analítica y registrar el peso. Se retira el frasco de la balanza, destaparlo, extraer con las pinzas de 3 –4 gr de muestra y depositarlos dentro del matraz balón teniendo cuidado que la muestra no se quede adherida a la boca del matraz. Los residuos de la muestra que quedaron en las pinzas bajarlos al matraz balón empleando una pizeta con tolueno. Se pesa el frasco tapado y registrar nuevamente el peso. Se adiciona al matraz, suficiente tolueno, de manera que cubra totalmente la muestra. Conectar el matraz al refrigerante. Posteriormente se llena con tolueno el tallo graduado del tubo de bidwell por el refrigerante. Enseguida se inicia el calentamiento y se destila lentamente hasta que la mayor parte del agua haya sido destilada. Acelerar la destilación aumentando la temperatura. Lavar el refrigerante con pequeñas porciones de tolueno. Si existen gotas de agua en el refrigerante, quitarlas con un escobillón de centro de cobre saturado con tolueno y destilar ½ hr Más. Se lee el volumen de agua. Calcular los gramos de agua.

Cálculos:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{g. de agua}}{\text{g. de muestra}} \times 100$$

Nota : se debe evitar en todas las manipulaciones pérdidas por evaporación.

A.O.A.C. 1975.

La técnica de extracción de ceniza se basa en el principio de secado de la muestra (incinerar) a 600 °C, para quemar todo el material orgánico. El material inorgánico que no se destruye a esta temperatura se le llama ceniza.

Material:

Crisoles

Mufla

Desecador

Mechero

Procedimiento:

Se colocan los crisoles limpios (de porcelana) e identificados en una mufla a 500 °C durante una hora. Luego pasar los crisoles de la mufla al desecador y dejar enfriar por una hora. Pesar los crisoles y volver a ponerlos en la mufla para checar el peso. Pesar 2 gramos de muestra seca y pasarla al crisol, quemar la muestra en un mechero y luego pasarla a la mufla a temperatura de 500 °C durante la noche o el tiempo necesario. A la mañana siguiente pasar el crisol a un desecador y dejar enfriar por una hora, pesar el crisol y volver a llevarlo a la mufla para checar el peso (peso constante).

Cálculos:

$$\% \text{de cenizas} = \frac{**\text{Peso de crisol} + \text{Ceniza} + *\text{Peso del crisol}}{\text{Gramos de muestra}} \times 100$$

*De porcelana

**Peso constante

Nota: No todas las cenizas son blancas, algunas son gris, verdes o crema.

Para saber que ya está la ceniza, se observa el crisol periódicamente hasta que no presente ningún residuo negro.
AOAC, (1975).

Para la determinación de nitrógeno se utilizó la siguiente técnica mencionada también por el AOAC (1975).

Material y reactivos:

Matraz de digestión

Matraz Kjeldahl

Condensador

Matraz erlenmeyer

Gránulos de zinc.

Mezcla catalítica de selenio o K_2SO_4 y $CuSO_4$

H_2SO_4

Hidróxido de sodio (NaOH) al 45 %.

H_3BO_3 al 4 %.

Procedimiento:

Se pesan de 0.7 - 2.2 g. de muestra y colocar en el matraz de digestión, añadir la mezcla catalítica de selenio o K_2SO_4 y $CuSO_4$ y (en proporción de 20:1). Se le agrega al matraz Kjeldahl 25 ml de H_2SO_4 concentrado. Si la muestra pesada es mayor de 2.2 g, añadir 10 ml más de H_2SO_4 por cada gramo de

muestra. Colocar en el aparato de digestión, ebulir hasta que el líquido esté claro (aproximadamente 2 horas para descomponer la materia orgánica), la temperatura no debe ser mayor a 350 °C.

Enfriar, añadir aproximadamente 200 ml de agua fría, añadir unos gránulos de zinc para prevenir saltos, añadir 110 ml de solución de NaOH al 45 %, sin agitación (por cada 10 ml de H₂SO₄, añadir 15 g de NaOH, o suficiente solución para alcalinizar fuertemente). Inmediatamente conectar el matraz de Kjeldahl al condensador y destilar, recibir el NH₃ en un matraz erlenmeyer que contenga 50 ml de H₃BO₃ al 4 %, hasta que el volumen de este matraz sea 250 o 300 ml, titular el matraz que contiene NH₃ con H₂SO₄ – 0.1 N (estandarizado).

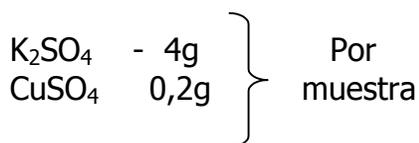
Cálculos:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{((V_{ac})(N_{ac}) - (V_{bco})(N_{bco})) (0.014) (100)}{\text{g de muestra}}$$

El principio de la metodología para la cuantificación de proteínas se fundamenta en que el nitrógeno y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio por medio de la digestión del ácido sulfúrico en ebullición. El residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio. El amonio presente se descompone y a la vez se destila y se recibe en una solución de ácido bórico que luego se titula con ácido sulfúrico estandarizado.

Equipo:

- Solución indicadora (0.05 % rojo de metilo y 0.1 % de verde de bromocresol), disolver en 100 ml de alcohol al 95 %.
- Solución estandarizada de HCl ó H₂SO₄ 0.1N esta solución se estandariza con Na₂CO₃ usando rojo de metilo como indicador.
- Ácido sulfúrico concentrado de 93 a 98 % (grado reactivo).
- Mezcla catalizadora (proporción 20:1).



- Zinc granular (lentejas).
- Solución de hidróxido de sodio libre de nitrógeno al 45% (450 g de NaOH / lt de agua destilada).
- Solución de ácido Bórico al 4%.
- 40 g de H₃BO₃ / l de agua destilada

Procedimiento:Digestión:

Pesar la muestra colocándola en un matraz Kjeldahl y añadiendo una cuchara de mezcla catalítica (sulfato de potasio + sulfato de cobre). Se añade 25 ml de H₂SO₄ concentrado (98 %) por las paredes del matraz. Solo para muestras de bajo contenido de nitrógeno o gran cantidad de materia orgánica,

añadir 10 ml por cada gramo adicional de muestra. Se introducen las perlas de vidrio al matraz Kjeldahl y se coloca éste en el aparato digestor Kjeldahl para que ebulle, la temperatura no debe ser mayor de 300 °C, porque se perdería nitrógeno. La digestión se termina cuando el líquido está claro, apagar las parrillas, dejar enfriar y antes de la solidificación de la sal, agregar 250 ml de agua destilada.

Destilación

Se preparan matraces erlenmeyer de 500 ml y añadir 50 ml de H₃BO₃ al 4%, así mismo se les añade colorante mixto (3-5 gotas). Colocando los matraces bajo los condensadores y se introducen los tubos dentro de los mismos para recibir el destilado y coleccionar 250 ó 300 ml de volumen. A los matraces kjeldahl digeridos y con agua, se les añade 110 ml de NaOH al 45%, y unos gránulos de Zinc (catalizador), se conecta el destilador rápidamente. Una vez ajustado el tapón del condensador, se mezcla el contenido del balón rotándolo suavemente, se prendieron las parrillas y se destiló el volumen suficiente. Titular el amonio recogido con H₂SO₄ estandarizado (0.1n) o HCl (0.1N), hasta que desaparezca el color verde. Tener cuidado en el punto de equivalencia que consiste en un equilibrio entre la parte ácida y la parte básica, por ello en la titulación se debe tomar en cuenta el primer cambio de color.

Cálculos:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{((V \text{ de ácido}) (Nac.) - (V \text{ bco}) (Nbco)) \times 0.014 \times 100g}{g \text{ de muestra}}$$

Proteína = % N x 5.83*

*Factores que cambian con el tipo de materia que se analiza, para el caso del maíz es de 5.83.

A.O.A.C. 1980.

El método para el extracto etéreo se basa en la extracción de compuestos solubles por medio de calor, con un solvente adecuado (no polar de preferencia o ligeramente) por un tiempo determinado según la muestra (8 – 16 hrs.).

Material y reactivos:

Matraces de extracción

Algodón

Dedal

Manta de calentamiento

Refrigerante

Perlas de vidrio

Reactivos:

Hexano ó éter de petróleo

Procedimiento:

Se seca la muestra a 80°C hasta que pierda toda la humedad. Los matraces para extracción que contienen perlas de vidrio se introducen en la estufa hasta obtener peso constante a una temperatura de 100°C. Pesar 4 g de la muestra y colocarlos en un dedal limpio e identificado y se tapa con algodón. Posteriormente se coloca el dedal con la muestra en el sifón y se fija bajo el condensador del aparato de extracción (refrigerante). Al matraz de extracción se

la agregan 200 ml de solvente (Hexano o Eter de petróleo), se coloca bajo el sifón y sobre la manta de calentamiento asegurándose que quede bien fijo. Abrir la llave del agua que enfría los refrigerantes y prender las mantas de calentamiento. La extracción puede dejarse sola y realizar observaciones periódicas. La extracción es de 16 horas. El goteo adecuado debe ser de 2-3 gotas por segundo. Después de completar la extracción se procede a sacar el dedal del sifón y guardar la muestra para fibra cruda; recuperar el solvente y poco antes de que se evapore a sequedad sacar los matraces y terminar de evaporar a temperatura de laboratorio. Apagar las mantas y cerrar el agua, (conexiones del aparato Soxhlet). Poner los matraces en la estufa a 80°C por toda la noche, al día siguiente colocarlos en un desecador y dejarlos enfriar por 30 minutos, pesar y volver a introducirlos en la estufa para checar el peso.

Cálculos:

$$\% \text{Extracto etéreo} = \frac{\text{Peso cte. (matraz + Extracto etéreo)} - \text{Peso cte. matraz solo}}{\text{gramos de muestra seca}} \times 100$$

AOAC. 1980.

Para cuantificar el contenido de fibra cruda se utilizó el método de Weende, para determinar las sustancias resistentes a la digestión ácida o alcalina de la muestra.

Equipo:

Aparato de extracción que consiste de calentadores con regulador y refrigerante.

Material y reactivos:

Tela de lino para filtrar

Solución de H_2SO_4 0.255 N.

Solución de NaOH 0.313 N (en agua libre de CO_3^{2-}).

Asbesto.

Alcohol octílico (antiespumante).

Perlas de vidrio (reguladores de ebullición).

Procedimiento:

Digestión ácida:

Pesar con exactitud 2 g de muestra seca y extraída con Eter de petróleo o Hexano y colocarla en un matraz erlenmeyer de 600 ml. Si la muestra contiene menos de 1% de extracto etéreo, la extracción se puede omitir. Añadir aproximadamente 1 gramo de asbesto, 200 ml de solución sulfúrica (H_2SO_4 0.255 N) hirviendo y unas gotas de antiespumante (15 gotas) además perlas de vidrio. Hervir la solución por 30 minutos. Filtrar el contenido del matraz a través de la tela de lino y lavar con agua caliente (desmineralizada o destilada) hasta quitar el ácido.

Digestión alcalina:

Transferir el residuo del filtrado anterior al matraz erlenmeyer, añadir 200 ml de solución hirviendo de NaOH y hervir por 30 minutos como en el caso

anterior. Filtrar el contenido del matraz en un crisol gooch y lavar con agua destilada o desmineralizada hasta quitar el exceso de hidróxido.

Secado y Calcinación:

Secar el crisol con su contenido a 120°C durante 2 horas, enfriar en desecador y pesar. Después calcinar a 600°C por 30 minutos, enfriar en desecador y pesar nuevamente.

Cálculos:

$$\begin{array}{l} \% \text{ de fibra cruda} \\ \text{muestra seca y} \\ \text{desgrasada} \end{array} = \frac{(\text{P. Crisol estufa} - \text{P. Crisol mufla})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

El valor para la variable extracto libre de nitrógeno se determina por diferencia restando de 100 los porcentajes de humedad, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y el material mineral.

Para la determinación del valor calorimétrico se obtiene por medio de la bomba calorimétrica, donde se pesa un gramo de muestra y se prepara una pastilla, esta se pone a secar a la estufa para ser desecada a menos de 80°C, después de dejar enfriar la cápsula (15min) se pesa para sacar por diferencia el peso de la pastilla, luego se pesa 2 kg. de agua destilada y se colocan en el recipiente de la bomba calorimétrica, en la bomba se coloca la cápsula pesada con una pastilla, a los lados de la cápsula se coloca un alambre de 10 cm que debe pegar con la muestra, se introduce en la bomba de oxígeno cuando se

hayan agregado de 1- 2 gotas de agua destilada se cierra la bomba perfectamente, se agregan de 25 – 30 atmósferas de oxígeno y se libera el oxígeno de la manguera. Se conectan los electrodos y se tapa la bomba, cuando se tenga temperatura constante tomar lectura inicial, oprimir el botón del regulador de corriente y se toma la lectura final cuando haya aumentado lo suficiente y no exista cambio al hacer tres lecturas. Lavar la bomba (paredes) y la cápsula con la tapa de la bomba (enjuagar tres veces) para asegurar que no contiene ácido, colocar la solución en un matraz erlenmeyer y agregar anaranjado de metilo como indicador y titular con carbonato de sodio, el alambre que no se haya fundido se mide y se determinan las calorías por medio del factor de conversión.

En el laboratorio cultivo de tejidos vegetales "in-vitro" del Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN, se realizaron las técnicas para densidad variable y peso hectolítrico.

Para llevar a cabo la separación del grano por peso entre los diferentes materiales genéticos, se tomó una muestra de cada material de 400 grs y se empleó el método de densidad variable, el cual consiste en la preparación de soluciones a partir de cloroformo y acetato de etilo, utilizados éstos en diferentes proporciones para obtener una solución final con determinada densidad específica, para tal efecto se partió de la fórmula siguiente:

$$D = \frac{P}{V}$$

$$P = D \times V$$

Donde:

P = Peso específico requerido para cada densidad.

D = Densidad de cada una de las sustancias.

V = Volumen requerido de cada una de las sustancias para obtener la densidad establecida para cada tratamiento.

Ejemplo:

Para la formación de la solución con una densidad específica de 1.27 se realizó

lo siguiente.

150 ml de Cloroformo

79 ml de Acetato de etilo

$P=1.471 \times 150 = 220.650$ ml de Cloroformo

$P= 0.893 \times 79 = 70.547$ ml de Acetato de etilo

$$D = \frac{P}{V} = \frac{220.650 + 70.547}{150 + 79} = \frac{291.117}{229} = 1.27 \text{ g/cm}^3$$

El peso hectolítrico se determinó por medio de una balanza marca Ohaus, metodología citada por Arias (1981), la cual consiste en nivelar la balanza indicado por la burbuja, las barras graduadas al colocar el recipiente en el gancho correspondiente y al colocar en cero las pesas. El grano se deposita en el embudo para después recibirlo en el recipiente, abriendo el obturador, posteriormente con tres movimientos en zig zag con una regla de madera se rasa el recipiente y se procede a tomarle la lectura en la balanza, el resultado de dicha medición se debe de reportar en Kg./Hl; con una aproximación de 5g.

Para la evaluación del contenido de carotenos en las muestras de maíz, éstas se llevaron al laboratorio de apoyo a la investigación del Departamento de Ciencias Básicas de la UAAAN.

Los carotenos se determinaron por medio de una técnica de separación la cual consiste en dejar en refrigeración por 24 hrs. la muestra (20 gr) finamente picada agregándole acetona, el paso siguiente fue triturar tres veces en un mortero y lavar con 20 ml de acetona. Posteriormente la fase líquida se colocó en un embudo de separación donde se le adicionó 20 ml de éter de petróleo y 100 ml de agua destilada, para luego separar las dos capas, desechando la capa inferior, esto se realizó tres veces. Para la eliminación de la acetona se lavó tres veces con agua destilada, al extracto libre de acetona se le adicionaron 10 ml de Na OH al 40% para eliminar las grasas y se procedió a lavar con agua destilada hasta eliminar el exceso de NaOH, usando como indicador la fenoftaleína. Enseguida se lavó tres veces con 20 ml de sulfato de sodio al 10%. Se procedió a filtrar utilizando papel filtro, se aforó a un volumen conocido y se procedió a leer en el espectrofotómetro a 454 nm, utilizando como blanco éter de petróleo.

Cálculos :

$$\text{Carotenos totales (mg / 100 g de muestra)} = \frac{A \times 3.85 \times f.d \times V \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

Donde:

A = Absorbancia

F.D = Factor de dilución

V = Volumen aforado

3.85 = Factor de referencia.

Gortner (1965).

Para el caso de los datos obtenidos en por ciento, estos se modificaron por medio de la transformación arcoseno para lo cual se utilizó la fórmula siguiente:

$$Y' = \sqrt{Y/100}$$

Donde:

Y' = % de dato observado

Y = Valor transformado

Cada una de las variables obtenidas del análisis bromatológico y contenido de carotenos fueron sometidas para su análisis de manera individual a un diseño completamente al azar representado por el modelo:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + E_{ij}$$

Donde:

T = tratamientos

E = error

$i = 1 \dots t$

$j = 1 \dots r$

Por lo que respecta a las medias éstas fueron comparadas por la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) al 0.01.

En el caso de los resultados del peso hectolítrico, éstos describen en tabla con la finalidad de detectar alguna relación con las demás variables, de igual manera se procedió con los datos obtenidos con la variable densidad específica de los materiales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Humedad:

Al realizar el análisis de varianza para la humedad, se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos.

En la comparación de medias se detectó que la media varió desde 5.58 hasta 6.12 (cuadro 4.1).

Cuadro 4.1 Comparación de medias para la variable contenido de humedad entre tratamientos.

No. De tratamiento	Tratamiento	Contenido de humedad (%)
2	VHN 98-99 4624 # PAP	6.12 A
3	VHN 98-99 4625 # PAP	5.97 B
1	VHN 98-99 4514 # PAP	5.90 B
6	VHN 98-99 Mezcla de líneas de maíz dulce P.L.	5.67 C
5	VHN 98-99 4523 # PAP	5.62 C D
4	VHN 98-99 4619 # PAP	5.58 D

C. V = 0.29 %

Podemos observar que el material VHN 98-99 4624 #PAP obtuvo el mayor porcentaje de humedad, que se refiere al tratamiento No. 2 y el valor mínimo perteneció al material VHN 98-99 4619 # PAP (tratamiento No. 4), esto se aprecia en la fig.4.1.

En general todos los materiales muestran un bajo nivel de humedad comparado con los niveles promedio citados en la literatura (FAO 1993), donde la media es de 9.5%.

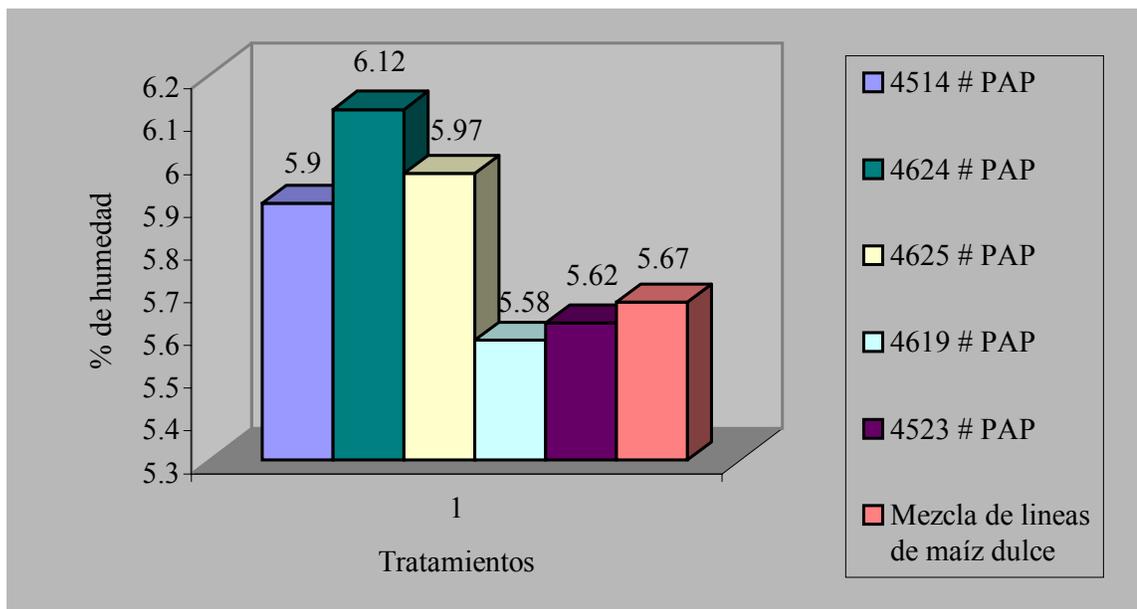


Figura 4.1 Comportamiento de la variación en el contenido de humedad de los diferentes materiales genéticos de maíz dulce.

Cenizas:

El análisis de varianza nos muestra en los resultados una diferencia altamente significativa entre los materiales.

Los datos obtenidos en la comparación de medias entre los tratamientos encontró un valor mínimo que es 1.62, un máximo de 2.41, y una valor promedio de 2.01 cuadro 4.2 de comparación de medias.

Cuadro 4.2 Comparación de medias para la variable contenido de cenizas en los materiales de maíz dulce.

No. De tratamiento	Tratamiento	Contenido de cenizas (%)
4	VHN 98-99 4619 # PAP	2.41 A
6	VHN 98-99 Mezcla de líneas de maíz dulce P.L.	2.38 A
3	VHN 98-99 4625 # PAP	1.93 B
5	VHN 98-99 4523 # PAP	1.91 B
2	VHN 98-99 4624 # PAP	1.85 C
1	VHN 98-99 4514 # PAP	1.62 D

C . V = 0.68 %

Podemos decir entonces que el tratamiento No. 4 (VHN 98-99 4619 # PAP), es el que mostró mayor contenido de cenizas, sin embargo a pesar de que numéricamente son diferentes con el tratamiento No. 6 (VHN 98-99 Mezcla de líneas de maíz dulce PL.), estadísticamente son iguales, el menor contenido lo obtuvo el tratamiento No. 1 (VHN 98-99 4514# PAP), con un valor de 1.62 (fig.4.2).

Para esta variable todos los tratamientos se encuentran por encima de los valores reportados en la literatura, en la cual nos marca que el promedio de cenizas en el maíz dulce es de 1.5 %. Lo que nos indica que en los materiales examinados se encuentran mayor cantidad de minerales o compuestos químicos que teóricamente están presentes, y que estos compuestos pueden ser de: Ca, K, Mg, Na, P, etc.

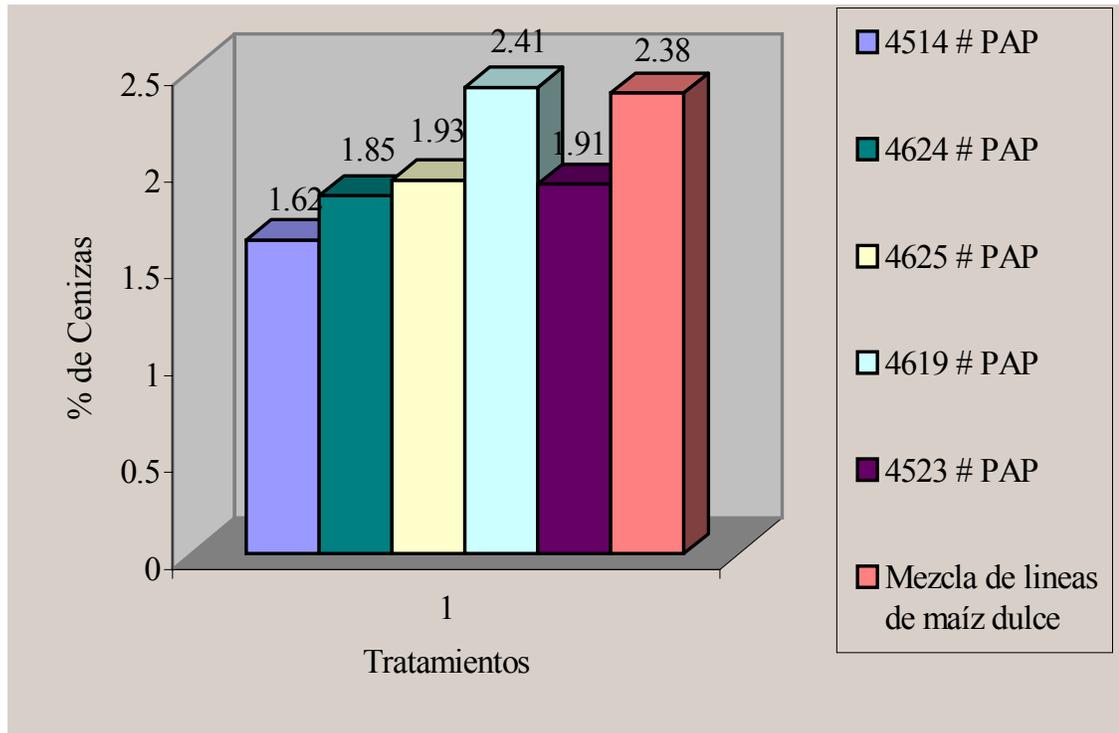


Figura 4.2 Contenido de cenizas en porcentaje de los diferentes materiales genéticos de maíz dulce.

Grasas:

Después de someter los tratamientos al análisis de varianza se obtuvieron resultados que mostraron diferencias estadísticas altamente significativas.

Al hacer la comparación de medias entre los materiales genéticos, se observaron valores que van desde 4.39 hasta 4.87 lo cual se puede apreciar en el cuadro 4.3.

Cuadro 4.3 Comparación de medias entre los tratamientos para la variable contenido de grasas.

No. De tratamiento	Tratamiento	Contenido de grasas (%)
1	VHN 98-99 4514 # PAP	4.87 A
2	VHN 98-99 4624 # PAP	4.81 A
3	VHN 98-99 4625 # PAP	4.67 B
4	VHN 98-99 4619 # PAP	4.58 B C
5	VHN 98-99 4523 # PAP	4.48 C D
6	VHN 98-99 Mezcla de líneas de maíz dulce P.L.	4.39 D

C. V. = 0.34 %

El mayor contenido de grasas lo obtuvo el tratamiento No. 1 (VHN 98-99 4514 # PAP), seguido del No. 2 (VHN 98-99 4624 # PAP), sin embargo como lo podemos apreciar no existe diferencia estadística significativa entre estos dos tratamientos.

La tendencia de los materiales en lo que respecta a su contenido de grasa así como su variación entre ellos lo muestra gráficamente la Figura 4.3

Todos los tratamientos son altos en el contenido de grasas comparados con la media establecida por los autores, la cual indica un promedio en extracto etéreo de 3.9 %.

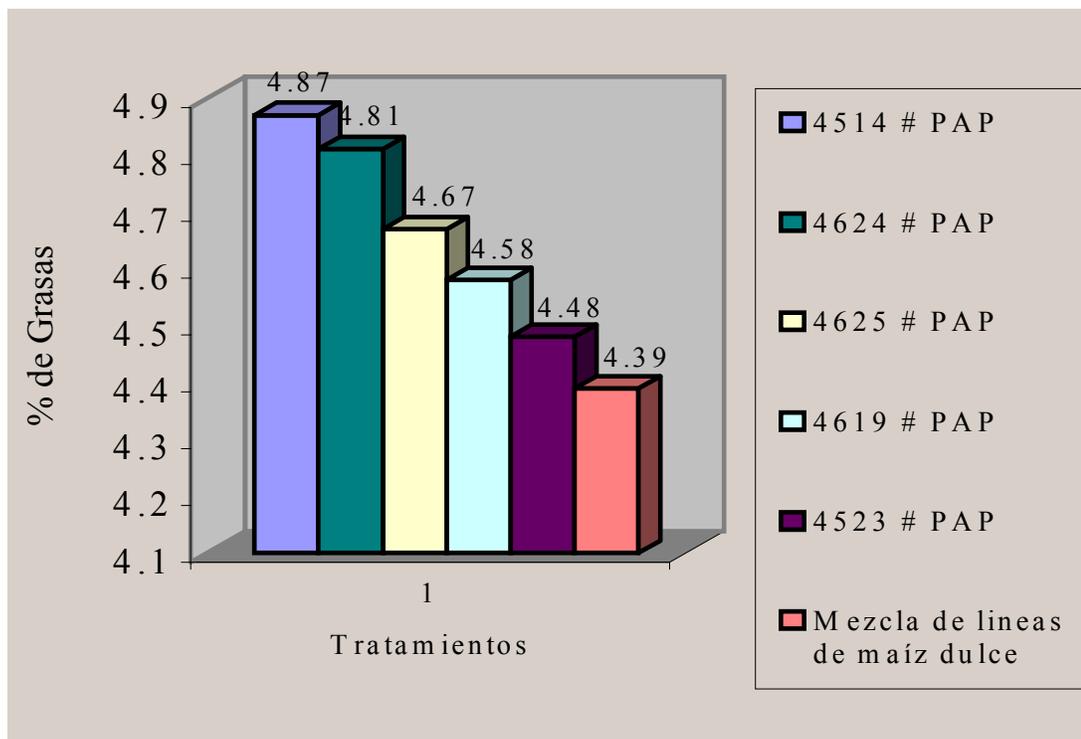


Figura 4.3 Contenido de grasas de los seis materiales genéticos de maíz dulce.

Nitrógeno:

El análisis de varianza para este caso nos indica diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

En la comparación de medias se tuvo una variación que va desde un mínimo de 1.69 hasta un máximo porcentaje de 2.16 cuadro 4.4.

El mejor tratamiento en cuanto al contenido de N_2 fue el No. 6 (VHN 98-99 mezcla de líneas de maíz dulce), y todos los materiales resultaron ser diferentes tanto numéricamente como estadísticamente, excepto en el 1 y 2 donde la diferencia estadística no existe.

Cuadro 4.4 Comparación de medias de los seis materiales genéticos de maíz dulce para la variable contenido de nitrógeno.

No. De tratamiento	Tratamiento	Contenido de nitrógeno (%)
6	VHN 98-99 Mezcla de líneas de maíz dulce P.L.	2.16 A
5	VHN 98-99 4523 # PAP	2.07 B
4	VHN 98-99 4619 # PAP	2.01 C
3	VHN 98-99 4625 # PAP	1.79 D
2	VHN 98-99 4624 # PAP	1.72 E
1	VHN 98-99 4514 # PAP	1.69 E

C. V = 0.27 %

En la figura 4.4, nos damos cuenta de la variación del porcentaje entre los materiales en cuanto a su contenido de N_2 , donde se muestra una tendencia ascendente del tratamiento No. 1 al No. 6.

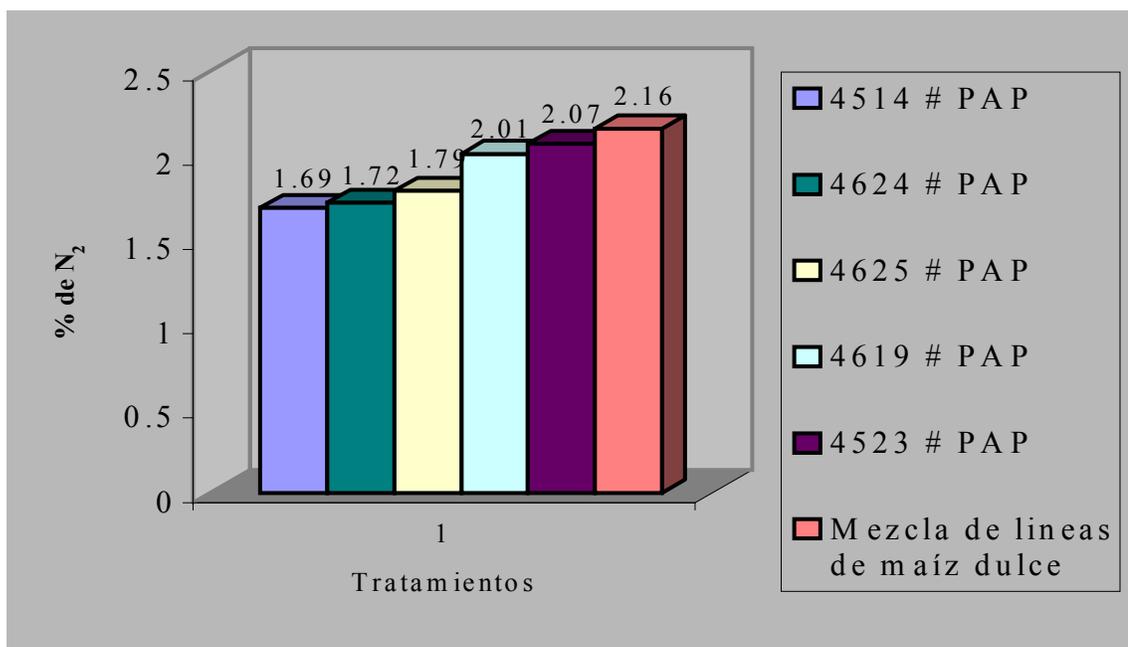


Figura 4.4 Contenido de nitrógeno de los seis materiales genéticos de maíz dulce.

Proteína:

Al someter al análisis de varianza los datos de la variable proteína, éstos nos da resultados altamente significativos entre los tratamientos.

En la comparación de medias nos damos cuenta la variación que tuvieron los materiales genéticos, en los cuales tenemos el valor mínimo de 10.62 y un valor máximo de 13.51 (ver cuadro 4. 5).

Cuadro 4.5 Comparación de medias entre los tratamientos de maíz dulce para la variable contenido de proteína.

No. De tratamiento	Tratamiento	Contenido de proteína (%)
6	VHN 98-99 Mezcla de líneas de maíz dulce P.L.	13.51 A
5	VHN 98-99 4523 # PAP	13.00 B
4	VHN 98-99 4619 # PAP	12.64 C
3	VHN 98-99 4625 # PAP	11.24 D
2	VHN 98-99 4624 # PAP	10.77 E
1	VHN 98-99 4514 # PAP	10.62 E

C. V = 0.30 %

El tratamiento No. 1 (VHN 98-99 4514 # PAP) y el No. 2 (VHN 98-99 4624 # PAP), estadísticamente no existe diferencia entre ellos, sin embargo sí la hay entre los otros tratamientos restantes.

Podemos ver el comportamiento gráfico del contenido de proteína de los tratamientos en la figura 4.5, donde se observa que el mejor material para ésta característica es el No. 6 (VHN 98-99 # PAP).

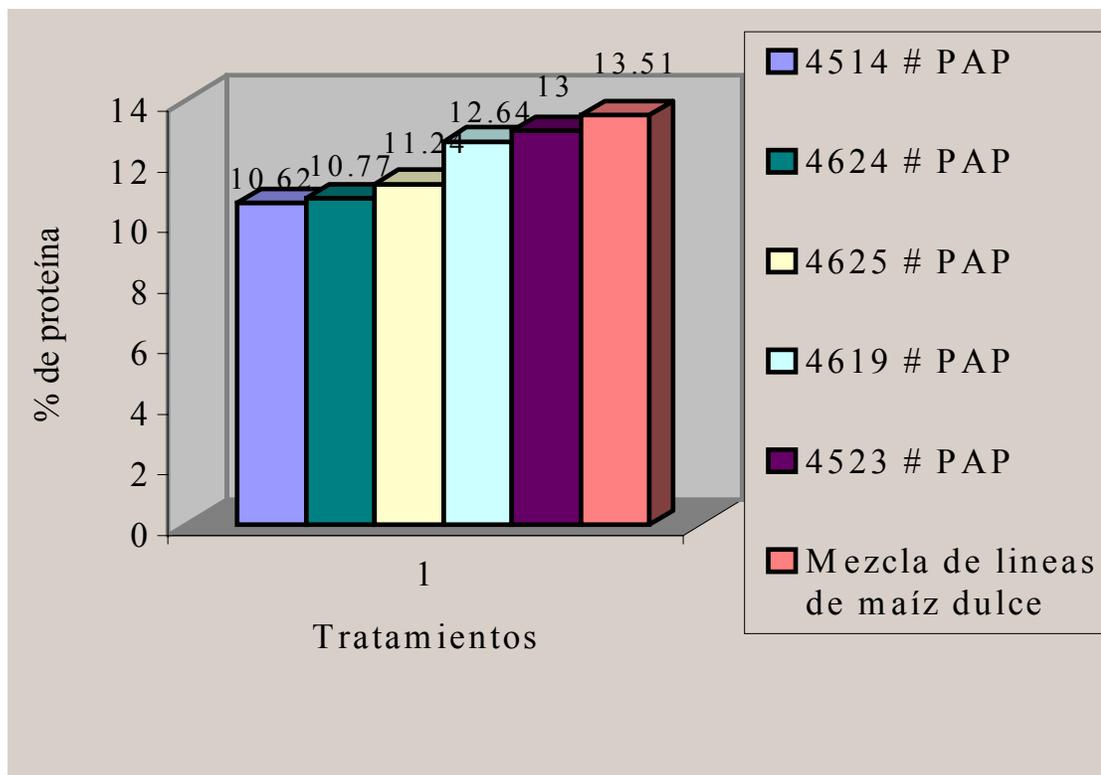


Figura 4.5 Contenido de proteína en porcentaje de seis materiales genéticos de maíz dulce.

Los mejores materiales para esta característica podemos decir que son el No. 5 (VHN 98-99 4623 # PAP) con un 13 % y el No. 6 (VHN 98-99 Mezcla de líneas de maíz dulce P.L) con 13.51 %, tomando en consideración la media citada en la literatura la cual es de 12.9 %.

Fibra cruda:

Los valores arrojados por el análisis de varianza, para fibra cruda son altamente significativos entre los tratamientos.

De la misma manera la variación entre las medias de los tratamientos fluctuó, desde 4.04 como valor mínimo, hasta 4.23 que fue el valor máximo, estos valores están enmarcados en el cuadro No. 6 de comparación de medias para los tratamientos.

Cuadro 4.6 Comparación de medias entre los tratamientos para la variable contenido de fibra cruda en los materiales de maíz dulce.

No. De tratamiento	Tratamiento	Contenido de fibra cruda (%)
1	VHN 98-99 4514 # PAP	4.23 A
2	VHN 98-99 4624 # PAP	4.20 A B
3	VHN 98-99 4625 # PAP	4.13 A B
5	VHN 98-99 4523 # PAP	4.06 A B
6	VHN 98-99 Mezcla de líneas de maíz dulce P.L.	4.06 B
4	VHN 98-99 4619 # PAP	4.04 B

C. V = 0.55 %

Los contenidos de fibra cruda de una manera gráfica los podemos observar en la figura 4.6, en la que nos muestra los porcentajes de cada uno de los materiales genéticos.

Para éste caso todos los materiales genéticos superan la cantidad media mencionada por los autores ya que ésta oscila entre el 2.9 % en el contenido de fibra cruda, mientras que la menor cantidad en la determinación de la misma para los materiales genéticos evaluados fue de 4.04 % que corresponde al No. 4 (VHN 98-99 4619 # PAP), y el valor máximo correspondió al No. 1 (VHN 98-99 4514 # PAP) con un contenido en fibra cruda de 4.23 %.

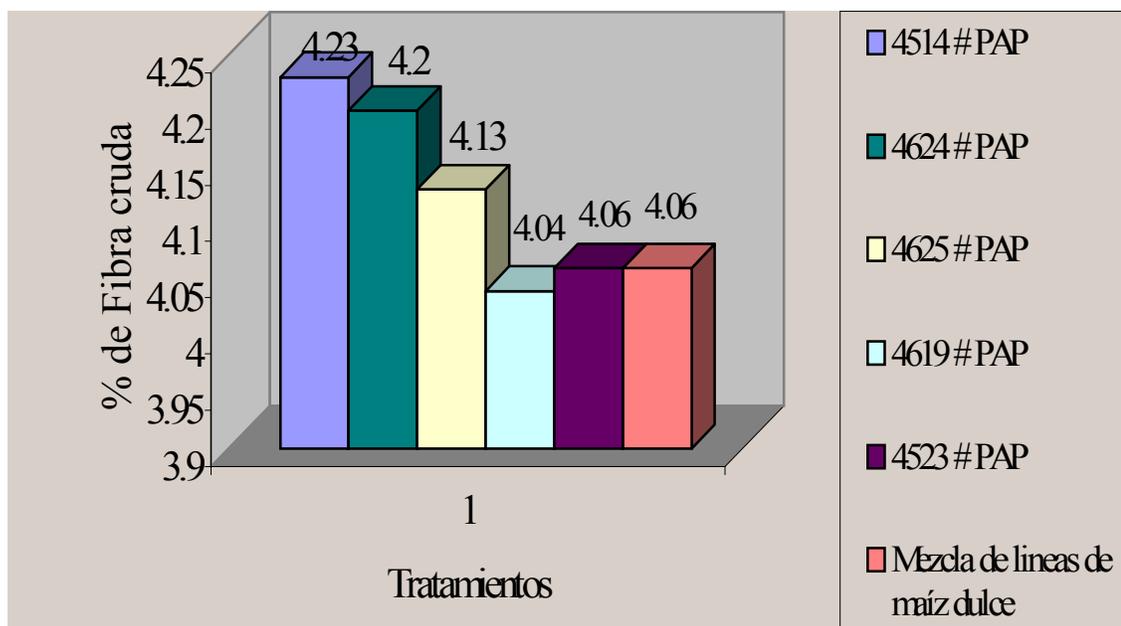


Figura 4.6 Contenido de fibra cruda de cada uno de los materiales genéticos de maíz dulce evaluados.

Extracto libre de nitrógeno:

Altamente significativos fueron los resultados al ser sometidos al análisis de varianza para el extracto libre de nitrógeno.

En cuanto a la comparación de medias, ésta dio un valor mínimo de 75.65, esto en comparación con el valor máximo en la misma tabla de medias el cual fue de 78.68 (cuadro 4.7)

El tratamiento que mayor cantidad de extracto libre de nitrógeno contiene es el No. 1 (VHN 98-99 # PAP) con un contenido de 78.65 %, seguido del No. 2 (VHN 98-99 # PAP), con 78.40 % y el que menor cantidad contiene es

el tratamiento No. 6 (VHN 98-99 Mezcla de líneas de maíz dulce P.L.) con un porcentaje de 75.65.

Cuadro No. 7 Comparación de medias para el contenido extracto libre de nitrógeno en los materiales genéticos de maíz dulce.

No. De tratamiento	Tratamiento	Contenido de extracto libre de nitrógeno (%)
1	VHN 98-99 4514 # PAP	78.68 A
2	VHN 98-99 4624 # PAP	78.40 A B
3	VHN 98-99 4625 # PAP	78.02 B
5	VHN 98-99 4523 # PAP	78.54 C
4	VHN 98-99 4619 # PAP	76.33 C
6	VHN 98-99 Mezcla de líneas de maíz dulce P.L.	75.65 D

C. V = 0.14 %

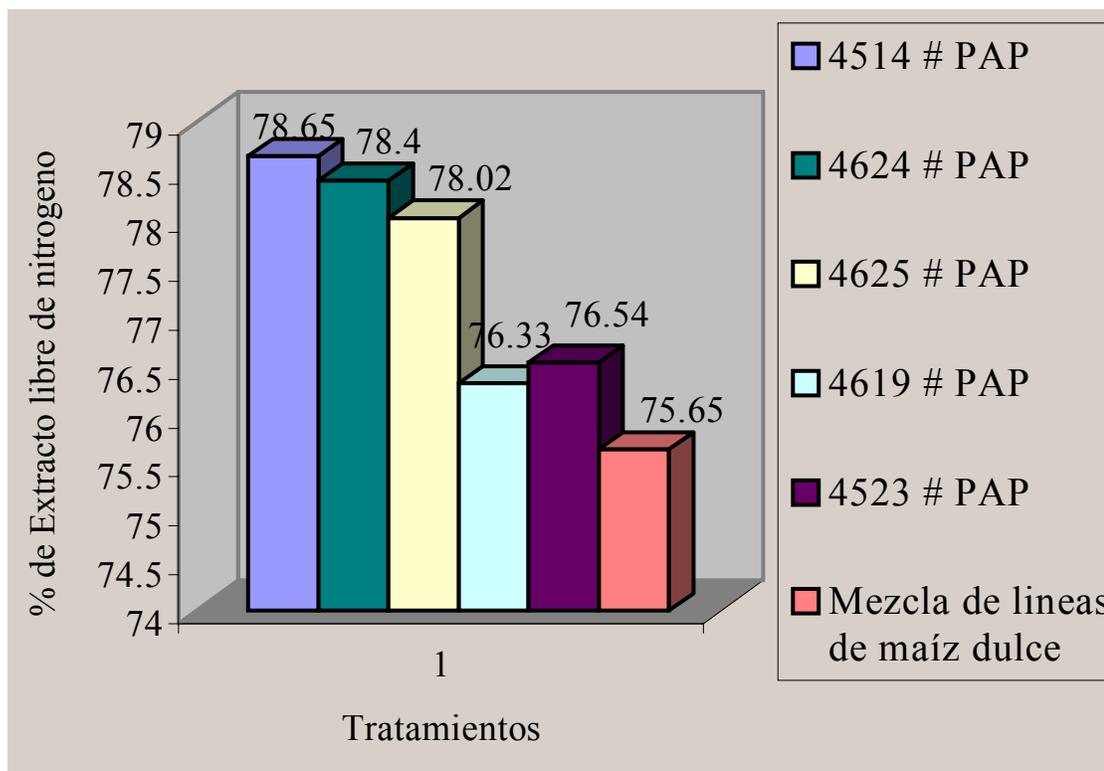


Figura 4.7 Porcentajes para cada uno de los tratamientos en el contenido de extracto libre de nitrógeno.

Energía calorífica:

Los valores del análisis de varianza arrojan resultados altamente significativos entre los tratamientos.

Para la tabla de medias el valor más bajo fue de 3611, y el máximo valor reportado en la misma tabla fue de 3860, esto lo comprueba el cuadro 4.8 que corresponde a esta variable.

Cuadro 4.8 Comparación de medias para la variable contenido de energía calorífica de seis materiales genéticos de maíz dulce.

No. de tratamiento	Tratamiento	Contenido de energía calorífica (cal/g)
6	VHN 98-99 Mezcla de líneas de maíz dulce P.L.	3860.87 A
5	VHN 98-99 4523 # PAP	3854.77 A
4	VHN 98-99 4619 # PAP	3782.17 B
3	VHN 98-99 4625 # PAP	3758.40 C
2	VHN 98-99 4624 # PAP	3612.51 D
1	VHN 98-99 4514 # PAP	3611.31 D

C. V = 0.08 %

El comportamiento gráfico en el contenido porcentual en los materiales lo podemos observar en la figura 4.8 donde comprobamos que el mayor contenido de energía lo tiene el material genético No. 6 (VHN 98-99 Mezcla de líneas de maíz dulce P.L), con 3860.87 cal/g y el más bajo corresponde al No. 1 (VHN 98-99 4514 # PAP), con un contenido de 3611.31 cal/g.

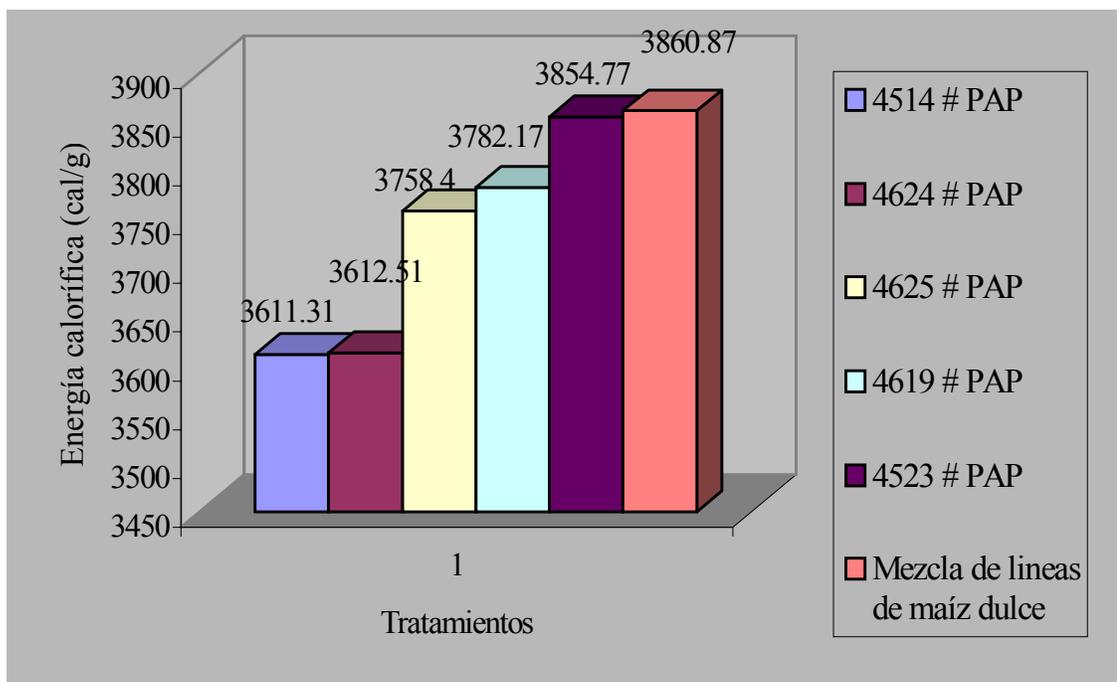


Figura 4.8 Contenido de energía calorífica de seis materiales genéticos de maíz dulce.

Peso hectolítrico:

En el cuadro 4.9 podemos observar que la variación del peso hectolítrico entre los materiales fue muy notable ya que encontramos un valor mínimo de 51.1 kg./H el cual corresponde al tratamiento No. 6 (VHN Mezcla de líneas de maíz dulce), hasta un valor máximo de 79.4 Kg./H que se refiere al tratamiento No. 1 (VHN 98-99 4625 #PAP).

Cuadro 4.9 Resultados del peso hectolítrico de cada uno de los seis materiales genéticos de maíz dulce.

No. de tratamiento	Tratamiento	Peso hectolítrico Kg. / H
3	VHN 98-99 4625 # PAP	79.4
2	VHN 98-99 4624 # PAP	74.7
5	VHN 98-99 4523 # PAP	73.0
4	VHN 98-99 4619 # PAP	72.0
1	VHN 98-99 4514 # PAP	66.0
6	VHN 98-99 Mezcla de líneas de maíz dulce P.L.	51.1

Densidad variable:

Los resultados para la densidad de la muestra (400gr por cada material) de los diferentes materiales genéticos, se exponen en el cuadro 4.10 donde apreciamos la variabilidad dentro y entre los mismos.

Cuadro 4.10 Resultados de los materiales genéticos para la característica densidad variable (los tres porcentajes mayores).

Densidad \ Material	% (1)	% (2)	% (3)	% (4)	% (5)	% (6)
1.27	53.24			30.00		85.86
1.31						
1.32	19.41					3.61
1.33			13.28			
1.34	14.95	9.88	33.13	24.33		3.86
1.35		14.41		19.31	19.91	
1.36					21.78	
1.37						
1.38		46.60				
1.39			26.90		30.14	

Carotenos:

Al analizar estadísticamente los datos obtenidos para el contenido de carotenos nos muestra diferencias altamente significativas entre los tratamientos Cuadro 4.11.

Cuadro 4.11 Comparación de medias para contenido carotenos de los seis materiales genéticos evaluados de maíz dulce.

No. De Tratamiento	Tratamiento	Contenido de carotenos (mg/100 g)
6	VHN 98-99 Mezcla de líneas de maíz dulce P.L.	466.8125 A
1	VHN 98-99 4514 # PAP	110.6875 B
2	VNH 98-99 4624 # PAP	77.00 C
3	VHN 98-99 4625 # PAP	45.7188 D
5	VHN 98-99 4523 # PAP	28.8750 E
4	VHN 98-99 4619 # PAP	21.6563 E

Estos mismos datos al compararse en el análisis de medias muestra variaciones que van desde el valor mínimo 21.65 tratamiento 4 (VHN 98-99 4619 #PAP), hasta un máximo promedio de 466.8125 correspondiente al tratamiento 6 (VHN 98-99 PL Mezcla de líneas de maíz dulce), Fig.4.9.

De manera general se puede hacer referencia a la relación directa que guarda el tratamiento No. 6 (VHN 98 – 99 P. L Mezcla de líneas de maíz dulce), para las características de contenido de proteína, nitrógeno, energía calorífica y contenido de carotenos, estos lo muestran los resultados al comportarse como la de mayor porcentaje para éstas variables. Estas características son importantes sobre todo el contenido de proteínas, los carotenos y la energía que

pueden aportar buenas características en el contenido nutrimental del grano, y que pueden tomarse en consideración para futuros trabajos de mejoramiento genético. Sin embargo el mismo tratamiento guarda una relación inversa al compararse los resultados anteriores con el contenido de grasas, para extracto

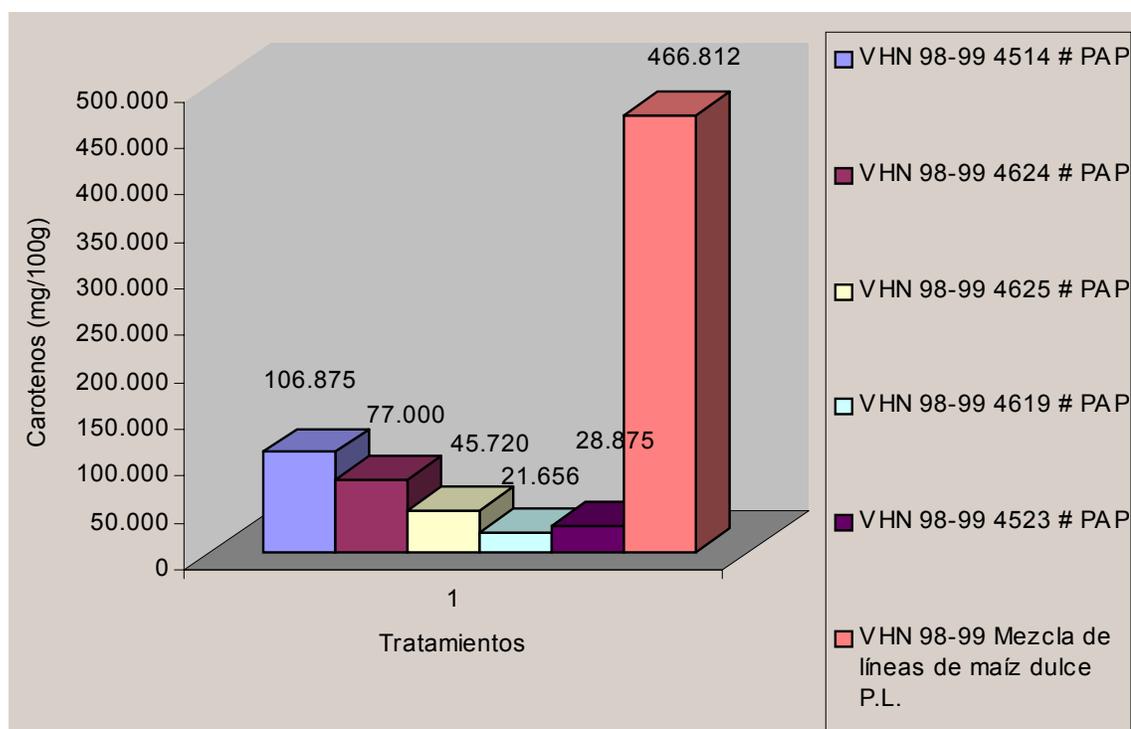


Figura 4.9 Variación en el contenido de carotenos en los materiales genéticos de maíz dulce.

libre de nitrógeno y para el atributo de peso hectolitrico, además de que éste es el tratamiento que expone mayor porcentaje de muestra dentro de la densidad más baja (1.27 g/cc), 85.86 %.

Para el caso del tratamiento No. 1 (VHN 98- 99 4514 #PAP), éste muestra una relación directa entre las variables: fibra cruda, grasas y extracto

libre de nitrógeno, ya que obtiene los más altos porcentajes para las mismas. En estas condiciones éste material puede ser considerado por sus características favorables para la extracción de aceites, ceras, en la fibra por su contenido de celulosa y hemicelulosa etc., No obstante la relación es negativa entre las variables antes mencionadas y los valores de contenido de: cenizas, nitrógeno, proteína y energía calorífica.

Se detectó una relación directa al comparar el contenido de humedad y la característica densidad variable para el tratamiento No. 2 (VHN 98 99 4624 #PAP), al obtener el mayor contenido de humedad y encontrarse con el material con mayor porcentaje de muestra en la densidad de 1.38 g/cc.

Al referirse al material genético No. 4 (VHN 98 99 4619 #PAP), se observa que es el que muestra las mayores concentraciones de cenizas, sin embargo resulta con el menor porcentaje en cuanto se refiere a: humedad, fibra cruda y contenido de carotenos.

CONCLUSIONES

- El mejor material para el contenido de proteína, nitrógeno, energía calorífica y contenido de carotenos fue el material genético No. 6 (VHN 98 99 P.L Mezcla de líneas de maíz dulce), características que lo hacen importante para valor nutricional.
- En el contenido de fibra, grasas y extracto libre de nitrógeno, destacó el material genético No. 1 (VHN 98 99 4514 # PAP), lo que indica su mayor contenido en celulosa , hemicelulosa, aceites, ceras, etc., deseables para la industria.
- El mejor material para el contenido de humedad y mayor porcentaje de muestra en densidades altas (1.38) fue el No. 2 (VHN 98 99 4624 #PAP), lo que se supone que puede influir en el peso de 1000 semillas.
- La mayor concentración de cenizas estuvo en el material No. 4 (VHN 98 99 4619 #PAP).
- El material que reportó el mayor porcentaje de muestra en la mayor densidad fue el tratamiento No.5 (VHN 4523 #PAP), densidad > 1.38 g/cc.

- Los tres tratamientos que obtienen mayor peso hectolitrico, también poseen el mayor porcentaje de muestra analizada dentro de las densidades más altas.

BIBLIOGRAFIA

- Agroeconómico 1996. Maíz. Junio – julio No. 33 Chile, Santiago.
(internet) <http://www.fundch.cl/fc/dt/ai/ae/9606-033/aemaíz.htm>.
- A.O.A.C. 1975 Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 12th edition Washington, D.C.
- 1980 Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13th edition Washington, D.C. U.S.A.
- Arias V. C. 1981. Manual de procedimiento para el análisis de granos. UACH. Chapingo, México. pp 207.
- Arnell R. H. 1995. Contributions of genetics to corn improvement, research geneticist, USDA/ARS, Dept. Agronomy, Iowa State Univ., Ames, IA 50011.
- Beas J. C. 1982. Los libros del maíz como lo usamos Editorial árbol S.A de C.V. Colección cantaro. pp102.
- Blessin, C. W., Brecher, J. D., Dimler, R. J., Grogan, C. O., and Campbell, C. M. 1963. Carotenoids of corn and sorghum. III. Variation in Xanthopylls and carotenes in hybrid, inbred, and exoticorn lines. Cereal chem. 40:436 – 442.
- Carey, E. E. Rhodes, A. M. and Dickinson, D. B. 1982. Postharvest levels of sugars and sorbitol in sugary enhancer (suse) and sugary(suSe) maize. Hortscience 17(2):241-242.

- Doehlert D. C.; Kuo T. M.; Juvik J. A.; Beers E. P.; Duke S. H. 1993. Characteristics of carbohydrate metabolism in sweet corn (sugary-1) endosperm. J. Am. Soc. Hort. Sci. Sep 1993 V 118 (5) p.661 – 666.
- Donald, Mc., Edwards, P. R. A., and Greenhalgh, J. F. D. 1973. Animal Nutrition 2 nd. Ed. Oliver and Boyd Edinburg.
- Edward G. W. Frederick J. K. y Malcom J. S. 1993. Física clásica y moderna. Editorial McGraw-Hill.
- FAO 1993. El maíz en la nutrición humana. Colección FAO; Alimentación y Nutrición, No.25 ISBN 92-s-303013-5. Internet [Http://www.fao.org/inpho/vlibrary/t0395s/t0395s00.htm](http://www.fao.org/inpho/vlibrary/t0395s/t0395s00.htm).
- Fisher Patty y Bender Arnold 1980. Valor nutritivo de los alimentos. Editorial Limusa, tercera reimpression, versión en español Lisy Gómez de Segura. México. pp 205.
- Galinat W. C. 1979. Maize technical Monograph. Ciba –Geigy, agrochemicals printed in Switzerland.
- Glover, R. V., Tosello, G. A. 1975. Kernel characteristic protein in quality and biological value of the sugary-2 mutation and its combination with opaque-2 in Zea mays L. Maize quality protein abstracts vol.1 No.2.
- Gortner, W. A. 1965,. Chemical and physical development of pineapple and plant pigment constituents. J . Food Sci 30 (1).

- Grogan, C. O., and Blessin, C. W. 1968. Characterization of major carotenoids in yellow maize lines of differing pigment concentration. *Crop Sci.* 8(6): 730 – 732.
- , Francis, C. A., and Sarvella P. A. 1971. Effects of cytoplasmic male sterility and restoring factor on yield and morphology in inbred maize. *Crop Sci.* 11(2):295 – 297.
- Halfacre, R. G. and Barden J. A. 1992. *Horticultura*. AGT editor, s.a. México.
- Hernández, M. Cháves A. y Bourgues, H. 1987. Valor nutritivo de los alimentos (tablas de uso practico), publicaciones de la División de Nutrición –L-12, 10ª edición, Instituto Nacional de la Nutrición.
- INEGI 1997. *Cultivos anuales de México, VII Censo Agropecuario* pp 497.
- Janik J. 1965. *Horticultura científica e industrial*, Editorial Acribia, Zaragoza España. pp 564.
- Jugenheimer R. W. 1981. *El maíz, Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas*. Editorial Limusa, primera edición. pp 841.
- 1959. *Obtención de maíz híbrido y producción de semilla, cuadernos de fomento agropecuario*. FAO, Roma, Italia. Pág. 168 – 169.
- Kent Jones, D. W. y Amos, A. J. 1956. *Química moderna de los cereales*. Editorial Aguilar. Madrid España. pp 802.
- Mayer F. 1950. *La química de los materiales colorantes naturales*. Editorial Aguilar, S.A. Ediciones Madrid. pp 400.

- Ochoa C. O. y Cejudo G. H. 1981. Estudio de tres factores (dureza , tiempo y temperatura), en la nixtamalización del maíz, Zea mays L. Chapingo, revista bimestral No. 31- 32 Sep – Dic.
- Paes A. V. 1973. Protein quality and kernel properties of modified opaque –2 endosperm corn involving a recessive allele at the sugary –2 locus. *Crop Science* 13(6) 633.
- Pajic, Z., Radosavljevic, M. 1984. Investigation of the genotypic components of ear yield and grain carbohydrate composition in sweet corn (Zea mays L. var. saccharata). *Archiv zapoljoprivredne Nauke* 45 (4) 411 – 426. Institut zakukuruz , Jlobodana Bajica I, Zemoa, 11081 Belgrade, Yugoslavia.
- Poehlman J. M. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas. Universidad de Missouri, editorial Limusa, decima reimpresión, México. pp 453.
- Ramayo R. L. F. 1983. Tecnología de granos, Universidad Autónoma Chapingo, México. pp 216.
- Serna S. Sergio R. Othón (1996). Química almacenamiento e industrialización de los cereales, primera edición . AGT editor s.a. México.
- Singleton, W. R. 1944 Noyes Darling, first maize breeder. *J. Hered.* 35 (9): 265 – 267.
- Sun, Z. C., Chen, G. P. 1992. Comparative studies of the norm of variation in carbohydrate and amino acid contents of developing grain of sweetcorn and normal maize. II variation in the amino acid content. *Acta agronomica sinica* 18(4) 307 – 311. Institute of Crop Science, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100081 China.

- Tateishi, K., Iijima, T. 1985. Studies on sugars in sweetcorn (Zea mays L. Var. saccharata) kernels. Journal of the Faculty of Agriculture, Shizuoka University 22(1) 45 – 50. Lab of Chem, Shizuoka Univ., Shizuoka, Japan.
- Tippens Paul E. 1990. "Física" Conceptos y aplicaciones. Editorial McGraw-hill. pp. 934.
- Villegas H. H. 1996. La densidad específica de la semilla de maíz (Zea mays L.) como un atributo de la calidad. Tesis Licenciatura, UAAAN, México pp 58.
- Watson 1962. The yellow carotenoid pigments of corn. 17 th corn res. Conf., pp 92 – 100. Amer. Seed Trade Assoc.
- Weillhausen E. J., L. M. Roberts y X. E. Hernández, en colaboración con P. C. Mangelsdorf 1951. Razas de maíz en México, su origen, características y distribución. Programa de Agricultura Cooperativa de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de México. México. pp 237.

APENDICE

Cuadro A.1 Analisis de varianza para la variable humedad.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	5	.726074	0.145215	91.5077	0.000
Error	6	.009521	0.001587		
Total	11	.735596			

CV= 0.29

Cuadro A.2 Analisis de varianza para la variable cenizas.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	5	4.134766	.0826953	269.1815	0.000
Error	6	.0018433	0.003072		
Total	11	4.153198			

CV=0.68

Cuadro A.3 Analisis de varianza para la variable grasas.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	5	0.649780	0.129956	73.4207	0.000
Error	6	0.010620	0.001770		
Total	11	0.660400			

CV=0.34

Cuadro A.4 Análisis de varianza para la variable nitrógeno total.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	5	1.714233	0.342847	748.9600	0.000
Error	6	0.002747	0.000458		
Total	11	1.716980			

CV=0.27 %

* Significativo

** Altamente significativo

Cuadro A.5 Analisis de varianza para la variable proteína.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	5	11.979492	2.395898	654.2400	0.000
Error	6	0.021973	0.003662		
Total	11	12.001465			

CV=0.30%

Cuadro A.6 Analisis de varianza para la variable fibra cruda.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	5	0.130615	0.026123	6.3251	0.023
Error	6	0.024780	0.004130		
Total	11	0.155393			

CV= 0.55%

Cuadro A.7 Analisis de varianza para la variable extracto libre de nitrógeno.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	5	7.273438	1.454687	203.1273	0.000
Error	6	0.042969	0.007161		
Total	11	7.316406			

CV =0.14%

Cuadro A.8 Analisis de varianza para la variable energía calorífica.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	5	124896.000	24979.19921	3122.3999	0.000
Error	6	48.0000	8.000000		
Total	11	124944.000			

CV=0.08%

Cuadro A.9 Analisis de varianza para la variable carotenos.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	5	291100.000	58220.0000	3016.2546	0.000
Error	6	115.812500	19.302084		
Total	11	291215.8125			

* Significativo

** Altamente significativo.