

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS
ANATÓMICAS, MORFOLÓGICAS Y ALGUNOS ASPECTOS
BIOQUÍMICOS Y NUTRICIONALES DE VARIEDADES DE
GRANOS DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench), UTILIZADO
PARA ALIMENTACIÓN DE GANADO BOVINO DE ENGORDA
EN EL NORESTE DEL PAÍS"

T E S I S

**QUE PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA**

P R E S E N T A

Teresa Elizabeth Torres Cepeda

MONTERREY, N. L.

NOVIEMBRE DE 1990

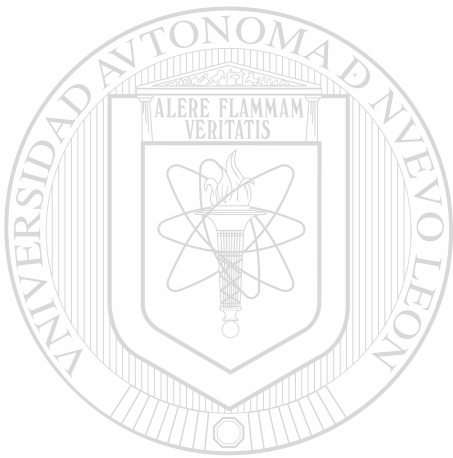
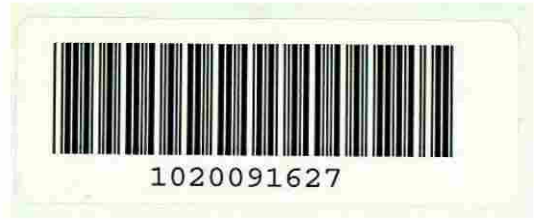
TM

Z5320

FCB

1990

T6



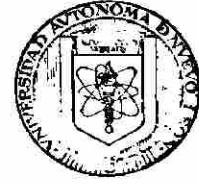
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

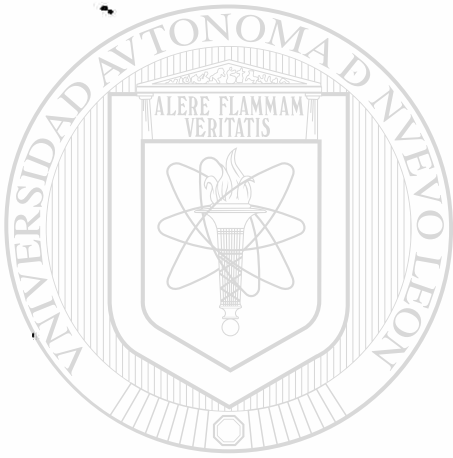


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

268



DIRECCION GENERAL DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS, MORFOLÓGICAS Y ALGUNOS ASPECTOS BIOQUÍMICOS Y NUTRICIONALES DE VARIEDADES DE GRANOS DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench) UTILIZADO PARA ALIMENTACIÓN DE GANADO BOVINO DE ENGORDA EN EL NORESTE DEL PAÍS

T E S I S

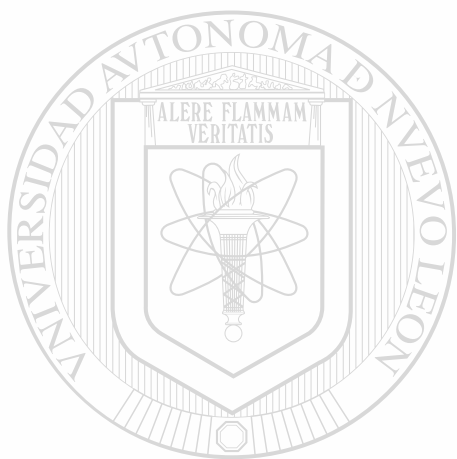
QUE PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

P R E S E N T A

FRANCISCO J. TORRES GARCÍA

NOVIEMBRE DE 1990

TM
25320
FC
1940
T6



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO TESIS

62922

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS,
MORFOLÓGICAS Y ALGUNOS ASPECTOS BIOQUÍMICOS Y
NUTRICIONALES DE VARIETADES DE GRANOS DE SORGO
(*Sorghum bicolor* L. Moench), UTILIZADO PARA
ALIMENTACIÓN DEL GANADO BOVINO DE ENGORDA
EN EL NORESTE DEL PAÍS"

T E S I S

QUE PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
PRESENTA

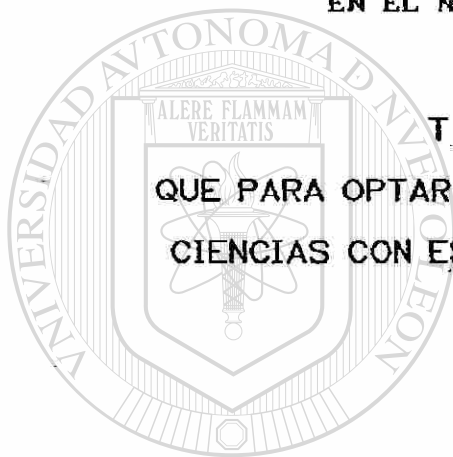
TERESA ELIZABETH TORRES CEPEDA

MONTERREY, N. L.

NOVIEMBRE DE 1990

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS,
MORFOLÓGICAS Y ALGUNOS ASPECTOS BIOQUÍMICOS Y
NUTRICIONALES DE VARIETADES DE GRANOS DE SORGO
(*Sorghum bicolor* L. Moench), UTILIZADO PARA
ALIMENTACIÓN DEL GANADO BOVINO DE ENGORDA
EN EL NORESTE DEL PAÍS"



T E S I S
QUE PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN BOTANICA

PRESENTA

TERESA ELIZABETH TORRES CEPEDA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

R. Maiti

DR. RATIKANTA MAITI
DIRECTOR

Guadalupe de J. Alanis Guzman
Q.B.P. M.C. MA. GUADALUPE DE J. ALANIS GUZMAN
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

**"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERISTICAS ANATOMICAS,
MORFOLOGICAS Y ALGUNOS ASPECTOS BIOQUIMICOS Y
NUTRICIONALES DE VARIEDADES DE GRANOS DE SORGO
(*Sorghum bicolor* L. Moench), UTILIZADO PARA
ALIMENTACION DEL GANADO BOVINO DE ENGORDA
EN EL NORESTE DEL PAIS"**



T E S I S

QUE PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN BOTANICA

PRESENTA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN

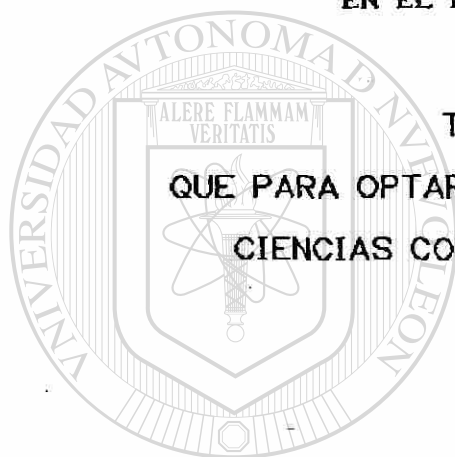
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
TERESA ELIZABETH TORRES CEPEDA

DIRECTOR EXTERNO

DR. ALEXANDER LUX

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERISTICAS ANATOMICAS,
MORFOLOGICAS Y ALGUNOS ASPECTOS BIOQUIMICOS Y
NUTRICIONALES DE VARIEDADES DE GRANOS DE SORGO
(*Sorghum bicolor* L. Hoench), UTILIZADO PARA
ALIMENTACION DEL GANADO BOVINO DE ENGORDA
EN EL NORESTE DEL PAIS"



T E S I S
QUE PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN BOTANICA

PRESENTA

UANL

TERESA ELIZABETH TORRES CEPEDA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

COMISION DE TESIS

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DR. RATIKANTA MAITI
PRESIDENTE

Q.B.P. M.C. CATALINA RIVAS MORALES
SECRETARIO

Q.B.P. M.C. MA. GUADALUPE DE J. ALANIS GUZMAN
VOCAL

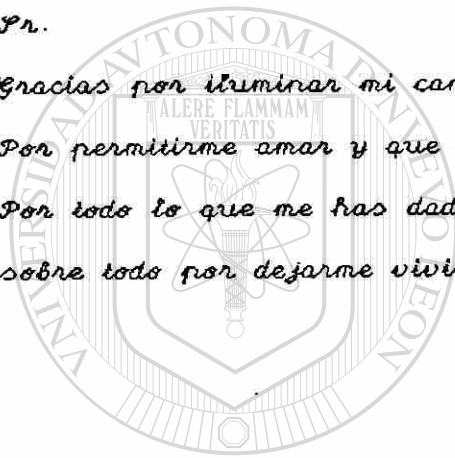
Pr.

Gracias por iluminar mi camino.

Por permitirme amar y que me amen.

Por todo lo que me has dado y

sobre todo por dejarme vivir y ser feliz junto a los míos.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

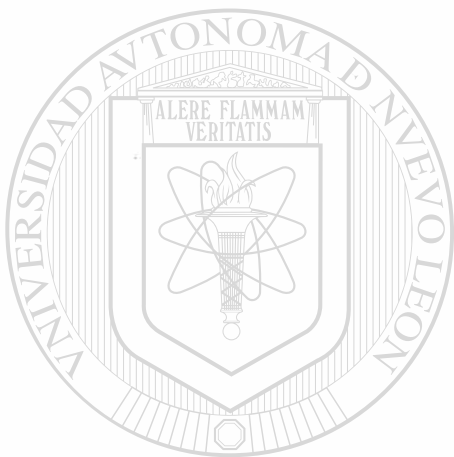


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DEDICATORIA

A Dios

*A quien le debo mi existencia y mi
gratitud infinita por haberme
permitido realizar una de mis
metas en la vida.*



A mis padres

Jose Encarnación Torres y

Adelina Zepeda de Torres

*Quienes me encargaron en el camino
del saber y que con su apoyo ejemplo
dedicación y cariño han sabido sostenerme
y guiarme en el camino de la vida.*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

A mi suegra

Carolina Contró Vda de Villarreal

*Quien me ha enseñado con sus palabras
y actos la fuerza de la fe.*

A mi esposo y mis hijos

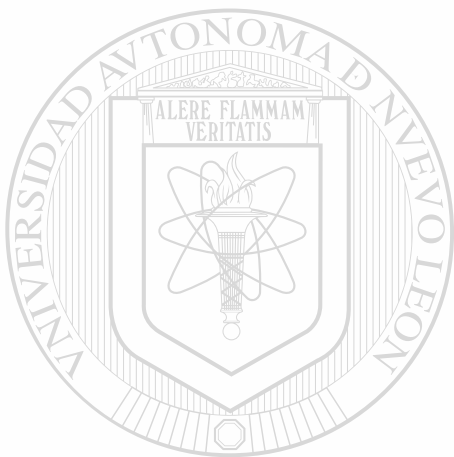
Martín

Martín

Teresa

Gerardo

Quienes son motivo principal de mi existencia y de inspiración para mi superación personal y profesional.



A mis hermanos

Olivia

María Elena

Martha

José

Rafael

De los cuales he recibido su apoyo

incondicional y cariño en todas

las etapas de mi vida.

A mis cuñados y concuños

Por su desinteresado apoyo y

aliento brindado.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi gratitud a las siguientes personas que de una manera u otra participaron en el desarrollo y a facilidades para el presente trabajo

Quiero manifestar mi agradecimiento al Dr. Reyes Famez Guerra Director de la Facultad de Ciencias Biológicas y al QBP M. E. Luis Galán Wong exdirector de la misma por su constante preocupación e interés en la superación académica de la planta de maestros, así como su apoyo y facilidades otorgadas para realizar el post-grado.

Deseo agradecer en forma muy especial al Sr. Pedro S. Chapa Dr. Washington W, Dr. Richard Diven y Dr. Javier Garza, quienes proporcionaron las variedades de sorgo que fueron motivo de estudio en esta investigación.

Al Dr. Ratikanta Maiti Asesor y Director del presente trabajo. Deseo expresarle mi gratitud por su valiosa colaboración en la dirección de la presente investigación. Por el impulso que ha dado a la maestría en Botánica y su ejemplo de constancia y perseverancia.

Un especial reconocimiento a la QBP M. E. Guadalupe Alanís, por su participación como codirector del presente trabajo, por su acertada asesoría en el desarrollo, interpretación de datos y arreglo del texto, así como por no haber escatimado ningún esfuerzo en la realización del mismo y sobre todo por su amistad.

Deseo expresar mi agradecimiento a la Q.F.B. M.E. Catalina Rivas, su participación como asesora, así como el apoyo brindado en el desarrollo de técnicas químicas su revisión y sugerencias sobre el escrito y por su amistad.

Fungió como Director externo el Dr. Alexander Lux a quien agradezco infinito su valiosa asesoría sus observaciones y sugerencias que tuvo a bien brindarme en la parte Anatómica, así como en la revisión del escrito.

La asesoría en métodos estadísticos estuvo a cargo del Dr. Rolando Peña, M.E. Roberto Mercado y M.E. Ricardo Berda a quienes agradezco infinito su ayuda.

Al Sr. Lic. Jorge Loreda Murphy, Ing. Benito Becerril e Ing. Zacarías Pinal, quienes amablemente nos permitieron el acceso al microscopio electrónico de barrido, donde se analizaron las muestras de sergo y se tomaron las fotografías que aparecen en el presente.

Al Q.B.P. José Ruiz Ordoñez mi más sincero agradecimiento por su amable disposición y su valiosa colaboración en las técnicas y toma de fotos de ultramicroscopía.

Al Sr. Marco Antonio Alvarado, por su invaluable ayuda en las técnicas de microscopía y su incondicional apoyo.

Quiero expresar mi gratitud al Q.B.P. Lucio Galaviz encargado del fotomicroscopio del Lab. de Parasitología, por su colaboración en la toma de fotografías.

Al Q.F.B. Enrique Ramírez B., por sus amables sugerencias sobre las técnicas de microscopía.

Al Ing. Carlos L. García Q.B.P. María Antonia González y Q.B.P. Daniel Ramírez, les expreso mi agradecimiento por sus amables indicaciones y sugerencias sobre las técnicas químico-nutricionales realizadas en este estudio.

A mis maestros un especial reconocimiento por su invaluable labor de enseñanza y por los conocimientos adquiridos.

A la Srta. Alejandra Rocha al Sr. Marco Antonio Guzmán a la Srta. Laura A. Flores y el Sr. Mario A. Valdez, agradezco su amable disposición y ayuda en la acomodación del texto.

En la mecanografía del escrito original contribuyeron la Srta. María Aurelia Resendiz, Srta. María Elena Cruz, Srta. Dona Alicia Martínez y la Srta. María Inés Barra a quienes agradezco profundamente su apoyo.

El escrito final estuvo a cargo del Q.B.P. Juan Antonio Rodríguez A. a quien le estoy profundamente agradecida por las sugerencias brindadas sobre el mismo.

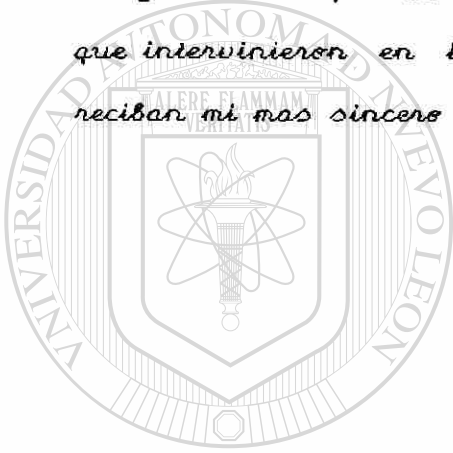
Al Sr. José A. Torres y Srta. Pandora Reyes, agradezco su apoyo en la realización de los esquemas que se incluyeron en el texto.

A mis amigos Dra. María E. Cárdenas, María del Consuelo González, María Luisa Rodríguez, Dra. Cristina Rodríguez, M. E. Inasema Angelia Jiménez, Diana Cantú, Juan Antonio Rodríguez A., Jorge Verdugo y Mario Vallarta les agradezco de manera muy especial sus sugerencias durante el desarrollo del trabajo, así como su apoyo moral brindado y más que nada su valiosa

amistad.

A la Pro. María Arreola Rosendiz y al Dr. Javier Garza Fernández. Quiero dedicar muy especialmente este trabajo por su honestidad y entrega en el trabajo y su valor y entereza demostrados en la difícil prueba a que estuvieron sujetos al final de su camino.

Y a todas aquellas personas omitidas involuntariamente y que intervinieron en la realización del presente trabajo, reciban mi más sincero reconocimiento.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

INDICE

CAPITULOS

I. RESUMEN.

1. INTRODUCCION.	1
2. REVISION DE LITERATURA.	4
2.1 Estructura y genética del grano de sorgo.	4
2.2 Madurez del grano de sorgo y composición nutricional	10
2.2.1 Componentes nutricionalmente importantes.	14
Carbohidratos (almidón)	15
Proteínas y aminoácidos.	16
Lípidos.	23
2.2.2 Otras características que influyen en la calidad nutricional de los granos.	26
Taninos.	27
Dureza del grano.	35
Densidad del grano	36 [®]
Absorción del agua.	36
Textura.	37
2.2.3 Procesamiento, estructura y calidad.	38
3. OBJETIVOS	45
4. MATERIAL Y METODOS	46
4.1 Variedades.	46
4.2 Estudio morfológico.	46

4.3	Microscopio óptico.	47
4.4	Microscopio electrónico de barrido.	53
4.5	Análisis químico-nutricional.	54
4.6	Análisis estadístico.	56
5.	RESULTADOS.	58
5.1	Estudio morfológico	58
5.2	Estudio anatómico.	62
5.2.1	Estructura del grano.	62
5.3	Estudio químico y nutricional.	112
5.4	Correlaciones.	138
5.4.1	Correlaciones anatómicas.	138
5.4.2	Correlaciones químico-nutricionales.	139
5.4.3	Correlaciones anatómicas y químico-nutricional.	140
6.	CONCLUSIONES Y DISCUSIONES	145
6.1	Características Morfológicas	145
6.2	Características Anatómicas	147
6.3	Características Químico-Nutricionales	155
6.4	Anatómicas y Químico-Nutricionales	162
7.	BIBLIOGRAFIA.	167
8.	APENDICE.	179

I. RESUMEN

El sorgo es uno de los productos más utilizados para la alimentación del ganado, demostrando ser un cultivo con alto rendimiento y utilizable en la producción de carne.

La estructura y composición química de los granos utilizados en la alimentación del ganado bovino, presenta variación por factores del medio ambiente y genéticos y esto influye en la elaboración y calidad de los alimentos.

El presente trabajo se enfocó a evaluar el potencial alimenticio y energético del grano en diez variedades de sorgo, mediante pruebas químico-nutricionales, así como también se evaluaron características estructurales de los granos, mediante los microscopios: estereoscópico, óptico y de barrido.

De los resultados obtenidos sobre los parámetros evaluados se encontró que los granos de las variedades de sorgo que presentaron coloración café en el pericarpio, como la Te-y-101-R, RB-3005, RB-3030 y BI-83, presentaron los valores más altos en taninos, siendo de 10.15 mg/g, 8.63 mg/g, 8.98 mg/g y 6.66 mg/g, respectivamente. La presencia de taninos, mostró estar correlacionada negativamente con la digestibilidad *in vitro* de la proteína con pepsina, presentando éstas variedades los más bajos porcentajes (49.0%, 55.3%, 52.6% y 47.8% respectivamente). En relación al pericarpio, los granos de las diez variedades mostraron pericarpios gruesos y presencia de endospermo córneo, por lo que se piensa que los

granos de las diez variedades, presentan cualidades propias para el descorticado. En cuanto a la textura del endospermo, las variedades Victoria, Te-y-75 y Gold-R, presentaron el tipo casi córneo almidonado y los gránulos de almidón más pequeños, por lo que se piensa que éstas variedades exhibieron los porcentajes más altos en digestibilidad del almidón, siendo de 66.65%, 65.11% y 61.62% respectivamente. Las variedades en general mostraron buena digestibilidad del almidón. Los resultados obtenidos de las correlaciones muestran diferentes niveles de correlación entre los diferentes parámetros anatómicos, entre los que sobresalen una alta correlación positiva entre ancho de las células del endospermo harinoso con el largo de las células del endospermo harinoso. En cuanto a las correlaciones negativas sobresale el tamaño del cuerpo de la proteína del endospermo córneo con el tamaño del gránulo de almidón del endospermo córneo.

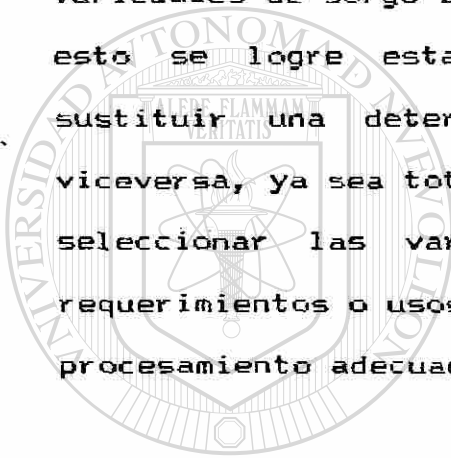
De las variables químico-nutricionales se puede observar una alta correlación positiva entre carbohidratos y calorías totales, así como entre grasa y fibra; además se observó una alta correlación negativa entre grasa y carbohidratos, fibra y carbohidratos, fibra y calorías totales y entre digestibilidad de la proteína *in vitro* con pépsina y táninos.

De las correlaciones entre los parámetros anatómicos y químico-nutricionales se detectó una alta correlación positiva entre la longitud de las células del endospermo harinoso con cantidad de almidón y entre tamaño del grano de almidón del

endospermo córneo con cantidad de almidón. Una alta correlación negativa se presentó entre ceniza y tamaño del almidón del endospermo córneo y harinoso.

Las variedades que presentaron mejores cualidades químico-nutricionales son: Victoria, 911-R, Te-y-75 y Te-y-77.

Se deja abierta la posibilidad de hacer más estudios con más repeticiones, tendientes a comprobar si en la mayoría de las variedades de sorgo se presentan estas mismas diferencias y con esto se logre establecer, equivalencias analíticas para sustituir una determinación anatómica por una química o viceversa, ya sea total o parcialmente y con esto se puedan seleccionar las variedades de acuerdo a los distintos requerimientos o usos, así como también escoger el tipo de procesamiento adecuado del grano de sorgo.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

INTRODUCCION

En los países altamente desarrollados, el progreso extraordinario en la industria animal y la producción de alimento en general, constituyen un factor principal de su riqueza. Obviamente la base del progreso radica en la aplicación de los adelantos técnicos y científicos, que surgen tanto en el campo de la zootecnia como en la agronomía. Para alcanzar tales metas, se ha recurrido a un mejoramiento de razas, a un conocimiento más a fondo de los requerimientos nutricionales y de mayor disponibilidad de productos industriales para la alimentación. (*Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 1968*).

La producción de sorgo ocupa el cuarto lugar en el mundo entre los cereales y es usado extensivamente como alimento tanto humano como animal. ®

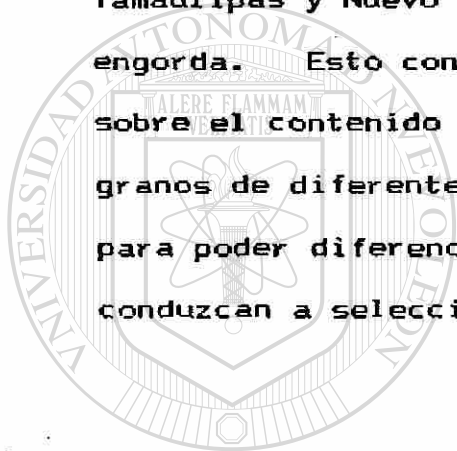
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La producción mundial total en 1978 fué estimada en 68.6 millones de toneladas (2.696 billones de bushels) en 47.5 millones de hectáreas (119 millones de acres). Cerca del 50% del total de la producción es usado en la alimentación humana en diversas comidas tradicionales principalmente en Africa y la India (*Rooney, 1979*).

La producción de sorgo en términos de porcentaje de la producción total mundial del cultivo en 1975 fué: Norte

de las diferentes especies animales en diversas etapas de desarrollo son escasos, así como también los estudios realizados sobre la estructura de granos.

Por lo anterior, el presente trabajo enfatiza algunos aspectos químicos, nutricionales y estructurales de diez variedades de grano de sorgo, utilizadas en las zonas de Tamaulipas y Nuevo León para alimentación del ganado bovino de engorda. Esto con la finalidad de obtener datos confiables sobre el contenido químico, nutricional y estructural de los granos de diferentes variedades y utilizarlas como parámetros para poder diferenciar primordialmente las características que conduzcan a seleccionar las de mayor valor nutricional.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. ESTRUCTURA Y GENETICA DEL GRANO DE SORGO

La estructura del grano con respecto a forma, tamaño, proporción y naturaleza del endospermo; germen (embrión) y pericarpio; presencia o ausencia de testa y color del pericarpio, presentan variación por factores del medio ambiente y genéticos (Rooney y Hurty, 1982). El conocimiento de esta estructura es importante para comprender las características de las cualidades del grano utilizadas en la elaboración de alimentos.

El grano o cariopside de sorgo es una esfera aplanada aproximadamente de 4.0 mm de longitud por 3.5 mm de ancho por 2.5 mm de grosor, con un peso de 25 a 35 mg (Rooney et al., 1980). El grano o cariopside está compuesto de tres partes principales: La externa o pericarpio, la parte media o tejido de almacenamiento (endospermo) y la parte más interna constituida por el germen o embrión. (FIGURA 1).

Cada una de esas partes pueden subdividirse. La capa más externa del pericarpio es la epidermis o epicarpio que consta de dos o tres capas de células. Las células son largas y de forma rectangular; contienen ceras y pigmentos. La capa media o mesocarpio se encuentra debajo del epicarpio,

varía en grosor, contiene pequeños gránulos de almidón incrustados en una densa matriz proteica (Rooney y Clark, 1968). Las células del mesocarpio en granos de sorgo tienen gránulos de almidón de 1 a 2 μm en tamaño. Sobre esto, poco se sabe acerca de sus propiedades comparándolos con los gránulos de almidón del endospermo (Zeleznač y Varriano-Marston, 1982). El mesocarpio varía en espesor, que va de grueso con apariencia del almidón de opaco blanquecino a un mesocarpio delgado traslúcido. Cuando el mesocarpio es grueso, contiene pigmentos y gránulos de almidón, presentando el grano una apariencia calcárea, en cambio, hay otros granos de sorgo como los aperlados que tienen muy delgado el mesocarpio sin gránulos de almidón (Rooney et al., 1980; Maiti, 1986). La porción interna del pericarpio (endocarpio), está compuesta de células de cruz y de tubo (FIGURA 3). El grosor del pericarpio es regulado por el gen Z. El pericarpio delgado (aperlado), resulta del gene dominante Z (Z^+) y el pericarpio grueso (calcáreo) de la condición recisiva homocigota (zz).

El grosor del pericarpio varía en el grano individual, así como entre las variedades. En la variedad Nio-Flonto se observó en las fotomicrografías tomadas en el microscopio electrónico de barrido alrededor del grano, que éste presentaba variación en el grosor del pericarpio. El grosor del pericarpio en las siguientes partes fué: abajo del estilo, 56 μm ; cerca de la punta del grano, 64 μm ; a los lados del

grano 48 μm ; y cerca del hilum, 80 μm . En las variedades fluctúa de 8 a 32 μm en los pericarpios delgados; 28- 48 μm en los pericarpios intermedios y de 48 a 160 μm en los pericarpios gruesos (Earp y Rooney, 1982; Scheuring et al., 1982). El grosor del pericarpio afecta el desgaste del grano (deterioro pre-cosecha). Sorgos con pericarpios gruesos generalmente se deterioran más rápidamente que los sorgos con pericarpio delgado (Earp y Rooney, 1982).

Algunas variedades de sorgo tienen una capa de células muy pigmentada debajo del pericarpio. Esta capa es conocida como testa, cubierta de la semilla, subcubierta, subcubierta interna o cubierta nucelar. El término de capa inferior o capa media, tal vez sea el más adecuado para evitar confusiones en el pericarpio (Rooney y Clark, 1968). Por otra parte, la testa frecuentemente está compuesta de dos capas superpuestas; sin embargo, en algunos granos la testa presenta un aspecto de subunidades de bloques y en otros tiene la apariencia de una simple capa (Blakely et al., 1979). La testa puede variar en grosor en el mismo grano, presentando la parte más gruesa debajo del estilo y la más delgada en los lados del grano (Blakely et al., 1979; Earp y Rooney, 1982). También pueden presentarse diferencias entre las variedades (Earp y Rooney, 1982). Por otra parte, Zeleznak y Varriano-Marston, (1982), dan valores para las diferentes partes del grano, señalando que la parte más gruesa, ubicada debajo del estilo era de 100-140 μm y la parte más delgada,

localizada a los lados del grano varía de 18-25 μm . *Earp* y *Rooney* (1982), mencionan valores diferentes para la testa a los lados del grano en diversas variedades, siendo de 16-40 μm en testas gruesas y de 8-16 μm en testas delgadas.

En cuanto a la presencia o ausencia de testa pigmentada en el grano maduro, *Blakely et al.*, (1979); *Rooney*, (1980) y *Earp* y *Rooney*, (1982), mencionan que está controlada por dos genes, *B1* y *B2*, los cuales pueden también afectar los niveles de polifenoles en el pericarpio. También *Han et al.*, (1983), hacen notar que la presencia de una testa (dominante *B1* y *B2*), incrementa los niveles de fenoles del pericarpio. Sin embargo, enfatizan que los compuestos fenólicos estuvieron presentes sólo en las capas periféricas de variedades sin testa pigmentada. Adicionalmente, mencionan que un gene dominante incrementa los niveles de fenoles y disminuye el grado de polimerización de los taninos en el pericarpio y testa.

El endospermo del grano de sorgo consiste de una capa de aleurona y las porciones de endospermo periférico, córneo y harinoso (FIGURA 3). La capa de aleurona se localiza inmediatamente entre el pericarpio (o la testa si está presente) y el endospermo periférico; es una capa de células pequeñas gruesas con forma de bloques y alto contenido en proteína, grasas, minerales, fitina y enzimas (*Maiti*, 1986). Los cuerpos de lípidos miden de 0.3-0.5 μm de diámetro y están localizados alrededor de los gránulos de aleurona que mide de

1 - 2 μm (Zeleznak y Varriano-Marston, 1982). Asociado con los cuerpos de proteína, se encuentra el ácido fítico que es la mayor fuente de fósforo en el sorgo, así como en otros cereales y semillas. El ácido fítico forma complejos con los cationes trivalentes y divalentes como el fierro, calcio, zinc y magnesio; lo que origina su indisponibilidad para el cuerpo. El ácido fítico también se une fuertemente con las proteínas a pH bajos; por tal motivo, la presencia de ácido fítico es considerada perjudicial en las características nutricionales del grano. Los niveles de fitato pueden variar entre los cultivares, en algunos el rango se ha observado de 1.72 - 4.05 mg/g (peso seco). En general, se ha comprobado que los niveles de fitato en el grano de sorgo son más altos que en el trigo (3.35 mg/g de peso seco), cebada (3.04 mg/g de peso seco) y maíz (2.80 mg/g de peso seco); sin embargo, es más bajo que en el frijol y soya. Los reservorios de fitato y total de fósforo en sorgo, se encuentran principalmente en la aleurona y cáscara del grano (Doherty et al., 1982). El endospermo periférico o subaleurona (FIGURA 3) se encuentra localizado debajo de la capa de aleurona y consta de algunas capas de células gruesas, distinguiéndose del resto del endospermo, porque las células son pequeñas en forma de bloque y contienen gránulos pequeños de almidón, los cuales están embebidos en una densa matriz protéica (Rooney et al., 1980). Las células de la subaleurona tienen cuerpos de proteína que miden de 0.4 μm a 3.0 μm ; éstos están fuertemente empaquetados

en la matriz citoplasmática y muestran anillos concéntricos o modelos radiales (Zeleznek y Varriano-Marston, 1982). El grosor del endospermo periférico está influenciado por el medio ambiente y la variedad de la semilla (Rooney y Clark, 1968). El endospermo córneo (FIGURA 2), tiene una interfase continua entre el almidón y la proteína. Los gránulos de almidón tienen una forma poliédrica angulosa encontrándose depresiones en los sitios donde están localizados los cuerpos de proteína.

El endospermo harinoso (FIGURA 1 y FIGURA 3), se encuentra localizado en el centro del grano y está rodeado por el endospermo córneo (Rooney y Clark, 1968). Este tiene células flojamente empaquetadas, los gránulos de almidón son esféricos y no están sostenidos por toda la matriz protéica.

Entre los gránulos de almidón hay espacios y poca matriz continua (Rooney et al., 1980).

El embrión (FIGURA 1 y FIGURA 3) se encuentra en la base del grano, en el lado dorsal y es una estructura fuerte y altamente diferenciada. Contiene aproximadamente el 75% del extracto etéreo (Rooney y Clark, 1968). En el embrión se localiza además la radícula que es la primera estructura que emerge del cariopside. La vaina, forma parte del escutelo o del eje. El ápice caulinar está incluido en una hoja envainadora denominada coleoptilo (Fahn, 1978).

En las gramíneas el cotiledón tiene forma de escudo por

lo que a esta porción se le conoce como escutelo (FIGURA 1 y FIGURA 3). El escutelo se encuentra en contacto con el endospermo del que absorbe sustancias nutritivas. Esta parte se cubre de un epitelio bien definido que posee función secretora (Fahn, 1978). El escutelo es un sitio importante en la producción de la amilasa utilizada para la degradación de los gránulos de almidón durante la germinación. La síntesis de la amilasa está regulada en la cebada por el ácido giberélico y es inhibida por el ácido abscísico (Beck y Ziegler, 1989).

El hilum es una parte del grano que ayuda a la translocación de nutrientes desde las partes vegetativas de la planta hasta el óvulo, durante el desarrollo del cariósido (Maiti, 1986).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

2.2. MADUREZ DEL GRANO DE SORGO Y COMPOSICION NUTRICIONAL

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En lo que respecta al desarrollo del grano de sorgo, House, (1980), menciona que la semilla pasa por tres estadios: lechoso, masoso-suave y masoso-duro, tomando alrededor de 30 días para que los granos alcancen su peso seco máximo (madurez fisiológica). Por su parte, Glennie y Liebenberg, (1984), realizaron un estudio sobre los diversos estadios de maduración y desarrollo en diferentes cultivares de sorgo, sus observaciones al microscopio electrónico de barrido y de

transmisión, les mostraron que en el período inmediato posterior a la fertilización se manifiesta un rápido desarrollo en el cariopside del sorgo. El endospermo se expande presionando al nucelo y en los sorgos no resistentes a pájaros (sorgos bajos en taninos), el integumento más interno es también presionado durante su expansión. Las células de la pared de ovario se expanden y alargan para formar el pericarpio. En el estado masoso suave, el endospermo tiene la mayor parte del material almacenado y más tarde hay una considerable pérdida de humedad. Durante el estado temprano de desarrollo, las paredes de las células del endospermo presentan gran cantidad de punteaduras, las cuales pueden permitir la translocación. Después del período de translocación, las paredes de las células permanecen intactas. Asimismo, Taylor et al., (1985), realizaron un estudio durante el desarrollo del grano de sorgo, consistente en un análisis químico y observaciones al microscopio electrónico de transmisión, encontrando que los cuerpos de proteína eran visibles inicialmente en el estado lechoso, y en el estado masoso-duro llenaron completamente las células de la subaleurona. En estos estadios de desarrollo la cantidad de prolamina en la semilla fué incrementándose; ellos consideraron que los cuerpos de proteína en el sorgo son moléculas de prolamina sintetizadas en los ribosomas que son transferidas subsecuentemente hacia el lúmen del retículo endoplásmico.

Por otra parte, *Sanders, (1955)*, en su estudio sobre el desarrollo morfológico del grano de sorgo observó los eventos ocurridos durante el crecimiento del endospermo, testa y pericarpio en seis variedades de sorgo para grano desde el momento de la polinización hasta su madurez; encontrando que a pocos días después de la polinización aparecen en el endospermo una epidermis y una capa subepidermal distinta a la de otras células. Observó también el depósito de almidón alrededor del endospermo y la producción de aceite en la epidermis después de su crecimiento inicial. Adicionalmente, señala que durante la polinización se forma una capa de cutina entre los integumentos; así como en el integumento interno localizado entre el endospermo y el pericarpio. Indica que el depósito de almidón en el mesocarpio continúa a medida que madura el grano, evitando el colapso de esa región como sucede en otros cereales como el maíz. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Ejeta y Axtell, (1987), en un estudio realizado con ocho variedades de sorgo evaluadas a los 21, 31 y 61 días después de la floración, encontraron que los mutantes de Etiopía altos en lisina (IS 11758, IS 11167, YM-3) mostraron bajo peso en su grano, bajo peso del endospermo, alto porcentaje del germen y alto porcentaje de humedad en comparación a las variedades de sorgo normal en todos los estadios de desarrollo del grano. Sin embargo, la síntesis de almidón se presentó hasta los 21 y

31 días posteriores a la floración en los sorgos ricos en lisina. Se detectó además que en el estadio masoso-duro ocurrió una acumulación de azúcar, cuyos niveles más altos se presentaron a los 31 días después de la floración.

Con respecto a la presencia de taninos en los diferentes estadios del grano, *Yadav y Rana, (1983)*, informaron que el contenido de taninos por cada 100 miligramos de grano resistente (altos en taninos), moderadamente resistente (contenido regular de taninos) y variedades susceptibles (bajos en taninos) era de 1.08 mg, 0.77 mg y 0.35 mg respectivamente, en el estado lechoso; y 0.658 mg, 0.436 mg y 0.260 mg respectivamente, en el estado masoso. También *Mc Grath et al., (1982)*, desarrollaron un trabajo sobre los polifenoles presentes en el estado lechoso del grano de sorgo, informando que durante esta etapa, las raíces y brotes desarrollan un largo complejo de polifenoles. En un trabajo emprendido por *El-Tuhani, (1982)*, sobre el desarrollo de taninos en las diferentes partes de la planta de 20 variedades de sorgo (10 de Egipto y 10 de Estados Unidos), observó que este tipo de compuestos se sintetizaban en tallos, hojas, raíces y glumas tanto en el estadio lechoso como en el masoso-duro. El análisis cuantitativo realizado reveló que el contenido de taninos se incrementa progresivamente en tallos, hojas, raíces y glumas conforme la planta alcanza su madurez. Las variedades de Egipto durante todos sus estadios y durante los dos años de la investigación, presentaron un

contenido menor de taninos en tallos, hojas, raíces y glumas que las variedades americanas. Su acumulación máxima en tallos, hojas y raíces se detectó desde el estadio masoso hasta el masoso-duro. Adicionalmente, se encontró un coeficiente de correlación positivo, que fué significativo, entre órgano de la planta y el porcentaje de taninos. Fue significativa la correlación positiva existente entre el porcentaje de taninos en los estadios lechoso, masoso y masoso-duro y su heredabilidad.

Por su parte, *Hoshino y Duncan, (1982)*, al analizar el contenido de taninos en el sorgo durante la madurez, bajo diferentes condiciones ambientales, determinaron que era más elevado en las plantaciones tardías (a los diez días del grano) que los recién plantados.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

2. 2.1 COMPONENTES NUTRICIONALES IMPORTANTES



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En general, los granos de los cereales contienen de 60 al 70% de almidón, 8 - 12% de proteína, 1 - 3% de minerales, 2 - 5% de lípidos, 12 - 15% de agua y del 3 - 11% de fibra. Los granos de los cereales se consideran como la fuente principal de energía para la mayor parte de animales domésticos y el hombre. No obstante, los granos no proporcionan una dieta completa, particularmente en el caso de animales monogástricos debido a su deficiencia en aminoácidos esenciales como la

lisina, metionina y triptófano (Duffus y Slaughter, 1985).

C A R B O H I D R A T O S

Los carbohidratos incluyen al almidón, celulosa, azúcares simples (sacarosa, glucosa, fructosa, maltosa y rafinosa) y pentosas. Estos constituyen aproximadamente el 80% del peso del grano (Rooney et al., 1980). Otros polisacáridos presentes en los granos de los cereales son la hemicelulosa y levanas.

En un informe del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, (1968), se reporta que en 25 muestras de grano entero de sorgo, el extracto libre de nitrógeno (carbohidratos) representó el 68%. Por su parte Neucere y Sumrell, (1980), refieren que al evaluar el contenido del extracto libre de nitrógeno en cinco variedades de sorgo, con

diferencias estructurales en sus endospermos y pericarpios, detectaron un 67.61% en los granos enteros de la variedad NSA 740 y un 73.37% en la variedad GA 615. El almidón es el carbohidrato más intensamente estudiado, debido a su importancia energética en las dietas alimenticias, tanto para el hombre como para el ganado. La fuente de carbohidratos y lípidos en las semillas, proviene generalmente de la sacarosa, la cual, durante las etapas tempranas de desarrollo del endospermo es descompuesta por la enzima invertasa, resultando en la formación de UDP-glucosa así como pequeñas cantidades de otros materiales como la ADP-glucosa, glucosa libre y

fructosa. Durante la síntesis del almidón el donador de glucosa preferentemente utilizado es la ADP-glucosa. El depósito tanto de almidón como de proteína dentro de los amiloplastos ocurre desde el momento en que se inicia el desarrollo del grano (Duffus y Slaughter, 1985).

El análisis cuantitativo de azúcares libres efectuado por Neucere y Sumrell, (1980), en cinco variedades de granos de sorgo reveló que el contenido de fructosa era del 0.05 - 0.38%, glucosa 0.04 - 0.34%, sacarosa 0.80 - 2.2%, maltosa 0.0 - 0.05%, rafinosa 0.10 - 0.13%. Los autores hicieron notar que en todas las variedades, la glucosa y la fructosa, fueron los azúcares presentes en mayor proporción.

PROTEINAS Y AMINOACIDOS

Los granos de los cereales contienen generalmente cerca de un 10% de proteína en base a materia seca, aunque las variedades individuales pueden tener mucho más (Duffus y Slaughter, 1985). El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, (1968), cita un promedio de 9.48% en un rango de 7.6% - 12.5% de contenido de proteína en granos de sorgo de diversas variedades estudiadas. Por otro lado, Neucere y Sumrell, (1980), revelan valores de 9.75% y 14.32% en las variedades GA 615 y NSA 740, respectivamente. En adición, WU, Y. V. y Stringfellow, (1981), informaron haber encontrado un

contenido de proteína del 9.9% en el endospermo harinoso y un 18.6% en el endospermo córneo.

En los cereales, las proteínas se encuentran como reservas y su acumulación más extensiva suele aparecer en unas estructuras denominadas cuerpos de proteína (Murray, 1984). La proteína de reserva es una sustancia ergástica que adquiere la estructura cristalina o amorfa; depositándose en el interior del retículo endoplásmico rugoso (Murray, 1984). Tanto la proteína cristalina como la amorfa aparecen juntas en los granos de aleurona, endospermo y embrión de muchas semillas (Fahn, 1978). Los cuerpos de proteína en la aleurona miden de 1 - 2 μm de diámetro y en las células de la subaleurona miden de 0.4 - 3.0 μm (Zeleznač y Varriano-Marston, 1982). Taylor et al., (1984), mencionan que los cuerpos de proteína aislados del endospermo, son ligeramente circulares y miden entre 0.4 y 2.0 μm de diámetro.

Las proteínas del sorgo son la albúmina y la globulina, las cuales se localizan principalmente en el germen, capa de aleurona y pericarpio y se caracterizan por su elevado contenido de lisina. Otra proteína es la kafirina (fracción de prolamina) que se caracteriza por ser rica en ácido glutámico y aminoácidos no polares, pero deficiente en lisina y metionina. La fracción de kafirina está correlacionada positivamente con el contenido de proteína en el sorgo. Se localiza en cuerpos de proteína esféricos, los cuales están

asociados con los gránulos de almidón en una matriz proteica. Las gluteínas representan la mayor parte de los constituyentes de la matriz proteica del endospermo del sorgo (Rooney et al., 1980). Por su parte Neucere y Sumrell, (1971), hacen referencia a cuatro fracciones de proteínas, las albúminas, globulinas, prolaminas y gluteínas; señalando además que los perfiles de aminoácidos y la distribución de proteínas en las porciones aisladas, muestran algunas diferencias entre las variedades estudiadas. Los autores mencionados enfatizan que la metionina, cisteína, isoleucina y leucina fueron los aminoácidos limitantes en las fracciones de albúminas y globulinas, en tanto que lisina constituyó el aminoácido limitante en las fracciones de prolaminas y gluteínas de las variedades estudiadas. Los investigadores hacen resaltar el hecho de que la prolamina fué la fracción más abundante, seguida de la albúmina.

Hemos de considerar que Taylor et al., (1984), informan que los cuerpos de proteína (albúmina y globulina) son ricos en ácido glutámico, prolina, cistina, leucina y tirosina, pero pobres en lisina, arginina, ácido aspártico y valina; mencionando además, que la prolamina es rica en ácido glutámico y prolina, pero carente de lisina; en tanto que en las gluteínas el contenido de ácido glutámico, alanina y leucina es elevado.

Los resultados de Murray, (1984), indica que por lo general, las prolaminas contribuyen con no más de un 50 - 60%

del total de la proteína en el grano de los cereales, estos datos son apoyados en un estudio *Anonymus*, (1985), realizado sobre la kafirina (fracción de prolamina donde se informa que la prolamina representa la principal proteína del endospermo en el sorgo, constituyendo de un 30 a un 50% de la proteína total del grano; en este mismo trabajo se menciona que la kafirina aparece en dos formas, la kafirina soluble en alcohol acuoso (K-I) y la kafirina entrecruzada (K-II) que puede ser extraída en alcohol acuoso, pero usando un agente reductor.

Al parecer la K-I se almacena en vesículas membranosas llamadas cuerpos de proteínas, pero se desconoce el origen de la K-II. En esta publicación se informa también que la matriz proteica incluye kafirina ligada como uno de sus constituyentes.

En otros estudios realizados sobre aminoácidos, *Schelling et al.*, (1981), determinaron el orden completo de aminoácidos

en el grano de sorgo, obteniéndose el siguiente orden: lisina, 0; histidina, 55; fenilalanina, 56; metionina, 59; treonina, 61; triptófano, 67; leucina, 72; arginina, 72; valina, 77 e isoleucina, 100. Una investigación realizada en el *Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá*, (1968), con 25 muestras de granos enteros de sorgo se dedicó a establecer el perfil de aminoácidos y contenido particular en términos de mg/g de N, encontrando los siguientes datos: triptófano, con una cantidad máxima de 58, mínima de 32 y un promedio de 44; lisina, máxima de 229, mínima de 145 y un promedio de 184;

metionina, máxima de 127, mínima de 80 y un promedio de 101; fenilalanina, máxima de 345, mínima de 201 y un promedio de 270; tirosina, máxima 210, mínima de 137 y un promedio de 171; leucina, máxima de 971, mínima 793 y un promedio de 894; treonina, máxima de 282, mínima 200 y un promedio de 240; arginina, máxima 373, mínima 208 y un promedio de 295; valina, máxima 436, mínima 318 y un promedio de 375; isoleucina, máxima 345, mínima 260 y un promedio de 295; histidina, máxima de 245, mínima 148 y un promedio de 205. Se resalta la presencia de cistina y glicina, pero no se aportan datos.

En cuanto a su valor nutricional, el sorgo, al igual que otros cereales es deficiente en lisina, treonina y triptófano, aunque respecto a éste último se reconoce que la proteína del sorgo contiene una proporción un poco mayor a la presente en la proteína del maíz. El contenido porcentual de lisina en

la proteína disminuye conforme aumenta el contenido de proteína, lo que refleja una correlación negativa entre ambas variables (Rooney et al., 1980). Respecto a este aminoácido Sullins et al., (1975), citan que los endospermos de sorgo ricos en lisina, poseen pocos cuerpos de proteína de tamaño pequeño en comparación a los que aparecen en el endospermo de sorgos normales. Ogunlela y Ologunde, (1982), han observado que como resultado de la fertilización con nitrógeno, el incremento en el contenido de proteína en granos de sorgo parece estar asociado con una disminución en el contenido de

lisina y un incremento en las fracciones de prolamina. Se han encontrado ciertos tipos de sorgos con un alto porcentaje de lisina, cultivados en el Distrito de Wollo en Etiopía e identificándose también varias fuentes de sorgo con esa característica, por lo que en la actualidad hay programas de mejoramiento dedicados a estudiar la posibilidad de incorporar este aminoácido en las mejores líneas y variedades para que puedan ser utilizadas por el agricultor (House, 1980).

Sikka y Johari, (1979), llevaron a cabo una comparación entre el valor nutritivo de diferentes variedades de sorgo y su relación tanto con el contenido de aminoácidos, así como el efecto de fortificación de la lisina; encontrando que el valor nutritivo y la retención neta de la proteína fueron los más altos en un nivel de proteína del 8.5% para la variedad CSH-1, informan también que la fortificación del sorgo con lisina en niveles del 9%, incrementaba significativamente los valores de la eficiencia en la proporción y retención neta de la proteína. ®

También Sarani et al., (1983), llevaron a cabo un trabajo con la finalidad de evaluar el efecto de la reconstitución con lisina, sobre el valor total alimenticio de dos variedades de granos de sorgo con contenidos bajos y altos de taninos, encontrando que la reconstitución con este aminoácido rendía efectos benéficos sobre los granos de sorgo ricos en taninos.

El exceso o deficiencia de ciertos aminoácidos en las proteínas ocasionan efectos perjudiciales en la nutrición.

Por ejemplo, una elevada cantidad de leucina en algunos cereales, incluyendo al sorgo, se ha sugerido como una posible causa de la pelagra (Neucere y Sumrell, 1979). En una investigación emprendida por Deosthale et al., (1970), sobre la variación de proteína, lisina y leucina contenidas en el el grano de sorgo, determinaron que niveles subóptimos de lisina limitan las cualidades de la proteína del sorgo, en tanto que niveles altos de leucina causan pelagra. Dichos investigadores observaron una correlación negativa entre la proteína y la lisina, en cambio fué claro que existía una correlación positiva entre la proteína y el contenido de leucina. Estos resultados sirvieron para identificar las variedades con mayores cualidades nutricionales y menos caracteres pelargénicos.

VALOR NUTRICIONAL DE LA PROTEÍNA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

La digestibilidad de la proteína es el grado en que una proteína es hidrolizada y absorbida en el tracto digestivo del organismo que la ingiere. Los factores que afectan la utilización de la proteína por parte del organismo son: la digestibilidad de la proteína, la utilización metabólica de los productos de la digestión (fracción absorbida) y la proporción de la fracción absorbida que puede ser asimilada, es decir, la fracción retenida (Rodríguez, 1982). La digestibilidad de la proteína se define como la cantidad de

nitrógeno ingerido que es absorbido (National Research Council, Washington, D.C.). La digestibilidad puede expresarse en porcentaje empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Digestibilidad verdadera} = \frac{\text{Nitrogeno ingerido} - \left(\begin{array}{c} \text{Nitrogeno} \\ \text{fecal} \end{array} - \begin{array}{c} \text{Nitrogeno} \\ \text{endogeno} \end{array} \right)}{\text{Nitrogeno ingerido}} \times 100$$

Akingbala et al., (1981), consideran que los sorgos ricos en taninos son bajos en digestibilidad de su proteína. Otro factor que afecta la digestibilidad de la proteína es el efecto de cocción de los granos de sorgo, el cual es señalado por Hamaker et al., (1986), quienes informan que después de cocinado, la digestibilidad de la proteína del sorgo se disminuía significativamente, mencionan además que la proteína de los granos de maíz y sorgo se comportan de manera diferente al ser tratados con este método, ya que la digestibilidad de la proteína del sorgo disminuye considerablemente en contraste con la del maíz, donde la digestibilidad con pepsina no fué afectada por la cocción. Sin embargo, las prolaminas del sorgo fueron menos solubles y menos digeribles que las prolaminas del maíz.

L I P I D O S

Los aceites de las semillas son de enorme importancia

económica en la industria alimenticia y proporcionan aproximadamente el 60% del consumo mundial de aceites y grasas (Duffus y Slaughter, 1985). Los ácidos grasos son otra forma de reserva de energía que tienen muchas especies. También éstos son almacenados frecuentemente por muchas especies para proporcionar la energía necesaria en su germinación. Los ácidos grasos que se acumulan durante el desarrollo de la semilla están casi siempre como triacilgliceroles (Slack y Browse, 1984). La síntesis del triglicérido resulta de la combinación de los derivados del Acil-Coenzima A con el L- α -glicerol fosfato proveniente de las vías de respiración de la semilla (Duffus y Slaughter, 1985). El triacilglicerol se acumula en el citoplasma celular como gotas de lípidos, son de forma esférica durante los primeros estadios de desarrollo de la semilla, pero después aparecen fuertemente empaquetados y comprimidos en las células ricas en aceites de las semillas maduras. Se les ha llamado cuerpos de aceites y organelos que contienen lípidos, pero también han sido llamados esferosomas, oleosomas, gotas de reserva de lípidos. Los cuerpos de aceite están rodeados por una membrana formada de fosfolípidos y proteínas (Slack y Browse, 1984). Los cuerpos de lípidos en las células de aleurona en los granos de sorgo, miden de 0.3 a 0.5 μm de diámetro (Zeleznaik y Varriano-Marston, 1982).

Los ácidos grasos más comunes en las semillas son el palmitato, estearato, oleato, linoleato y linolenato (Slack y

Browse, 1984). En el sorgo los aceites están concentrados en el germen, pericarpio y capa de aleuronas con un contenido aproximadamente de 3 - 5% (*Rooney et al., 1980*). Sin embargo, *Neucere y Sumrell, (1980)*, reportan valores de 2.66% a 3.49% en cinco variedades de grano de sorgo. Asimismo *Osagie, (1987)*, encontró en dos variedades de grano de sorgo, valores de 3.68% y 5.28%. Por otra parte, el *Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, (1968)*, publicó que en granos de sorgo hay un máximo de 4.5%, un mínimo de 3.0% y un promedio de 3.4%.

El germen tiene más del 79% del total de aceites. La composición de ácidos grasos en el sorgo consiste primordialmente de los ácidos linoléico, oleico, palmítico, esteárico y linolénico. La fracción libre de lípidos consiste de hidrocarburos tri-, di- y mono-glicéridos, ácidos grasos libres y algunos lípidos polares (*Rooney et al., 1980*). Mientras tanto, *Neucere y Sumrell, (1980)*, al analizar cualitativa y cuantitativamente los ácidos grasos de cinco variedades de granos de sorgo, encontraron que del total de ácidos grasos, los saturados representaron desde un 15.5% hasta un 23.6%, detectando entre ellos: el ácido mirístico (14:0), palmítico (16:0), esteárico (18:0), araquídico (20:0), behénico (22:0) y lignocérico (24:0) enfatizando que el presente en mayor cantidad era el ácido palmítico en un rango de 11.6 a 13.4%. Del total de ácidos grasos, los insaturados constituyeron desde el 74.6% hasta el 84.5%,

detectando entre ellos al ácido palmitoléico (C16) Δ^9 , oléico (C18) Δ^9 , linoléico (C18) $\Delta^{9,12}$, linolénico (C18) $\Delta^{9,12,15}$ 5-eicosenoico (C20) Δ^5 y el ácido erúcico (C22) Δ^8 encontrándose en mayor porcentaje el ácido oléico (30.5 - 41.3%) y el ácido linoléico (33.2 - 49.7%). Ciertos ácidos estuvieron ausentes en algunas variedades pero, presentes en otras entre ellos mencionan al araquídico, behénico, lignocérico, 5-eicosenóico y erúcico. En un estudio realizado por Osagie, (1987), sobre la composición de lípidos en dos variedades de granos de sorgo, se encontraron ocho glicolípidos y seis fosfolípidos, siendo los lisofosfolípidos los que constituyeron más del 50% de los fosfolípidos.

2.2.2 OTRAS CARACTERÍSTICAS QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD

NUTRICIONAL DE LOS GRANOS

Otras propiedades que influyen en la calidad nutricional de los granos son: la presencia o ausencia de taninos, dureza, densidad, absorción de agua; así como también la textura (relación del endospermo córneo y harinoso).

T A N I N O S

Todos los granos contienen fenoles los cuales afectan no sólo la apariencia de los granos sino también, algunas veces, sus cualidades nutricionales. Los sorgos contienen pigmentos polifenólicos, su clase y cantidad está determinada por factores genéticos y por las condiciones ambientales durante el desarrollo del grano (Rooney et al., 1980; Baroccio et al., 1985). En una investigación realizada por Subramanian et al., (1983), sobre los caracteres bioquímicos y agronómicos de sorgos cafés y su posible papel en la resistencia a pájaros, descubrieron una variación significativa en los caracteres agronómicos, pero fué más evidente la variación en el contenido de taninos que en los demás constituyentes. Los

distintos tipos de polifenoles incluyen: flavonoides, anthocyanidina, leucoanthocyanidina y taninos condensados (Rooney et al., 1980). Los compuestos fenólicos pueden ser divididos en tres grupos básicos: ácidos fenólicos, flavonoides y taninos.

Todos los sorgos contienen ácidos fenólicos y la mayoría contienen flavonoides, solamente los sorgos de color café resisten tes a pájaros (ricos en taninos) contienen taninos condensados (Hahn et al., 1984). Los ácidos fenólicos están presentes a través de todo el grano, pero se concentran preferentemente en la capa más externa (pericarpio, testa y

aleurona). Los flavonoides están localizados en las otras capas del grano, principalmente como los pigmentos anthocyanidina o anthocianina que suelen aparecer en los pericarpios de sorgos blancos y rojos. Los taninos son flavonoides poliméricos (Anthocyanidina), que poseen de cuatro a seis unidades monoméricas y que ocurren en sorgos con una testa pigmentada; estos materiales se detectan principalmente en las capas de la testa, pero también se encuentran en el pericarpio (Hahn et al., 1984). El principal tanino del sorgo es una anthocyanidina que se presenta sólo en sorgos con testa pigmentada (Bate-Smith y Rasper, 1969).

Referente a los métodos de análisis de taninos, Maxon et al., (1972), llevaron a cabo un estudio sobre los factores que afectan el contenido de taninos en los granos de sorgo, usando para ello dos métodos de análisis, el del sulfato férrico amónico y el del ácido clorhídrico-vanillina modificado; ambos fueron empleados para determinar el contenido de taninos en muestras de sorgo encontrando una correlación aceptable entre ambos métodos. Los ejemplares GA 615 (un híbrido de semillas cafés) fueron sembrados en seis localidades diferentes durante tres años, ambos métodos de análisis revelaron que el medio ambiente tiene un efecto significativo sobre el contenido de taninos. Los genes B₁ y B₂ S, que controlan el color del pericarpio y la presencia o ausencia de una testa pigmentada, afectaron significativamente el contenido de taninos asociados con la testa pigmentada. El contenido de

taninos fué mayor en granos con un pericarpio rojo que en granos con un pericarpio blanco; la pigmentación del pericarpio de los granos rojos está controlada por otros genes diferentes al B₁ y B₂ S.

Burns, (1971), al estimar cuantitativamente los taninos presentes en granos de sorgo empleó el método de la vanillina que se usa ampliamente para cultivos forrajeros, sin embargo, introdujo una modificación al método que le permitió cuantificar el contenido relativo de taninos en el grano de sorgo. Esta modificación implicó la extracción con metanol durante toda la noche usando el grano en polvo; posteriormente una alícuota del extracto se adicionaba a una solución de vanillina y ácido clorhídrico y la intensidad del color desarrollado se evaluó al colorímetro a una longitud de onda de 500-525 nm. El reactivo es específico para compuestos astringentes en plantas. Los resultados obtenidos mostraron

una estrecha correlación con la digestibilidad. Maxon y Rooney, (1972), efectuaron una determinación de taninos en granos de sorgo, empleando para ello dos métodos de análisis, el primero consistía en la extracción con urea y la subsecuente reacción con sulfato férrico amónico; el otro era una modificación a la técnica del ácido clorhídrico-vanillina; ambos métodos resultaron ser promisorios para la cuantificación de compuestos fenólicos (taninos en granos de sorgo). Con el método del sulfato férrico amónico se detectaron valores en un rango de 0.20 a 0.76 mg/100 mg , y

Los equivalentes de catequina de 0.21 a 3.11 mg/100 mg. Reichert et al., (1980), mencionan que el método de la vanillina - HCl es adecuado para la evaluación de la calidad nutricional en granos de sorgo con alto contenido de taninos.

Con respecto a la toxicidad de los taninos, Harris et al., (1970), han encontrado que niveles altos de taninos en el sorgo reducen la eficiencia del alimento, habiendo obtenido un valor de correlación negativo entre el contenido de taninos y la digestibilidad de la materia seca. Por su parte Rooney et al., (1980), y Earp y Rooney, (1982), hacen hincapié en que la presencia de una testa pigmentada afecta adversamente el valor nutricional del sorgo en comidas y otros productos alimenticios. Maxon et al., (1973), han informado que los polifenoles asociados con pericarpios café y una testa pigmentada resultante de un gene dominante B₁ B₂ S, ocasionan inhibición de la α -amilasa lo que reduce la digestibilidad de la materia seca.

Los granos de color distinto al café que tienen una testa pigmentada no causan la inhibición de la α -amilasa, pero si reducen la digestibilidad de la materia seca. Koch et al., (1985), han indicado también que la presencia de polifenoles en la testa y pericarpios de sorgo resistente a pájaros (sorgos ricos en taninos), tienen un efecto inhibitorio de la actividad enzimática responsable de la hidrólisis del almidón en el sorgo.

Leucere, (1982), realizó una investigación para

establecer una relación entre la presencia de polifenoles en los granos de sorgo y su adversidad nutricional, con especial referencia a los taninos condensados, como la procianidina; los cuales están localizados en la testa y pericarpio de sorgos resistentes a pájaros, encontrando que la interrelación existente entre la proteína y los taninos es la responsable de la inhibición del crecimiento de microorganismos y animales, así como de la inactivación de ciertas enzimas metabólicas. Las asociaciones proteínas-taninos son usualmente fuertes y aparentemente inespecíficas. El autor menciona además que la interacción entre taninos y proteínas depende del pH, fuerza iónica del medio ambiente, cantidad de taninos, enzimas y otros factores. Tanto las mediciones de digestibilidad *in vitro* así como el estudio del forraje animal, indicaron una depreciación en el valor biológico de los sorgos con alto contenido de taninos. Simultáneamente Okoh *et al.*, (1982), realizaron un análisis proximal, composición de aminoácidos y determinación del contenido de taninos en ciertas variedades de sorgo mejoradas en Nigeria para establecer su potencial como alimento para aves de corral, encontrando que más de cuatro variedades consideradas como alimento, fueron afectadas por un alto contenido de taninos. Por su parte Meyer y Gorbet, (1984), al incluir granos de sorgo normales y cerosos en la dieta de cerdos jóvenes encontraron que las diferencias en el contenido de taninos entre ambos tipos de sorgos y no la diferencia en el tipo de endospermo, influían

notablemente en el valor alimenticio de los granos de sorgo utilizados. Sell et al., (1983), encontraron que los taninos reducen significativamente la producción de huevo y la eficiencia alimenticia, en dos niveles de proteínas, demostrando también que la gravedad específica de los huevos así como el espesor de la cáscara eran afectadas adversamente cuando se usaba el nivel más bajo de proteína. En ese mismo año, Butler et al., (1983), estudiaron la interacción de las proteínas con taninos del sorgo, encontrando que los efectos biológicos de los taninos, son resultado de su propensión para ligarse con proteínas; esta asociación con las proteínas de la dieta suele ocurrir en el tracto digestivo reduciendo por consiguiente su digestibilidad. Este hecho es la razón de que ciertas proteínas de las dietas sean encontradas unidas estrechamente a los taninos, cuando se analizan los residuos no digeribles resultantes de la digestión *in vitro* con pepsina.

En lo referente a la probable reducción de taninos Cummins, (1971), estudió como influyen los taninos sobre la digestibilidad *in vitro* de la materia seca en forrajes ensilados y no ensilados de dos híbridos de sorgo, uno resistente a pájaros (con un elevado contenido de taninos, 10.5%) y otro no resistente a pájaros (grano con bajo contenido de taninos, 4.2%) que fueron cosechados hasta la madurez del grano. El determinó además el contenido de taninos astringentes en muestras de plantas completas, con

diversas cantidades de grano, así como compuestos de la planta en muestras ensiladas y no ensiladas. Sus resultados le indicaron que el ensilaje aumentaba la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y que este incremento era superior en el híbrido con alto contenido de taninos ($Y = 0.23 x + 42.0$, $r = 0.98$); en los productos ensilados, el contenido de taninos de paja, hoja y tallos de híbridos resistentes fué de 9.7%, 6.6% y 6.8% respectivamente y de 7.8%, 6.1% y 7.6%, para las respectivas variedades no resistentes. Los taninos no se disiparon durante el ensilaje como ocurrió con los del grano en el híbrido con alto contenido de taninos. Los resultados indicaron también que la calidad del alimento preparado con sorgos resistentes sometidos a ensilaje, podía ser mejorada aún. *Strumeyer y Malin, (1975)*, desarrollaron un nuevo proceso para el aislamiento de taninos condensados, estos materiales eran adsorbidos por el Sephadex LH-20 en etanol al 95%, después del lavado exhaustivo con etanol, los taninos eran eluidos con acetona acuosa al 50%; los autores mencionan que con la aplicación de este proceso aislaron a partir del grano de sorgo, taninos condensados altamente purificados. En ese mismo año *Featherston y Rogler, (1975)*, estudiaron la influencia de los taninos sobre la utilización de granos de sorgo por ratas y pollos. Ellos informaron que la extracción de tales sustancias a partir de las variedades resistentes a pájaros, resultaba en un mejoramiento marcado tanto en la ganancia de peso como en la eficiencia alimenticia, en

comparación a lo observado en los animales alimentados con los granos intactos. La proteína y los valores de energía digerible, fueron reducidos significativamente del alimento de rata de la dieta de sorgos resistentes a pájaros, comparado con el alimento para ratas del sorgo resistentes a pájaros, al cual se le extrajeron los taninos o la dieta del grano de sorgo bajo en taninos. Chibber et al., (1978), introdujeron el descascarado del grano con el fin de eliminar los taninos, reportando que la baja eficiencia en la remoción de la testa y capas del pericarpio y la pérdida de altos niveles de proteína hacían que este procedimiento fuera inaceptable como medio de eliminación de taninos del sorgo. Por su parte Reicher et al., (1980), realizaron una investigación sobre la reducción del contenido de taninos por el método de imbibición con agua, ácido clorhídrico e hidróxido de sodio, empleando granos enteros y atmósfera de CO₂. Ellos encontraron que el grado de reducción dependía del tiempo de almacenamiento y la temperatura, la cantidad de líquido embebido y la concentración del ácido o base empleado. Detectaron valores de reducción en el contenido de taninos desde 3.63% a 2.29%, 0.6% y 0.1% por imbibición del 25% por peso de agua, HCl 0.8 N y NaOH 0.8 N respectivamente, cuando se almacenaba durante dos días a 25 °C; si el almacenamiento de los granos tratados con agua se incrementaba durante nueve días más, el contenido de taninos disminuía hasta un 0.3%. Los taninos también fueron reducidos marcadamente por germinación. Los

investigadores señalan que los estudios sobre dietas en ratas, demuestran que esos tratamientos generan ganancia en peso y proporción de ganancia alimenticia equivalente a los obtenidos con dietas de sorgos bajos en taninos. El método utilizado para medir el contenido de taninos fué el de la vanillina-HCl, lo que sugiere que este método es adecuado para predecir la calidad nutricional de los sorgos ricos en taninos.

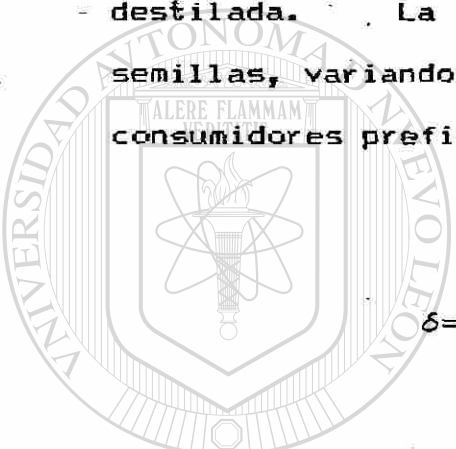
DUREZA DEL GRANO

La dureza del grano está relacionada con la calidad del grano de sorgo y sus propiedades alimenticias. Esta se define como la relación del área del endospermo córneo con el área total del endospermo en granos de sorgo cortados transversalmente. Los granos de los diferentes cultivos pueden ser duros, parcialmente suaves o suaves. Algunos son difíciles de quebrar y algunos se rompen fácilmente (Anonymus, 1985).

La dureza del grano puede medirse con la ayuda del probador de dureza; y se expresa en términos de kilogramos de peso requerido para quebrar un grano. La dureza del grano difiere entre los genotipos, pudiendo variar desde 1.7 hasta 11.1 kg; esta diferencia en dureza se relaciona con la calidad del grano y con la resistencia a la intemperie (Maiti, 1986).

DENSIDAD DEL GRANO

La densidad es la masa por unidad de volúmen de la semilla, que puede medirse por el desplazamiento de la semilla en una solución con azúcar. Sin embargo, la densidad de la semilla es medida usualmente por el desplazamiento del agua destilada. La densidad difiere extensamente entre las semillas, variando desde 0.85 g/ml hasta 1.52 g/ml. Los consumidores prefieren semillas más densas (Maiti, 1986).


$$\delta = \frac{\text{peso de la semilla en gramos}}{\text{volúmen de las semillas}}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

ABSORCIÓN DE AGUA

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La absorción del agua es la capacidad de las semillas para absorber este líquido, se expresa en porcentaje arriba del peso original de la semilla después de un período definido de inmersión. Esto puede estar relacionado con la calidad de cocción del grano. Los estudios realizados sobre la absorción de agua por los granos en diferentes cultivos, muestran una variación del 13 al 47%, tomando como base el peso seco de la semilla observado después de seis horas de

imbibición (Maiti, 1986).

T E X T U R A

La textura del endospermo juega un papel importante en la determinación de las cualidades del sorgo. La relativa proporción de endospermo córneo y harinoso del grano de sorgo influyen en la textura del grano o textura del endospermo. La textura del endospermo en el sorgo puede ser córneo, intermedio o harinoso, dependiendo de la porción de endospermo córneo o harinoso (Earp y Rooney, 1982). Esta cantidad de endospermo córneo y harinoso en el grano varían dependiendo del genotipo y condiciones ambientales (Rooney y Murty, 1982).

Las grandes porciones del endospermo periférico y córneo en el grano de sorgo, presentan mayor dificultad que el maíz, en la separación del almidón durante el procesado (Rooney y

Clark, 1968). En un estudio realizado por Watson et al., (1955), sobre la comparación del molido en húmedo de

diferentes variedades de granos de sorgo y maíz, encontraron que el almidón recuperado y su purificación, presenta mayor dificultad en el sorgo que en el maíz, debido a que el grano de sorgo contiene una gran proporción de endospermo córneo y una capa de células densas ricas en proteínas en la periferia del endospermo, justo al lado de la capa de aleurona. También en estudios realizados sobre las cualidades del alimento, han encontrado que el contenido de proteínas (kafirina), está relacionado con la dureza y textura del grano

(Anonymus, 1985).

2.2.3 PROCESAMIENTO, ESTRUCTURA Y CALIDAD.

En cuanto al sorgo que se utiliza como alimento para animales, es generalmente más suave que el empleado como alimento para los seres humanos, y éste es de color. Raras veces se utiliza como alimento sin moler o quebrar. Otros procesos requieren de diferentes técnicas de suavización, laminado y reventado del grano, ello con propósito de exponer una mayor proporción de la semilla a las enzimas digestivas del animal. Si el grano no está molido o quebrado, pasará a través del aparato digestivo del animal sin ser digerido (House, 1980).

Las propiedades en el molido del grano y consecuentemente las cualidades de la harina, son afectadas por la estructura y contenido de humedad del grano, así como por el equipo y técnicas de molido. Tradicionalmente, al sorgo se le quitaba la cáscara antes de molerlo para harina y a medio moler, los granos eran humedecidos en morteros y molidos a mano; de esta forma había una alta recuperación del endospermo y un mínimo de daño. Los granos procesados que poseen un pericarpio grueso y alto endospermo córneo, producen las cualidades máximas de descorticado del grano sin quebrarse y un mínimo de esfuerzo y tiempo requerido para molerlo (Rooney y Murty, 1982). Lo anterior fue comprobado también por Earp y Rooney, (1982), quienes mencionan que los pericarpios gruesos y la

presencia de una testa pigmentada, afectan el procesado de productos de sorgo; indican que una testa delgada es más fácil de remover durante el molido. Citan además que, los sorgos córneos con pericarpios gruesos requieren por lo general menos tiempo de molido, en comparación a los sorgos córneos con pericarpios delgados. Sin embargo hay limitaciones de dietas específicas en la utilización del cocinado y cocción de productos de sorgo para humanos, debido a factores tales como la alta temperatura de gelatinización del almidón y alta viscosidad de los primeros productos cocinados, éste es un problema significativo que se toma en consideración para la aceptabilidad y digestión (Anonymus, 1985).

El almidón del sorgo y del maíz generalmente tienen algunas propiedades que pueden ser usadas casi indistintamente. Existen pequeñas diferencias en el poder de inflado y viscosidad de la pasta de los gránulos de almidón del sorgo y el maíz. Sin embargo, las diferencias entre las variedades del maíz y el sorgo son más grandes que las diferencias entre los cultivos (Ronney y Clark, 1968). Sobre este aspecto, Rooney, (1979), menciona que el procesamiento de los sorgos cerosos (100% de amilopectina) es más eficiente al emplear menos calor seco que el aplicado a los sorgos no cerosos. Al año siguiente Rooney et al., (1980), expresaron que, en general, las propiedades del almidón del sorgo son similares a las del almidón de maíz; indicando además que el rango de temperatura de gelatinización del almidón del sorgo

es de 67 - 77 °C, el cual es ligeramente más alto que el del maíz. Citan también, que los sorgos cerosos son usados en productos alimenticios. *Akingbala et al., (1981)*, encontraron que el endospermo ceroso mostró el más alto rango de temperatura de gelatinización y mayor energía de gelatinización. Por otra parte *Hibberd et al., (1982)*, realizaron una investigación sobre las características de digestibilidad del almidón aislado de nueve variedades de sorgo y cuatro de maíz, los cuales mostraban diferencias en las características del endospermo; observaron que en los tipos de sorgo en donde se aisló el almidón ceroso (rico en amilopectina), generalmente posee más altos valores de producción de gas *in vitro* que los almidones no cerosos. Esto sugiere que otros factores tales como, el tamaño de los gránulos o la longitud de las cadenas polisacáridas, pueden afectar la degradación del almidón. Asimismo, en un estudio realizado para caracterizar las propiedades del gránulo de almidón aislado del endospermo córneo y harinosos, se encontró que cuando éstos eran más pequeños presentaban un grado más alto de gelatinización, así como una viscosidad intrínseca más alta, al compararlos con los gránulos de almidón del endospermo harinoso; hacen mención que éstas propiedades, además del bajo grado de degradación ácida, indican que los gránulos más pequeños del endospermo córneo tienen una estructura más cristalina y contienen componentes moleculares más grandes, que los gránulos del endospermo harinoso. Esto

significa que el almidón del endospermo córneo podría sufrir un mayor grado de retrodegradación sobre el enfriamiento, lo que podría resultar en un gel más consistente. Esos resultados concuerdan con estudios previos en los que se ha observado que los granos de sorgo duro producen un gel más consistente que los granos de sorgo suaves, y donde se señala también que los componentes del almidón y proteína del endospermo influyen en la calidad y aceptación como alimento (Anonymus, 1985).

Con respecto a los métodos de procesado del grano de sorgo, Tanksley y Osbourn, (1972), probaron cuatro procedimientos: molido en seco, donde el grano es molido en un molino y cribado en una malla de 1/4 de pulgada; micronizado, sujeto a las microondas que provienen de la conversión de la energía gaseosa por generadores infrarrojos durante menos de 30 segundos, el grano caliente es pasado después por rollos flojos, los cuales causan que el grano explote; aplastado a vapor, el grano es cubierto con vapor durante 15 - 20 minutos, consiguiendo con ello una temperatura interna del grano cercana a los 200°F a 210°F y cerca de un 18 a 20% de humedad, los granos calientes son pasados después por rollos con espacios mínimos, los cuales producen una hojuela delgada y aplanada; y el reconstruido, donde se adiciona agua al grano seco para dar cerca del 30% del contenido de humedad y colocan luego en bolsas con cierre hermético y se mantienen de esta manera durante un periodo de doce días antes de darlos como

alimento; después el grano se retira de la bolsa y se granula en un molino como el usado con el grano seco. Los investigadores encontraron que con cerdos, los cuatro métodos tuvieron un rendimiento altamente satisfactorio, no encontrando diferencias significativas en ganancia y promedio diario. Asimismo Tanksley y Brzozowski, (1972), investigaron por algunos métodos, los efectos del procesado del grano sobre la energía y disponibilidad de la proteína en el crecimiento de cerdos; encontrando que la materia seca, materia orgánica y energía bruta de digestibilidad de las raciones del micronizado y aplastado a vapor, fueron significativamente más altos que los del molido en seco. La dieta tratada con el procedimiento de aplastado a vapor, genera una proteína más digerible que la obtenida con los otros métodos. Mencionan también que no hubo alteraciones en los gránulos de almidón del grano tratado con el método de molido en seco, mientras que en el micronizado y aplastado a vapor se observó una gelatinización apreciable de los gránulos de almidón.

Por su parte Cohen y Tanksley, (1972), llevaron a cabo un estudio sobre la energía y proteína digerible de granos de sorgo con diferentes texturas de endospermo y tipos de almidón, sobre el crecimiento de cerdos. Indican que, los efectos sobre la digestibilidad de materia seca y materia orgánica en la dieta del endospermo intermedio normal, fué significativamente más alta que en las dietas de endospermo harinoso normal y endospermo córneo normal. La

digestibilidad de la energía bruta de la dieta del endospermo intermedio normal fué más alta que las de la dieta con endospermo harinoso normal; mientras que la digestibilidad del extracto etéreo de la dieta del endospermo córneo normal fué más alta que la dieta del endospermo harinoso normal. No encontraron diferencia significativa en la digestibilidad de la proteína y fibra cruda entre las tres texturas de endospermo. La más alta materia seca, materia orgánica y digestibilidad de energía bruta de la ración del endospermo intermedio normal fué significativamente más alta en contenido de energía metabolizable y digerible que en la dieta del endospermo harinoso normal. No hubo tampoco diferencia significativa en la retención de nitrógeno, ganancia o eficiencia alimenticia, debido a la textura del endospermo. La energía digerible de la dieta del endospermo intermedio normal fué significativamente más alta que la dieta del endospermo harinoso normal: 3.70 contra 3.55 Kcal/g. ®

Los efectos sobre el tipo de almidón no mostraron diferencias significativas para ninguno de los parámetros analizados respecto a las dietas de almidón normal y ceroso. El coeficiente de la digestibilidad de materia seca, materia orgánica y energía bruta así como los valores de energía metabolizable y digerible, fueron esencialmente los mismos. El almidón normal presentó una más alta (pero no significativa), digestibilidad de la proteína que el almidón ceroso (79.63% contra 77.84%), pero en retención de nitrógeno

fue bastante similar. La dieta de almidón ceroso tiene más alto promedio de ganancia diaria y mejor eficiencia alimenticia que la dieta de almidón normal. Esta ventaja es difícil de explicar después de que los valores de energía metabolizable y digestibilidad de energía bruta y digerible fueron aproximadamente los mismos.

Otro factor que interviene en las características nutricionales del sorgo es el nivel de fitato; se considera que de un 4 a 5% de fitato y fósforo total son removidos por el descascarado, ya que su contenido es mayor en la cáscara, menor en el grano entero y mínimo en el grano descascarado. Lo anterior sugiere que las áreas de la aleurona y cáscara constituyen reservas de estos materiales. Un aspecto que puede ayudar a seleccionar cultivos de sorgo con características nutricionales inmejorables sería conocer la localización y niveles de fitato, así como determinar su destino durante el procesado (Doherty et al., 1982). ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3. OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

- 1.-Caracterizar el grano de diez variedades de sorgo adaptadas y utilizadas en la región Noreste de México.
- 2.-Evaluar el potencial alimenticio y energético del grano de las diez variedades de sorgo mencionadas.
- 3.-Determinar si existe correlación entre las características cuantitativas estructurales y entre la composición química de variedades estudiadas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.-Determinar las características macroscópicas y distribución del endospermo córneo y harinoso en el grano de diez variedades de sorgo.
- 2.-Analizar la variabilidad al microscopio óptico y microscopio electrónico de barrido cuantificando los componentes estructurales.
- 3.-Determinar la composición química proximal así como el valor nutricional de los granos.

América 37%, Centro América 7%, América del Sur 11%, Africa 20%, Oeste de Asia <1%, Sur de Asia 21%, Este de Asia 1%, Oceanía 2% y Europa <1%. En menos de un 75% del total de la producción mundial del sorgo es consumido directamente en la alimentación humana. La producción de sorgo en Argentina y México se ha incrementado en un 17% con respecto a la producción mundial. En México continúa incrementándose rápidamente porque hay más alta producción de sorgo en ciertas áreas, que la producción de maíz (Rooney et al., 1980). Las principales zonas sorgueras en México, son los Estados de: Tamaulipas, Michoacán, Jalisco y Sinaloa (Zavala, 1986; citado por Hatti, 1986).

En cuanto a la ganadería en América, el sorgo es uno de los productos más utilizados para la alimentación del ganado, demostrando ser un cultivo con alto rendimiento y utilizable en la producción de carne; por lo cual, el ganadero necesita seleccionar las mejores variedades de sorgo para grano que le proporcionen un alto valor alimenticio y mejor digestibilidad para el ganado. Por tal motivo, son de importancia los programas de nutrición animal y ello requiere el conocimiento del valor nutritivo y estructural de las materias primas empleadas en la alimentación. Una deficiencia en la nutrición y cuidados adecuados en el ganado y otros animales de crianza, son algunos de los factores que causan fuertes fugas de divisas. Actualmente, los trabajos de investigación en nuestro país relativos a los requerimientos nutricionales

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. V A R I E D A D E S.

Para el presente trabajo, se utilizaron granos de diez variedades de sorgo que son usados en la alimentación del ganado bovino de engorda.

Las variedades bajo estudio fueron las siguientes: Master Victoria, Master Te-y-75, Master Gold-R, Pronase RB-3030, Master 911R, Master Te-dinero, Master Te-y-101-R, Master Te-y-77, Master BI-83 y Master RB-3006. Los granos, cosechados en el estado de Tamaulipas, fueron proporcionados gentilmente por la empresa Agropecuaria Escobedo, S de P.R. de R.L.

4.2. ESTUDIO MORFOLOGICO.

La descripción morfológica del grano se hizo según el sistema implementado por el International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), consistente en los siguientes parámetros: color del grano, (blanco, amarillo, rojo, café y ante); textura del endospermo (completamente córneo, casi córneo, parcialmente córneo, casi córneo almidonado); color del endospermo (B, blanco; A, amarillo y S, sacarino); brillo del grano (B, brillante; N, no brillante) y forma de la semilla

(I, individual; D, doble).

El aspecto del endospermo se realizó a juicio personal.

4.3. MICROSCOPIO OPTICO.

Metodología y Técnicas utilizadas para el estudio de las estructuras del grano de sorgo en el Microscopio Optico:

Para las observaciones y cuantificaciones de las estructuras, se realizaron cortes transversales del grano a nivel medio del embrión, utilizándose inclusión en parafina (modificada por Alvarado, 1989), y tinción con azul de anilina; para cortes semifinos, se siguió la técnica modificada de inclusión en resina epóxica Durcupan, reportada por Lux (1981), y tificando con fucsina básica y azul de toluidina.

Para cada estructura, la determinación de sus medidas se hizo realizando cinco mediciones en cinco granos diferentes de la misma variedad y registrando los valores en micrómetros. De ésta manera, para cada estructura se obtuvo un total de 25 mediciones por variedad. Los parámetros considerados fueron: grosor del epicarpio, mesocarpio y endocarpio. El grosor del pericarpio para los granos de cada variedad, se consideró como la sumatoria de las medias del grosor del epicarpio, mesocarpio y endocarpio, por lo cual, no se aplicó análisis de varianza a este dato; sólo se muestran los valores en el

CUADRO II y en la gráfica de la FIGURA 4. Del mesocarpio, también se midió el largo de las células. Del endospermo se tomaron el largo y ancho de las células, tanto de la aleurona como de las porciones periféricas, córneo y harinoso.

PREPARACION DE LOS CORTES USANDO INCLUSION EN PARAFINA Y TINCION CON AZUL DE ANILINA (modificado por Alvarado, 1989).

1.- Obtención del material: para este estudio se obtuvieron cinco granos de cada variedad.

2.- Fijación: la fijación se realizó en AFA durante 48 horas.

3.- Deshidratación: la deshidratación se realizó en alcohol etílico. Se utilizaron las siguientes concentraciones:

alcohol 70%, 75%, 80%, 90%, 95% y 100% durante dos horas en cada uno de ellos.

4.- Clarificación: mezcla de alcohol-xilol (1:1) durante 12 hrs. mínimo.

5.- Inmersión en xilol puro por seis horas.

6.- Infiltración en parafina, durante un mínimo de 48 horas a 60°C.

7.- Inclusión de las piezas en parafina, orientándolas adecuadamente.

8.- Enfriar rápidamente en un baño de agua fría y guardar en refrigeración hasta el endurecimiento de la pieza.

9.- Retirar el bloque de parafina del molde y cortarlo en forma de una pirámide.

10.- Obtención de los cortes en el microtomo de parafina (Microtomo American Optical, Model 820, Serie 15903).

11.- Extender los cortes sobre la superficie de un Baño María.

12.- Montaje de los cortes en albúmina.

13.- Desparafinar en xilol puro por 12 horas.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

14.- Inmersión en Xilol durante 5 minutos.

15.- Transferir en Alcohol absoluto, 96% y 80% durante 3 minutos en cada solución.

16.- Lavar en agua destilada durante 1 minuto.

17.- Teñir con azul de anilina durante 5 minutos.

18.-Deshidratar sucesivamente en alcohol 80%, 96% y absoluto (5 minutos en cada solución).

19.- Introducir en xilol por 5 minutos.

20.-Montaje en resina sintética.

PREPARACION DE LOS CORTES SEMIFINOS USANDO INCLUSION EN RESINA EPOXICA DURCUPAN Y TINCION CON FUCSINA BASICA Y AZUL DE TOLENTINA (modificada por Lux, 1981)

1.-OBTENCION DE LA MUESTRA: se realiza un corte del grano a nivel del embrión, obteniéndose todo el diámetro y después se vuelve a cortar a la mitad. El volumen de la muestra debe ser aproximadamente 1 mm^3 .

2.-FIJACION: la fijación se lleva a cabo en dos pasos, primero una fijación con glutaraldehído del 3-5% en amortiguador de fosfatos 0.1M, pH 7.2 a una temperatura de 20°C de 3 a 5 horas. Después de ese tiempo, se lava con



amortiguador de fosfatos, cambiando la solución 10 veces con un tiempo de 1 - 2 horas (se puede quedar con amortiguador hasta otros días). Enseguida, se lleva a cabo una post-fijación con tetraóxido de osmio al 2% en el mismo amortiguador de fosfatos con un tiempo de 1 a 2 horas a temperatura de laboratorio. Concluido el tiempo, se procede a lavar con el amortiguador de fosfatos, cambiando la solución diez veces con un tiempo de 1 a 2 horas (se puede quedar la muestra en el amortiguador hasta el siguiente día).

3.-DESHIDRATACION: en acetona al 30%, 15 minutos; acetona al 50%, 30 minutos ; acetona al 70%, 30 minutos; acetona al 90%, 30 minutos; acetona al 100%, 30 minutos.

4.-OXIDO DE PROPILENO: dos cambios de 15 minutos.

5.-INCLUSION EN RESINA EPOXICA DURCUPAN:

A)Durcupan No. 1: Acetona absoluta (1:3), 1 hora a 20°C.

B)Durcupan No. 1: Acetona absoluta

1020091627

(2:2), 1 hora a 20°C.

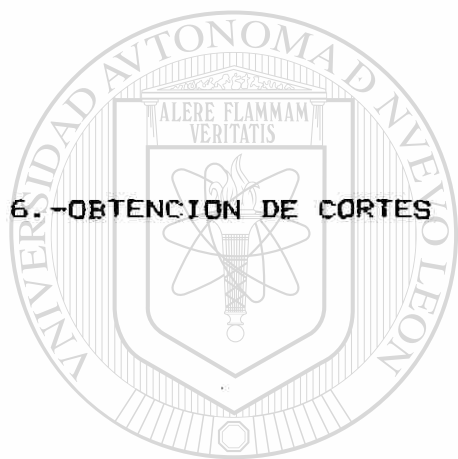
C) Durcupan No. 1: Acetona absoluta

(3:1), 1 hr. a 20 °C

D) Durcupan No. 1 puro, durante toda la noche a 20°C.

E) Durcupan No. II, 20 minutos a 60°C.

F) Durcupan No. II, incluir en cápsulas durante 48 horas a 70°C (polimerización).



6.-OBTENCION DE CORTES SEMIFINOS: se empleó un ultramicrotomo Sorvall MT-1 con acercamiento manual obteniéndose cortes con un grosor aproximado de 0.25 μm , los cuales se depositan en la solapa de la cuchilla.

7.-Sobre una gota de agua colocada en un portaobjetos, se transfieren los cortes elegidos, empleando para ello un aro de alambre.

8.-Se deposita enseguida una gota de azul de toluidina y el portaobjetos se calienta colocándolo sobre una placa térmica a una temperatura aproximada de 60°C durante tres minutos.

9.-Se agrega una gota de agua y una gota de fucsina básica y repite la misma operación indicada para el azul de toluidina.

10.-La preparación se lava con una gota de agua destilada, y ésta se retira con un papel secante. Los portaobjetos se dejan secar a temperatura ambiente.

NOTA: La intensidad de la coloración se puede regular modificando la concentración del colorante, el tiempo de tinción y la temperatura aplicada.

11.-Los cortes preparados en esta forma se pueden observar directamente al microscopio o bien adicionar resina sintética y depositar un cubreobjetos para obtener una preparación permanente.

12.-Las fotomicrografías fueron obtenidas usando un fotomicroscopio marca Zeiss, utilizando los objetivos 6.3x y 16x y un ocular de 1.6x.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

4.4 MICROSCOPIO ELECTRONICO DE BARRIDO.

Para su estudio al microscopio electrónico de barrido, los granos limpios fueron sometidos a la técnica de fractura.

El trozo se colocó sobre un portamuestras pegándose con pintura de plata y posteriormente se le da un baño de oro con el recubridor de capa fina (Jeol, JFC 1100), para su

observación al microscopio electrónico de barrido (Joel, JSM-35). Las observaciones se hicieron con un voltaje de aceleración de 12 - 15 Kv, con tiempos cortos de exposición al impacto de los electrones sobre la muestra. La fotografía se realizó usando película Kodak VP-120.

Las estructuras fotografiadas para posteriores mediciones fueron: granos de almidón del mesocarpio, granos de almidón y cuerpos de proteína de los endospermos periférico, córneo y harinoso. El número de mediciones realizadas para cada estructura fué de 25.

4.5 ANALISIS QUIMICO NUTRICIONAL.

El análisis químico proximal de las muestras, consistió en la determinación de: humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda, proteína cruda y extracto libre de nitrógeno. Para ello se siguieron los métodos recomendados por la A.O.A.C. (Association Official Agricultural Chemist, 1975).

El análisis nutricional consistió de las siguientes pruebas: digestibilidad *in vitro* de la proteína con pepsina, digestibilidad de proteína en el rúmen de un animal fistulado durante 24 horas, digestibilidad del almidón en el rúmen de un animal fistulado durante 24 horas, contenido de almidón, contenido de taninos como equivalentes de catequina en mg/g y calorías totales. Las primeras cuatro fueron realizadas en

la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León y los datos nos fueron proporcionados gentilmente por la Agropecuaria Escobedo. El contenido de taninos, fué analizado por el método del ácido clorhídrico-vanillina modificado y reportado por Robert E. Burns (1971), el cual se describe enseguida:

1.-La técnica se realizó por duplicado.

2.-Se utiliza un gramo de grano de sorgo molido a 20 mesh o más fino.

3.-La muestra se deposita en un matraz Erlenmeyer de 250ml y se agregan 25 ml de HCl al 1% en metanol.

4.-La mezcla se mantiene en agitación durante 24 horas.

5.-Después de un breve reposo, se toma el sobrenadante y se centrifuga a 1,500 r.p.m. durante siete minutos.

6.-Se toman 2 ml del sobrenadante y se depositan en un tubo de ensaye de 13 x 100 mm, se le agregan 4 ml de Vanillina-HCl, dejándose reposar durante 20 minutos.

7.-La intensidad del color desarrollado se lee en el espectrofotómetro Beckman DV-20 a una longitud de

onda de 500 nm.

Las calorías totales derivadas de proteína, grasa y carbohidratos, se determinaron mediante la aplicación de factores específicos a partir de los datos de Atwater (Energy Value of Foods. U.S.D.A. Agriculture Handbook No. 74.

4.6 ANALISIS ESTADISTICO.

Para el análisis químico y nutricional de las diez variedades de sorgo, se utilizó el análisis de varianza con la modificación de arco seno para los datos, por presentarse en porcentajes (Daniels, 1984); a excepción de los siguientes:

— contenido de taninos por estar los datos en mg/g; — calorías totales en Kcal. A los anteriores se les aplicó un análisis de varianza normal. Al contenido de cenizas, cuyos datos se determinaron en porcentajes, no se le pudo aplicar el análisis de varianza con la modificación de arco seno, por ser muy pequeños los valores (uno y fracción), lo cual se convierte en cero al aplicar esta prueba. Sólo se presentan los datos en la CUADRO III y la gráfica del contenido de cenizas para los granos de las diez variedades. FIGURA 52.

En los casos donde hubo diferencias, la comparación entre medias se realizó mediante la prueba de Tukey empleando el paquete SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), el

cual fué empleado también para el análisis de varianza así como para la correlación múltiple de Pearson entre las doce variedades de lo químico y nutricional a un nivel de significancia de 0.5.

Para las variables anatómicas de grosor del epicarpio, mesocarpio y endocarpio; tamaño de las células del mesocarpio; tamaño de los gránulos de almidón del mesocarpio; largo y ancho de las células del endospermo periférico, córneo y harinoso; tamaño de los gránulos de almidón y proteína del endospermo periférico, córneo y harinoso; se realizó primeramente un análisis de varianza y en los casos en que hubo diferencias, la prueba de Tukey determinó qué pareja de variables eran diferentes; así como los subgrupos de homogenidad y similitud entre las diez variedades. Todo esto se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 3.1 y en un nivel de significancia de 0.5.

Posteriormente, y utilizando el paquete señalado se realizó una correlación múltiple de Pearson, entre las diecinueve variables, a un nivel de significancia de 0.5. Por último se realizó una correlación de Pearson con el mismo paquete (SPSS) en los parámetros químico-nutricionales y entre los parámetros anatómicos y químico-nutricionales.

5. RESULTADOS

5.1. ESTUDIO MORFOLOGICO

El estudio morfológico del grano (FIGURA 1), se realizó en el microscopio estereoscópico según el Sistema International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), a excepción del aspecto del endospermo realizado a juicio personal. Los resultados son mostrados en la (CUADRO I).

En las diez variedades, todos los granos presentaron una forma globosa individual, con una coloración externa del grano que varió de amarilla en el Te-y-75, Te-y-77, Te-dinero, 911-R, Gold-R y Victoria a café en las variedades Te-y-101-R, BI-83, RB-3006 y RB-3030 (CUADRO I).

En lo que se refiere a textura del endospermo, las variedades Te-y-77, BI-83, RB-3006, RB-3030, Te-dinero, 911-R y Te-y-101-R, presentaron el parcialmente córneo (FIGURA 2), en tanto que las variedades Te-y-75, Victoria y Gold-R mostraron un endospermo casi córneo almidonado (FIGURA 2 y CUADRO I).

El color del endospermo fué blanco para todas las variedades (CUADRO I).

En referencia al aspecto del endospermo, se pudo observar que el endospermo córneo presentó un aspecto vítreo translúcido y el endospermo harinoso, blanco opaco.

TAMAÑO DE LOS GRANULOS DE ALMIDON DEL MESOCARPIO μm

	Te-y-77	BI-83	RB-3030	911-R	RB-3006	Te-dinero	Te-y-75	Gold-R	Te-y-101-R	Victoria
Te-y-77										
BI-83										
RB-3030										
911-R										
RB-3006										
Te-dinero										
Te-y-75										
Gold-R										
Te-y-101-R										
Victoria	*									

Figura 12A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorgo marcadas con un asterisco denotan una diferencia significativa ($F=2.40$, $p=.0129$) entre dichas variedades con respecto al tamaño de los granulos de almidon

VARIEDAD	Te-y-77	BI-83	RB-3030	911-R	RB-3006	Te-dinero	Te-y-75	Gold-R	Te-y-101-R	Victoria
MEDIA	3.5356	4.000	4.0288	4.2576	4.3568	4.3876	4.4700	4.6192	4.8096	5.1800

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 12B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al tamaño de los granulos de almidon del mesocarpio.

La capa del endocarpio se encuentra abajo del mesocarpio e incluye las células de cruz y las de tubo (FIGURAS 80, 85, 91, 104 y 108).

Los valores obtenidos para el grosor del endocarpio presentaron un rango de variación desde 7.4 μm en las variedades 911-R y RB-3006 hasta 12.7 μm en la variedad Victoria (FIGURA 13).

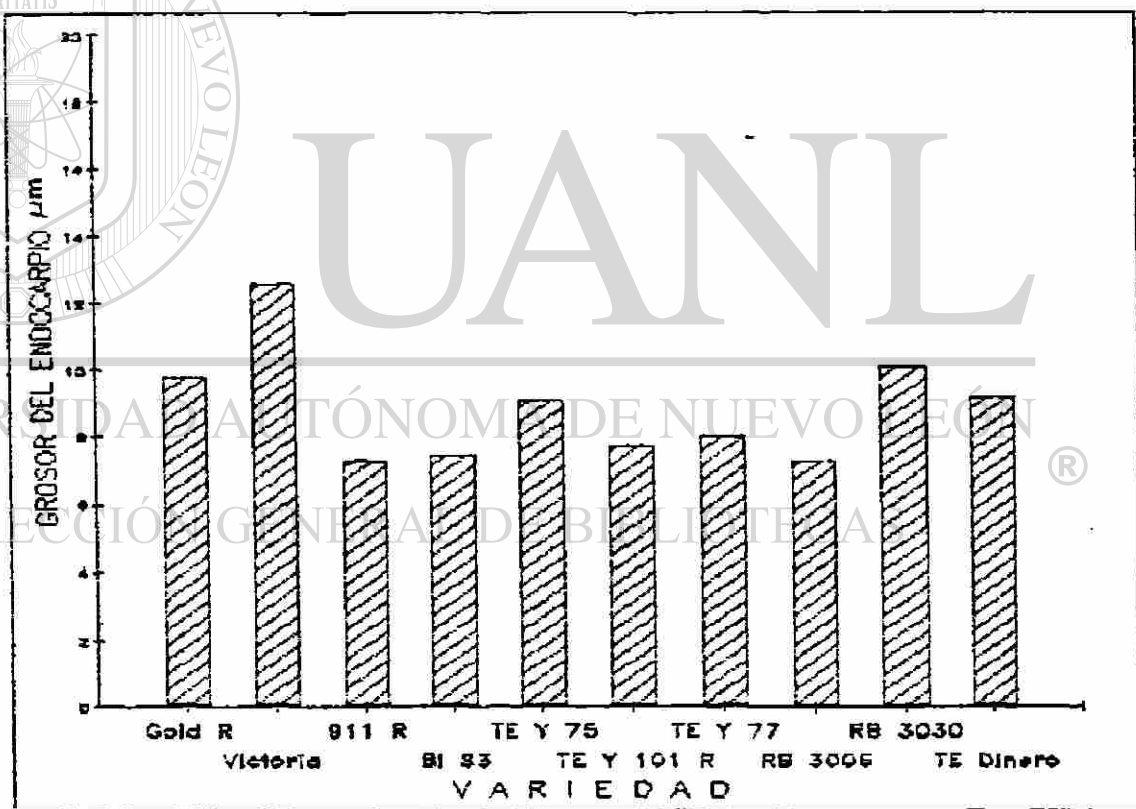


figura 13. Grosor del endocarpio en los granos de diez variedades de sorgo

Los resultados del análisis de varianza para el grosor del endocarpio, no mostraron ninguna diferencia significativa ($F=1.69$, $p=0.0921$) entre las variedades (FIGURA 14A).

GROSOR DEL ENDOCARPIO μm

VARIEDAD	RB-3006	911-R	BI-83	Te-y-101-R	Te-y-77	Te-y-75	Te-dinero	Gold-R	RB-3030	Victoria
MEDIA	7.4000	7.4000	7.5480	7.8440	8.1400	9.1760	9.3240	9.9056	10.2120	12.7280

Figura 14A. Esta figura muestra que no se logró detectar ninguna diferencia significativa ($F=1.69$ $p=0.0921$) entre las diez variedades de sorgo estudiadas con respecto al grosor del endocarpio.

La testa, que es encontrada abajo del endocarpio en ciertas variedades, no fue estudiada en las diez variedades investigadas, al menos no en la porción escogida para el estudio.

El endospermo consiste de la capa de la aleurona y porciones del endospermo periférico córneo y harinoso (FIGURAS 1 y 3).

La capa de células de la aleurona, se encuentra localizada entre el pericarpio (o testa si está presente), y el endospermo periférico; es una capa simple de células rectangulares en forma de block (FIGURAS 3, 80, 81, y 100-109).

La longitud de las células de la aleurona en las variedades estudiadas, presentaron un rango de variación desde 21.8 μm en la BI-83 hasta 29.0 μm en la Te-y-75 (FIGURA 15).

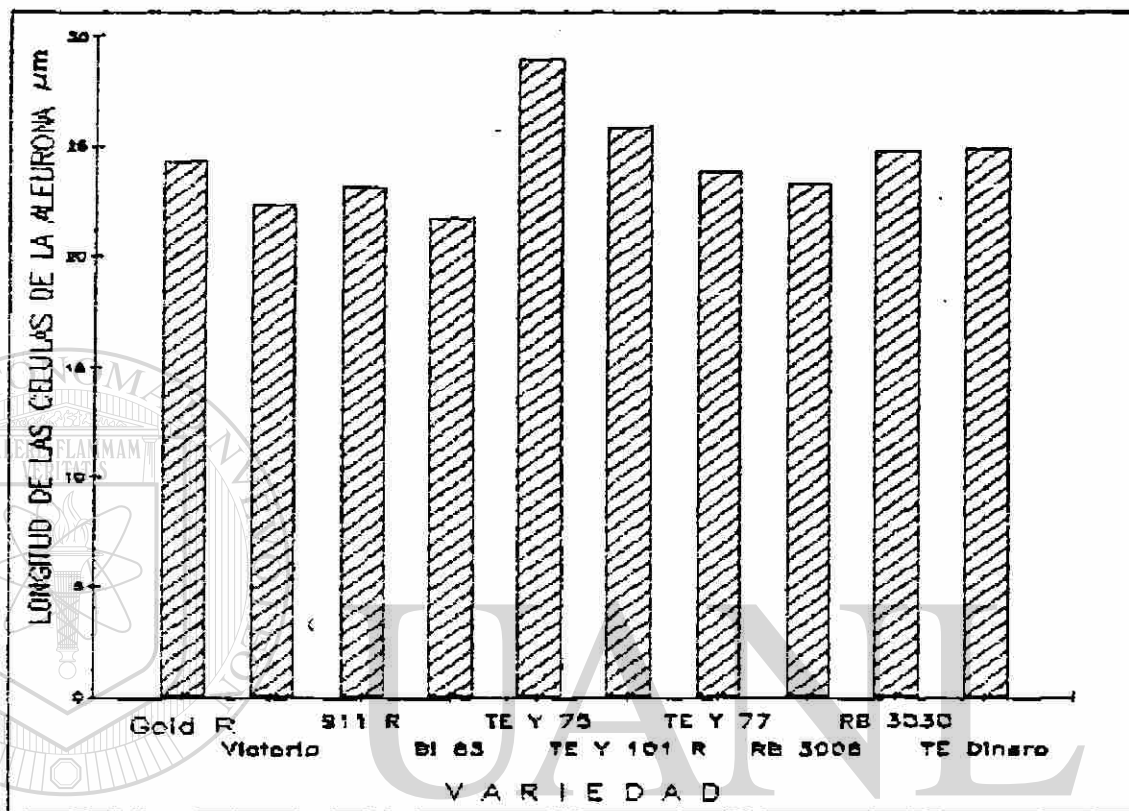


Figura 15. Longitud de las células de la aleurona en los granos de diez variedades de sorgo.

Los resultados del análisis de varianza para la longitud de las células de la aleurona mostraron la existencia de diferencias significativas entre las variedades de sorgo estudiadas ($F=1.98$, $p=.0417$). Al realizar la comparación de medias se encontró que las diferencias están entre las variedades Te-y-75 con respecto a las variedades Victoria y BI-83 (FIGURA 16A). Para este parámetro se formaron 2 grupos de similitud, los cuales son observados en la FIGURA 16B.

LONGITUD DE LAS CELULAS DE LA ALEURONA μm

	BI-83	Victoria	911-R	RB-3006	Te-v-77	Gold-R	RB-3030	Te-dinero	Te-v-101-R	Te-v-75
BI-83										
Victoria										
911-R										
RB-3006										
Te-v-77										
Gold-R										
RB-3030										
Te-dinero										
Te-v-101-R										
Te-v-75	*	*								

Figura 16A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorbo marcadas con un asterisco denotan una diferencia significativa ($F=1.98$ $p=.0417$) entre dichas variedades con respecto a la longitud de las células de la aleurona.

VARIEDAD	BI-83	Victoria	911-R	RB-3006	Te-v-77	Gold-R	RB-3030	Te-dinero	Te-v-101-R	Te-v-75
MEDIA	21.7560	22.4960	23.3480	23.3840	23.9760	24.4200	24.8640	25.0120	25.9000	29.0080

Figura 16B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto a la longitud de las células de la aleurona.

Para el ancho de las células de la aleurona las variedades estudiadas, presentaron un rango de variación de 12.9 μm en el RB-3030 a 16.9 μm en el 911-R (FIGURA 17).

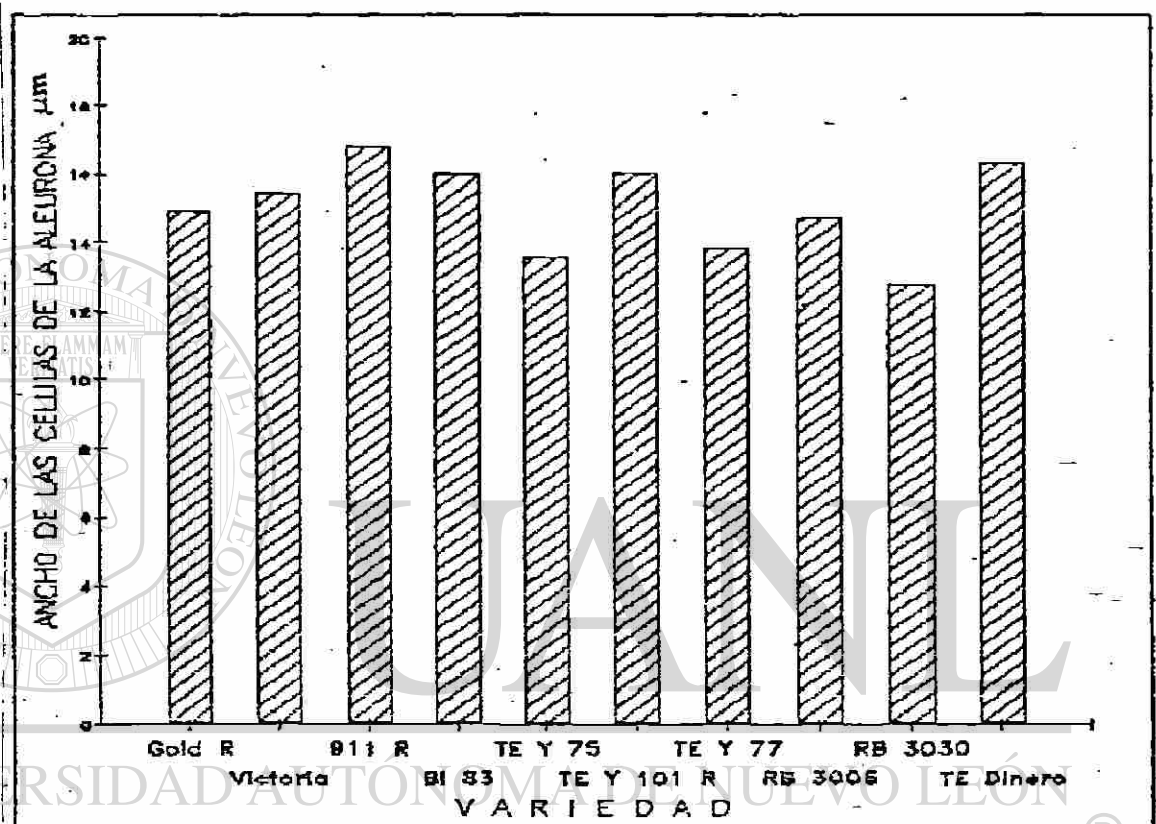


Figura 17. Ancho de las células de la aleurona en los granos de diez variedades de sorgo.

Los resultados del análisis de varianza, para el ancho de las células de la aleurona entre las diez variedades, mostraron una diferencia significativa entre las variedades estudiadas ($F=4.23$, $p<0.0001$). Al realizar la comparación de medias se encontró que las diferencias están entre la variedad RB-3030 con respecto a las variedades Te-y-101-R, BI-83,

Te-dinero y 911-R; por otra parte el Te-y-75 con el 911-R y por último el Te-y-77 con el 911-R (FIGURA 18A). Para este parámetro se formaron tres grupos de similitud, los cuales se observan en la FIGURA 18B.

El endospermo periférico se encuentra localizado debajo de la capa de aleurona, es una área indefinida que consta de las primeras células inmediatamente debajo de la aleurona. Estas células son pequeñas y de forma de block a pentagonal, y contienen pocos gránulos de almidón de pequeño tamaño, embebidos en una densa matriz proteica (FIGURAS 3, 80, 81, 83, 100 y 102).

La longitud de las células del endospermo periférico de las variedades estudiadas, mostró un rango de variación de 27.3 μm en el Te-dinero a 47.8 μm en el Te-y-101-R (FIGURA 19).

Los resultados del análisis de varianza para la longitud de las células del endospermo periférico mostraron la existencia de diferencias significativas entre las 10 variedades ($F=3.51$, $p=.0004$). Al realizarla comparación de medias se encontró que la diferencia radica en la variedad Te-dinero con respecto a las variedades Te-y-77, Te-y-75, RB-3030 y Te-y-101-R; por otra parte la variedad Victoria con respecto a la Te-y-101-R (FIGURA 20A). Para este parámetro se formaron tres grupos de similitud, los cuales se observan en la FIGURA 20B.

ANCHO DE LAS CELULAS DE LA ALEURONA μm

	RB-3030	Te-v-75	Te-v-77	RB-3006	Gold-R	Victoria	Te-v-101-R	BI-83	Te-dinero	911-R
RB-3030										
Te-v-75										
Te-v-77										
RB-3006										
Gold-R										
Victoria										
Te-v-101-R		*								
BI-83		*								
Te-dinero		*								
911-R		*	*	*						

Figura 10A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorgo marcadas con un asterisco denotan una diferencia significativa ($F=4.22, p<.0001$) entre dichas variedades con respecto al ancho de las células de la aleurona.

VARIEDAD	RB-3030	Te-v-75	Te-v-77	RB-3006	Gold-R	Victoria	Te-v-101-R	BI-83	Te-dinero	911-R
MEDIA	12.8760	13.6160	13.9120	14.8000	14.9480	15.5400	16.1320	16.1320	16.4280	16.8720

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 10B En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al ancho de las células de la aleurona.

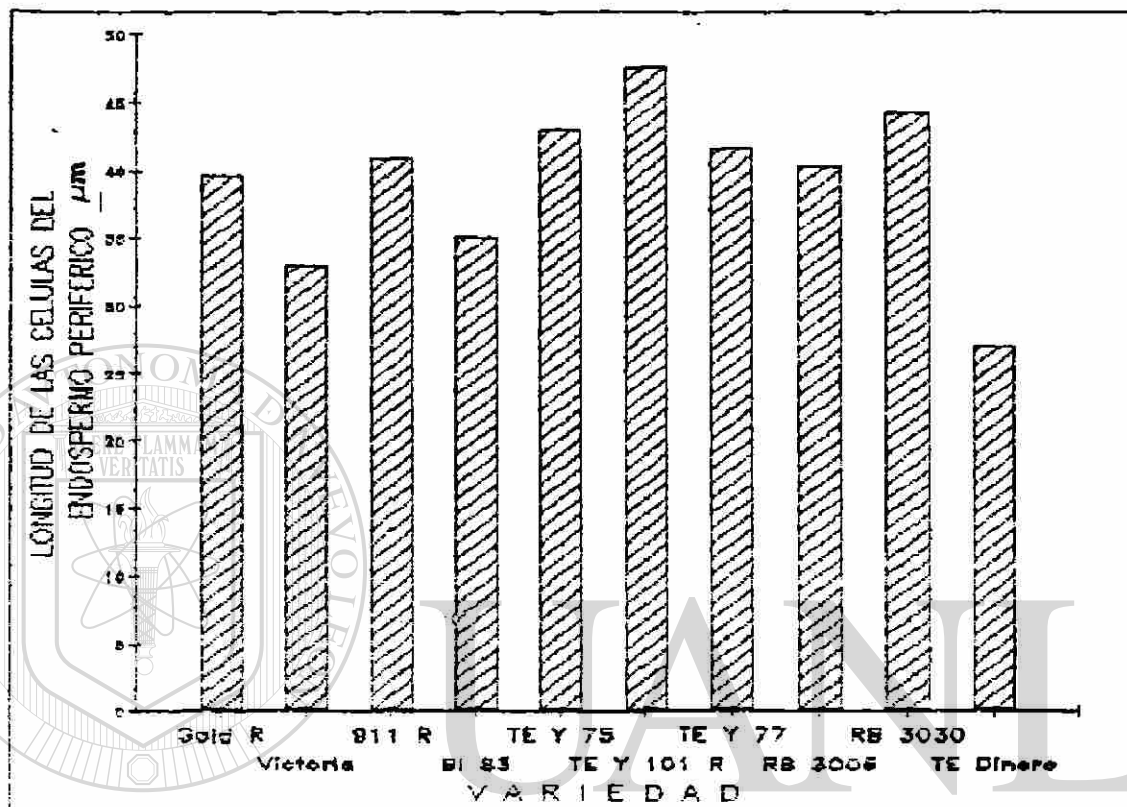


Figura 19. Longitud de las células del endospermo periférico en los granos de diez variedades de sorgo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El ancho de las células del endospermo periférico, mostró un rango de variación de 24.0 μm en el Te-y-101-R a 39.4 μm en el Te-y-75 (FIGURA 21).

Los resultados del análisis de varianza para el ancho de las células del endospermo periférico, no mostraron diferencia significativa (F=1.60, p=.1151) entre las variedades (FIGURA 22A).

LONGITUD DE LAS CELULAS DEL ENDOSPERMO PERIFERICO *µm*

	Te-dinero	Victoria	BI-83	Gold-R	RB-3006	911-R	Te-v-77	Te-v-75	RB-3030	Te-v-101-R
Te-dinero										
Victoria										
BI-83										
Gold-R										
RB-3006										
911-R										
Te-v-77										
Te-v-75										
RB-3030	*	*								
Te-v-101-R										

Figura 20A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorbo marcadas con asterisco, denotan una diferencia significativa ($F=3.50$, $p=.0004$) entre dichas variedades con respecto a la longitud de las células del endospermo periférico.

VARIEDAD	Te-dinero	Victoria	BI-83	Gold-R	RB-3006	911-R	Te-v-77	Te-v-75	RB-3030	Te-v-101-R
MEDIA	27.2892	33.1520	35.2240	39.6640	40.5320	41.1440	41.7360	42.9200	44.4000	47.8040

Figura 20B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales las variedades que mostraron similitud con respecto a la longitud de las células del endospermo periférico.

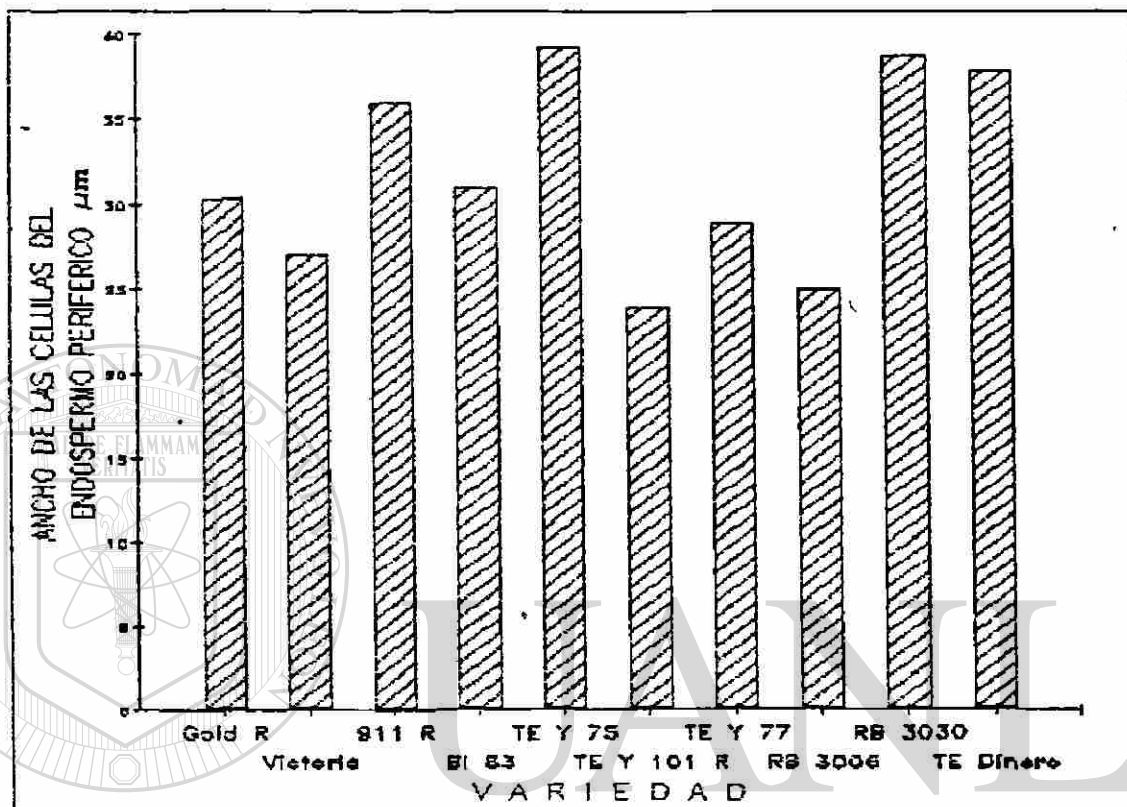


Figura 21. Ancho de las células del endospermo periférico

en los granos de diez variedades de sorgo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ANCHO DE LAS CELULAS DEL ENDOSPERMO PERIFERICO

VARIEDAD	Te-v-101-R	RB-3006	Victoria	Te-v-77	Gold-R	BI-83	911-R	Te-dinero	RB-3030	Te-y-75
MEDIA	23.9760	25.0120	27.0840	29.0080	30.4680	30.9320	35.8000	38.0360	38.7760	39.3680

+++++

Figura 22A. Esta figura muestra que no se logró detectar ninguna diferencia significativa ($F=1.60$ $p=0.1151$) entre las diez variedades de sorgo estudiadas con respecto al ancho de las células del endospermo periférico.

El tamaño de los gránulos de almidón de las células del endospermo periférico, mostró un rango de variación de 6.5 μm en el Te-y-101-R a 12.6 μm en el RB-3030 (FIGURA 23).

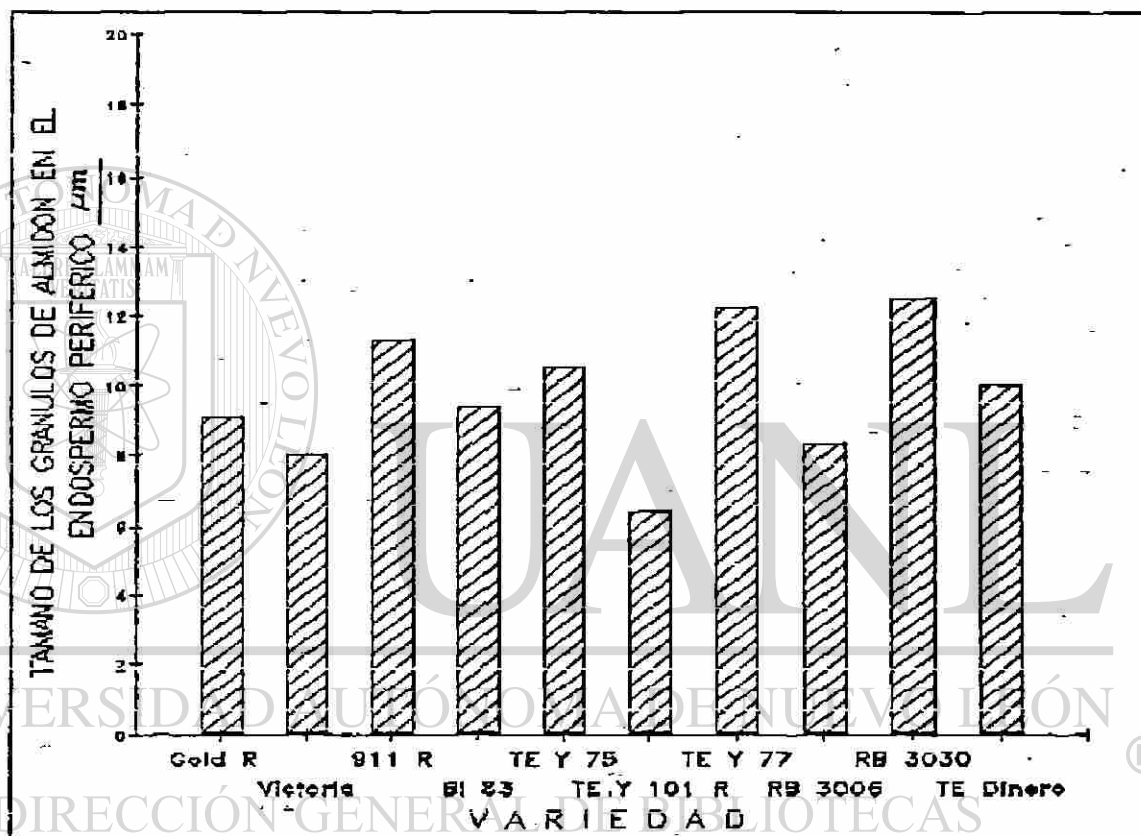


Figura 23. Tamaño de los gránulos de almidón del endospermo periférico en los granos de diez variedades de sorgo.

Los resultados del análisis de varianza para el tamaño de los gránulos de almidón del endospermo periférico en las variedades estudiadas, mostraron una diferencia significativa ($F=20.78$, $p<0.0001$). Al realizar la comparación de medias se

encontró que las diferencias estaban entre las siguientes variedades : Te-y-101-R con respecto a RB-3006, Gold-R, BI-83, Te-dinero, Te-y-75, 911-R, Te-y-77 y RB-3030. La variedad Victoria con respecto al Te-dinero, Te-y-75, 911-R, Te-y-77, y RB-3030. El RB-3006 con respecto al Te-y-75, 911-R, Te-y-77 y RB-3030. El Gold-R con respecto al 911-R, Te-y-77 y RB-3030. El BI-83 con respecto al Te-y-77 y RB-3030; El Te-dinero con el Te-y-77 y por último el Te-y-75 con el RB-3030 (FIGURA 24A). Los grupos de similitud formados para este parámetro fueron siete, los cuales se observan en la FIGURA 24B.

El tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo periférico en las diez variedades, mostró un rango de variación de 1.4 μm en las variedades Victoria, Te-y-101-R y RB-3006 a 2.4 μm en el 911-R (FIGURA 25 y CUADRO II).

Los resultados del análisis de varianza, para el tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo periférico en las diez variedades, mostraron una diferencia significativa ($F=17.20$, $p<0.0001$). Al realizar la comparación de medias se encontró que las diferencias existían entre las siguientes variedades: Victoria con respecto al Te-dinero, Te-y-75, BI-83 y 911-R. La RB-3006 con respecto al Te-dinero, Te-y-75, BI-83 y 911-R. La Te-y-101-R con respecto al Te-dinero, Te-y-75, BI-83 y 911-R. El RB-3030 con respecto al Te-y-75, BI-83 y 911-R. El Te-y-77 con respecto al BI-83 y 911-R. El Gold-R con respecto al BI-83 y 911-R; el Te-dinero con respecto a la variedad BI-83, 911-R y por último la variedad

TAMAÑO DE LOS GRANULOS DE ALMIDON DEL ENDOSPERMO PERIFERICO μm

	Te-v-101-R	Victoria	RB-3006	Gold-R	BI-83	Te-dinero	Te-v-75	911-R	Te-v-77	RB-3030
Te-v-101-R										
Victoria										
RB-3006	*									
Gold-R	*									
BI-83	*									
Te-dinero	*	*								
Te-v-75	*	*	*							
911-R	*	*	*	*						
Te-v-77	*	*	*	*	*	*	*			
RB-3030	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

Figura 24A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorro marcadas con un asterisco denotan una diferencia significativa ($F=20.77$, $p<.0001$) entre dichas variedades con respecto al tamaño de los granulos del almidón del endospermo periférico.

VARIEDAD	Te-v-101-R	Victoria	RB-3006	Gold-R	BI-83	Te-dinero	Te-v-75	911-R	Te-v-77	RB-3030
MEDIA	6.4556	8.1112	8.4360	9.1984	9.5284	10.1000	10.5952	11.4348	12.3024	12.6488

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

+++++

+++++

+++++

+++++

+++++

+++++

Figura 24B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al tamaño de los granulos de almidón del endospermo periférico.

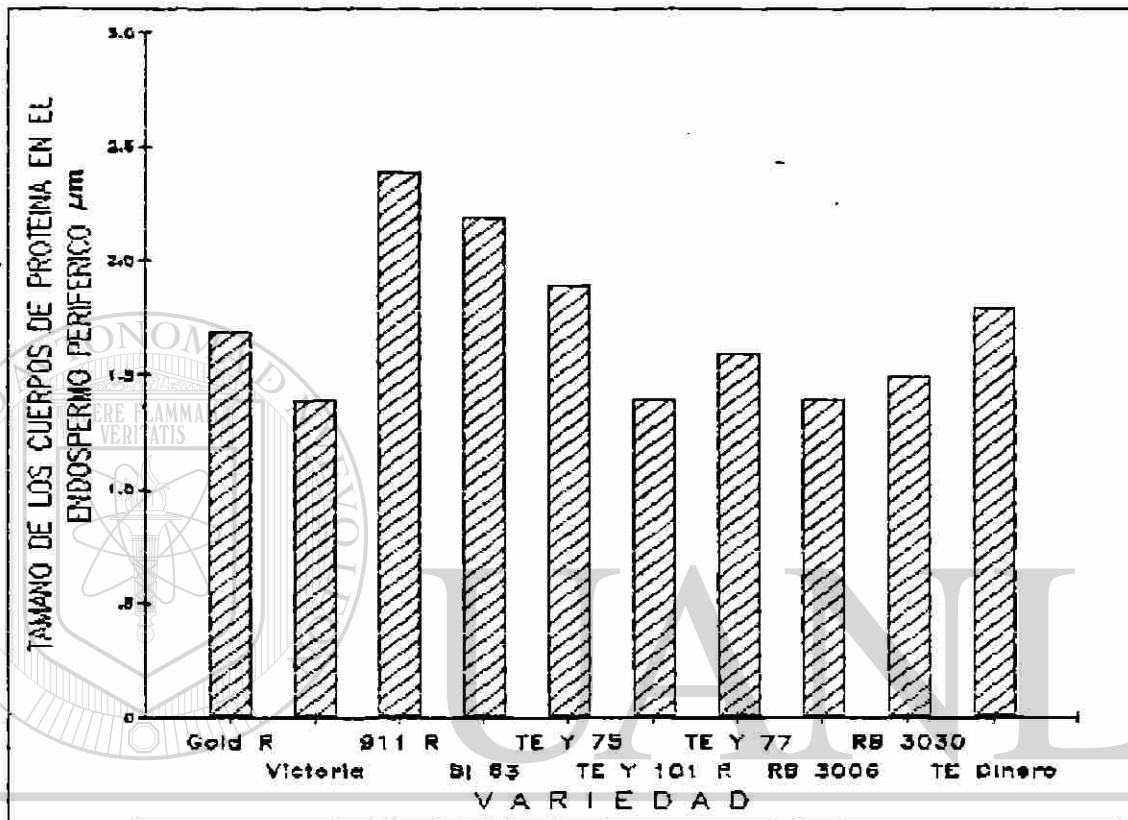


Fig. 25. Tamaño de los cuerpos de proteína en el endospermo periférico de los granos de diez variedades de sorgo.

Te-y-75 con respecto a la 911-R (FIGURA 26A). Los grupos de similitud, formados en este parámetro fueron cinco, los cuales se observan en la FIGURA 26B.

El endospermo córneo se encuentra localizado abajo del endospermo periférico, tiene una interfase continua entre el almidón y la proteína. Los gránulos de almidón son cuerpos angulosos o poliédricos, presentando depresiones donde

TAMAÑO DE LOS CUERPOS DE PROTEÍNA DEL ENDOSPERMO PERIFÉRICO μm

	Victoria	RB-3006	Te-y-101-R	RB-3030	Te-y-77	Gold-R	Te-dinero	Te-y-75	BI-83	911-R
Victoria										
RB-3006										
Te-y-101-R										
RB-3030										
Te-y-77										
Gold-R										
Te-dinero	*	*	*							
Te-y-75	*	*	*	*						
BI-83	*	*	*	*	*	*	*	*		
911-R	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

Figura 26A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorgo marcadas con un asterisco denotan una diferencia significativa ($F=17.20$, $p<.0001$) entre dichas variedades con respecto al tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo periférico.

VARIEDAD	Victoria	RB-3006	Te-y-101-R	RB-3030	Te-y-77	Gold-R	Te-dinero	Te-y-75	BI-83	911-R
MEDIA	1.3600	1.4200	1.4300	1.5428	1.6060	1.6572	1.8400	1.9232	2.2264	2.3649

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 26B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que muestran similitud con respecto al tamaño de los cuerpos de proteína en el endospermo periférico.

los cuerpos de proteína estuvieron atrapados en la superficie del grano (FIGURAS 3, 81, 83, 100-119).

La longitud de las células del endospermo córneo en las diez variedades, mostraron un rango de variación de 102.9 μm en el Te-dinero hasta 129.9 μm en el Te-y-101-R (FIGURA 27 y CUADRO II).

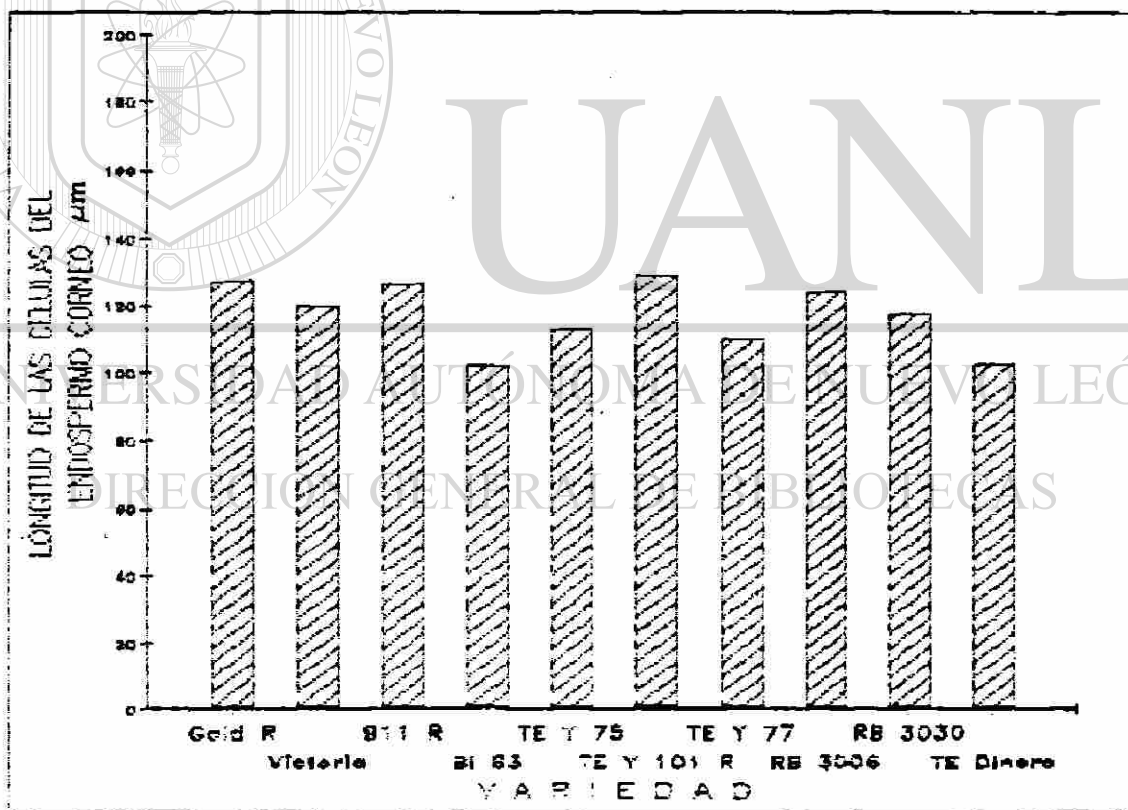


Figura 27. Longitud de las células del endospermo córneo en los granos de diez variedades de sorgo.

Los resultados del análisis de varianza , para la longitud de las células del endospermo córneo, no mostraron diferencia significativa ($F=1.40$, $p=.1896$) entre las diez variedades (FIGURA 28A).

LONGITUD DE LAS CELULAS DEL ENDOSPERMO CORNEO μm

VARIEDAD	Te-dinero	BI-83	Te-y-77	Te-y-75	RB-3030	Victoria	RB-3006	911-R	Gold-R	Te-v-101-R
MEDIA	102.8500	103.1520	110.1120	113.1312	118.1040	120.4720	124.1440	127.0920	128.1640	129.8440

Figura 28A. Esta figura muestra que no se logró detectar ninguna diferencia significativa ($F=1.40$, $p=.1896$) entre las diez variedades de sorgo estudiadas con respecto a la longitud de las células del endospermo córneo.

El ancho de las células del endospermo córneo determinado para la diez variedades, presentó un rango de variación de $47.1 \mu\text{m}$ en la variedad 911-R a $73.1 \mu\text{m}$ en la Te-dinero (FIGURA 29 y CUADRO II).

Los resultados del análisis de varianza para el ancho de las células del endospermo córneo, en las diez variedades, evidenciaron una diferencia significativa ($F=6.08$, $p<0.0001$). Al efectuar la comparación de medias se puso de manifiesto que las diferencias en las variedades estaban en la variedades: 911-R con respecto a Victoria, RB-3006 Gold-R, RB-3030 y Te-dinero; la Te-y-77 con respecto al RB-3006, Gold-R, RB-3030 y Te-dinero; por último la variedad BI-83 con respecto al

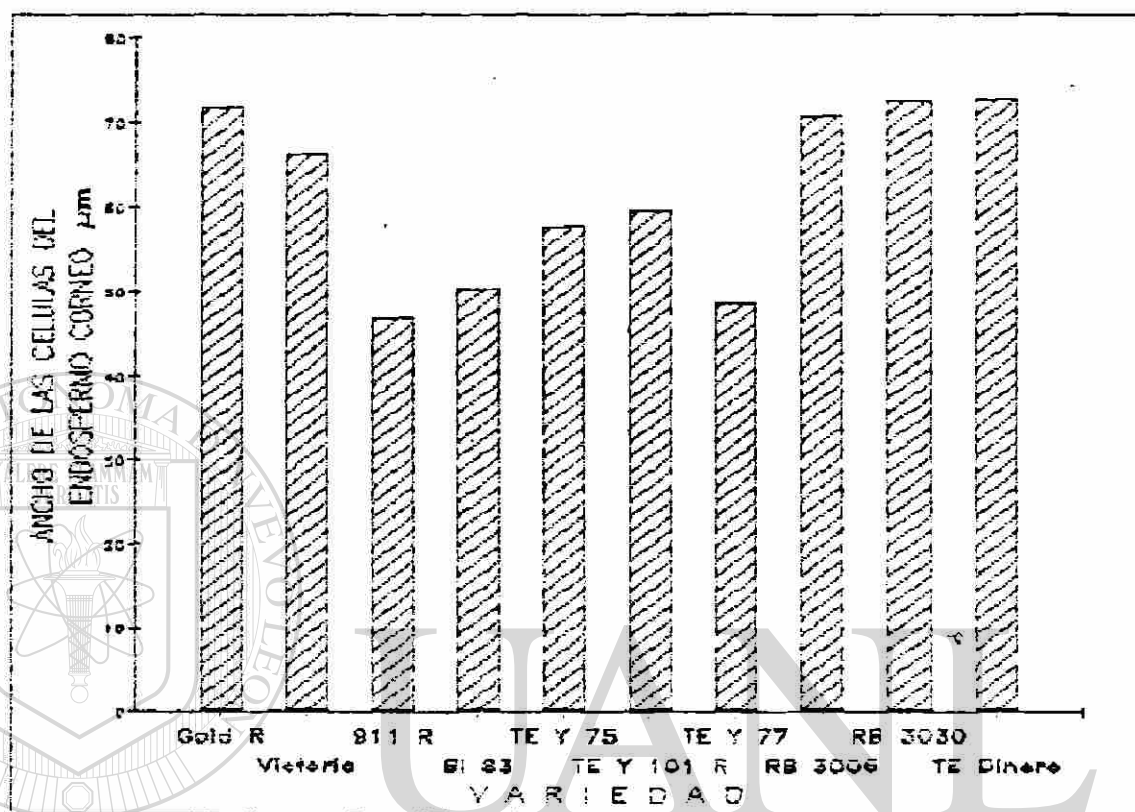


Figura 29. Ancho de las células del endospermo córneo en

los granos de diez variedades de sorgo.

RB-3006, Gold-R, RB-3030 y Te-dinero (FIGURA 30A). Los grupos de similitud en este parámetro, fueron tres, los cuales se observan en la FIGURA 30B.

El tamaño de los gránulos de almidón del endospermo córneo (FIGURA 110-119), mostró un rango de variación en las diez variedades de 11.1 µm en la variedad Victoria a 19.2 µm en la Te-dinero (FIGURA 31 y CUADRO II). Los resultados del análisis de varianza, para el tamaño de los gránulos de

ANCHO DE LAS CELULAS DEL ENDOSPERMO CORNEO /mm

	911-R	Te-v-77	BI-83	Te-v-75	Te-v-101-R	Victoria	RB-3006	Gold-R	RB-3030	Te-dinero
911-R										
Te-v-77										
BI-83										
Te-v-75										
Te-v-101-R										
Victoria		*								
RB-3006	*	*	*							
Gold-R	*	*	*							
RB-3030	*	*	*							
Te-dinero	*	*	*							

Figura 30A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorbo marcadas con un asterisco, denotan una diferencia significativa ($F=6.06$, $p<.0001$) entre dichas variedades con respecto al ancho de las células del endospermo córneo.

VARIEDAD	911-R	Te-v-77	BI-83	Te-v-75	Te-v-101-R	Victoria	RB-3006	Gold-R	RB-3030	Te-dinero
MEDIA	47.0640	48.9880	50.6160	58.0160	59.7920	66.4520	70.8640	71.9280	72.6680	73.1120

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

+++++

+++++

Figura 30B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al ancho de las células del endospermo córneo.

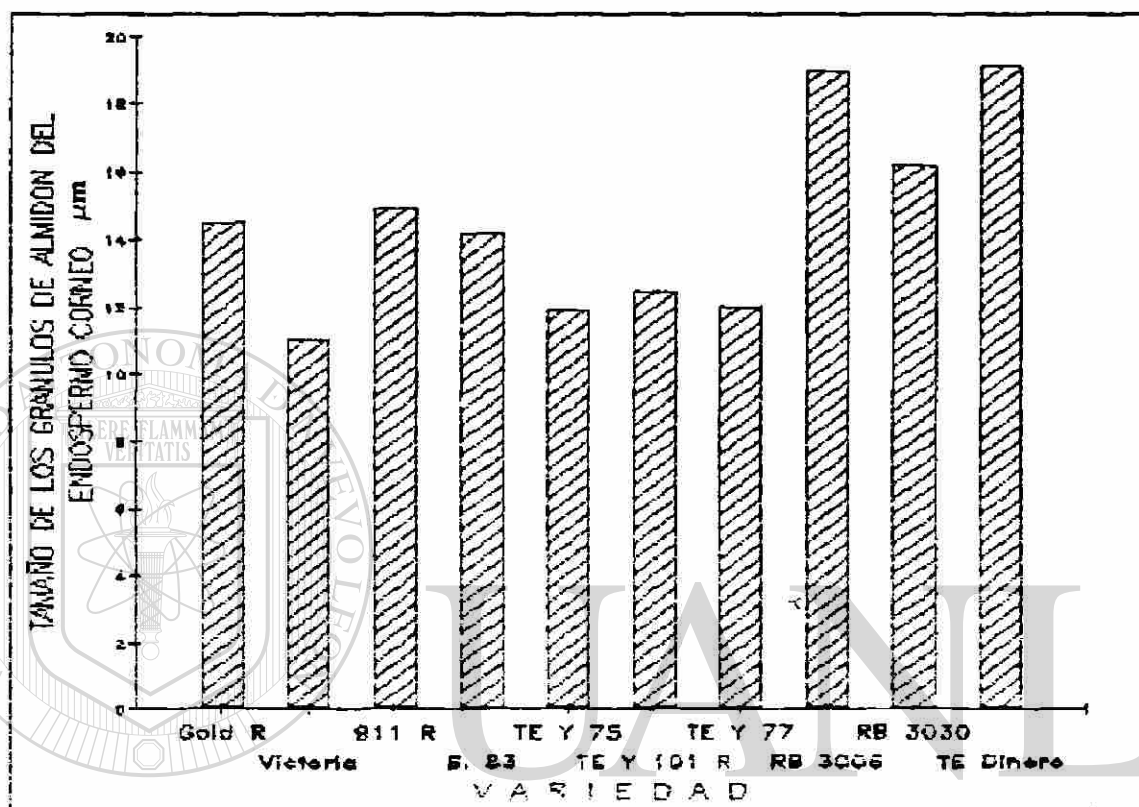


Figura 31. Tamaño de los granulos de almidón del endospermo córneo, en los granos de diez variedades de sorgo.

almidón, presentes en el endospermo corneo de las diez variedades de sorgo, revelaron una diferencia significativa ($F=35.51$, $p<0.0001$). Al efectuar la comparación de medias se evidenció que tales diferencias se hallaban entre las siguientes variedades: Victoria con respecto al BI-83, Gold-R, 911-R, RB-3030, RB-3006 y Te-dinero. El Te-y-75 con respecto al Gold-R, 911-R, RB-3030, RB-3006 y Te-dinero. El Te-y-77 con

respecto al Gold-R, 911-R, RB-3030, RB-3006 y Te-dinero. El Te-y-101-R con respecto al 911-R, RB-3030, RB-3006 y Te-dinero. El BI-83 con respecto al RB-3006 y Te-dinero. El Gold-R con respecto al RB-3006 y Te-dinero. El 911-R con respecto al RB-3006 y Te-dinero; y por último el RB-3030 con el RB-3006 y el Te-dinero (FIGURA 32A). Los grupos de similitud para este parámetro, fueron cinco, los cuales se observan en la FIGURA 32B.

El tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo córneo (FIGURAS 100-119), presentaron un rango de variación entre las variedades estudiadas, de 0.9 μm en la RB-3030 hasta 1.9 μm en el Te-y-101-R (FIGURA 33 y CUADRO II).

Los resultados del análisis de varianza, para el tamaño de los cuerpos de proteína, del endospermo córneo en las diez variedades, mostraron una diferencia significativa ($F=19.32$, $p<0.0001$). Al realizar la comparación de medias entre las variedades se encontró que las diferencias se encontraban entre las siguientes variedades: RB-3030 con respecto a la 911-R, Te-dinero, Te-y-75, RB-3006, Te-y-77, Victoria y Te-y-101-R. El Gold-R con respecto al Te-dinero, Te-y-75, RB-3006, Te-y-77, Victoria y Te-y-101-R. El BI-83 con respecto al Victoria y Te-y-101-R. El 911-R con Victoria y Te-y-101-R. El Te-dinero con el Te-y-101-R. El Te-y-75 con el Te-y-101-R. El RB-3006 con el Te-y-101-R; el Te-y-77 con el Te-y-101-R ; y por último la variedad Victoria con respecto a la Te-y-101-R (FIGURA 34A). Los grupos de

TAMAÑO DE LOS GRANULOS DE ALMIDON DEL ENDOSPERMO CORNEO *mm*

	Victoria	Te-v-75	Te-v-77	Te-v-101-R	BI-83	Gold-R	911-R	RB-3030	RB-3006	Te-dinero
Victoria										
Te-v-75										
Te-v-77										
Te-v-101-R										
BI-83	*									
Gold-R	*	*	*							
911-R	*	*	*	*						
RB-3030	*	*	*	*						
RB-3006	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Te-dinero	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

Figura 32A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorgo marcadas con asterisco, denotan una diferencia significativa ($F=35.50$, $p<.0001$) entre dichas variedades con respecto al tamaño de los granulos de almidón del endospermo córneo.

VARIEDAD	Victoria	Te-v-75	Te-v-77	Te-v-101-R	BI-83	Gold-R	911-R	RB-3030	RB-3006	Te-dinero
MEDIA	11.0560	11.9844	12.1036	12.4576	14.1560	14.6100	15.0000	16.2576	19.0852	19.2400

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

+++++

+++++

+++++

+++++

Figura 32B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al tamaño de los granulos de almidón del endospermo córneo.

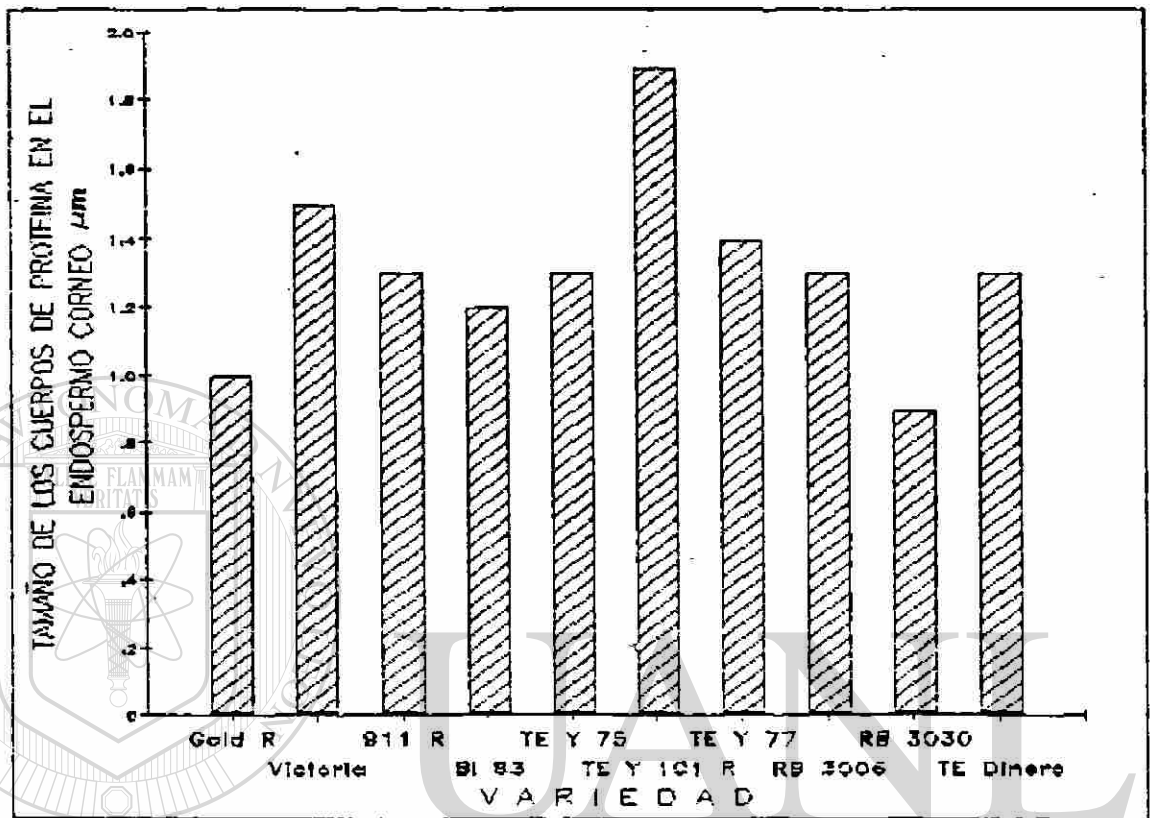


figura 33. Tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo córneo, en las diez variedades de sorgo.

similitud para este parámetro fueron cinco, los cuales se observan en la FIGURA 34B.

La porción del endospermo harinoso está formada por células flojamente empaquetadas. Los gránulos de almidón son esféricos y no están totalmente rodeados por la matriz proteica (FIGURAS 120-129).

La longitud de las células del endospermo harinoso (FIGURAS 84, 86 y 87), mostró un rango de variación entre las

TAMAÑO DE LOS CUERPOS DE PROTEINA DEL ENDOSPERMO CORNEO μm

	RB-3030	Gold-R	BI-83	911-R	Te-dinero	Te-v-75	RB-3006	Te-v-77	Victoria	Te-v-101-R
RB-3030										
Gold-R										
BI-83										
911-R	*									
Te-dinero	*	*								
Te-v-75	*	*								
RB-3006	*	*								
Te-v-77	*	*								
Victoria	*	*		*						
Te-v-101-R	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Figura 34A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorbo marcadas con un asterisco denotan una diferencia significativa ($F=19.32$, $p<.0001$) entre dichas unidades con respecto al tamaño de la proteína del endospermo córneo.

VARIEDAD	RB-3030	Gold-R	BI-83	911-R	Te-dinero	Te-v-75	RB-3006	Te-v-77	Victoria	Te-v-101-R
MEDIA	.9372	.9800	1.1708	1.2500	1.3248	1.3400	1.3416	1.3820	1.5400	1.8600

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 34B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que muestran similitud con respecto al tamaño de la proteína del endospermo córneo.

diez variedades, de 112.2 μm en la variedad Victoria a 168.0 μm en el RB-3006 (FIGURA 35 y CUADRO II).

Los resultados del análisis de varianza, para la longitud de las células del endospermo harinoso, en las diez variedades, mostraron una diferencia significativa ($F=3.93$, $p=0.0001$). Al efectuar la comparación de medias se observó que las diferencias se encontraban en la variedad Victoria con

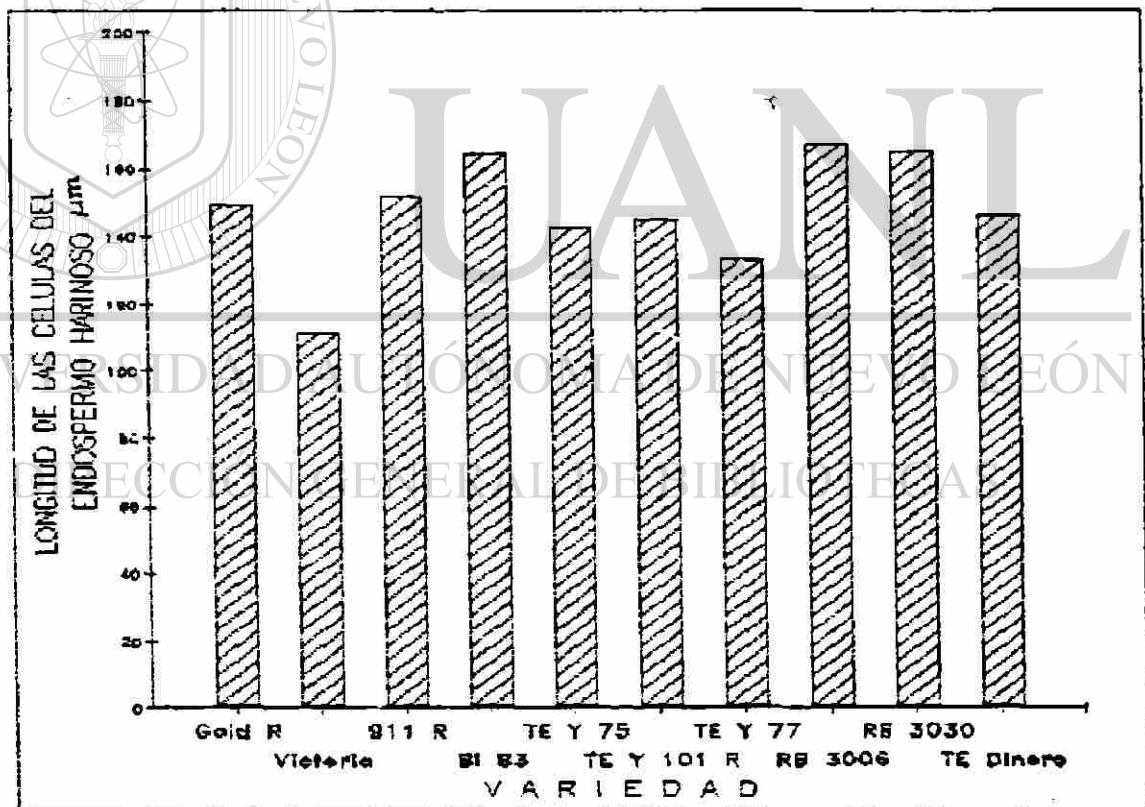


Figura 35. Longitud de las células del endospermo harinoso en los granos de diez variedades de sorgo.

respecto al Gold-R, BI-83, 911-R, RB-3030 y RB-3006 (FIGURA 36A). Los grupos de similitud de este parámetro fueron dos, los cuales se observan en la FIGURA 36B.

El ancho de las células del endospermo harinoso (FIGURA 6 Y HD), en las diez variedades, mostró un rango de variación de 59.2 μm en la variedad Victoria a 110.1 μm en la Gold-R (FIGURA 37 y CUADRO II).

Los resultados del análisis de varianza para el ancho de las células del endospermo harinoso, en las diez variedades, reflejaron una diferencia significativa ($F=9.47$, $p<0.0001$). Al efectuar la comparación de medias se detectó que las diferencias se encontraban entre las siguientes variedades: Victoria con respecto al RB-3006, BI-83, RB-3030, 911-R y Gold-R. El Te-y-77 con el RB-3030, 911-R y Gold-R. El Te-dinero con el Gold-R. El Te-y-75 con el Gold-R. El Te-y-101-R con el Gold-R. Y por último el RB-3006 con el Gold-R (FIGURA 38A). Los grupos de similitud sobre este parámetro fueron cuatro, los cuales se observan en la FIGURA 38B.

El tamaño de los gránulos de almidón del endospermo harinoso (FIGURAS 120 - 129), presentó un rango de variación de 8.0 μm en el Te-y-77 hasta 16.0 μm en el Te-dinero (FIGURA 39).

LONGITUD DE LAS CELULAS DEL ENDOSPERMO HARINOSO μm

	Victoria	Te-v-77	Te-y-75	Te-y-101-R	Te-dinero	Gold-R	911-R	BI-83	RB-3030	RB-3006
Victoria										
Te-v-77										
Te-y-75										
Te-y-101-R										
Te-dinero										
Gold-R		*								
911-R		*								
BI-83		*								
RB-3030		*								
RB-3006		*								

Figura 30A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorgo marcadas con un asterisco denotan una diferencia significativa ($F=3.92$, $p=0.0001$) entre dichas variedades con respecto a la longitud de las células del endospermo harinoso.

VARIEDAD	Victoria	Te-y-77	Te-y-75	Te-y-101-R	Te-dinero	Gold-R	911-R	BI-83	RB-3030	RB-3006
MEDIA	112.1840	133.9400	143.7240	145.7800	146.9640	150.5160	152.1840	164.8720	165.6120	167.9720

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 30B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que muestran similitud con respecto a la longitud de las células del endospermo harinoso.

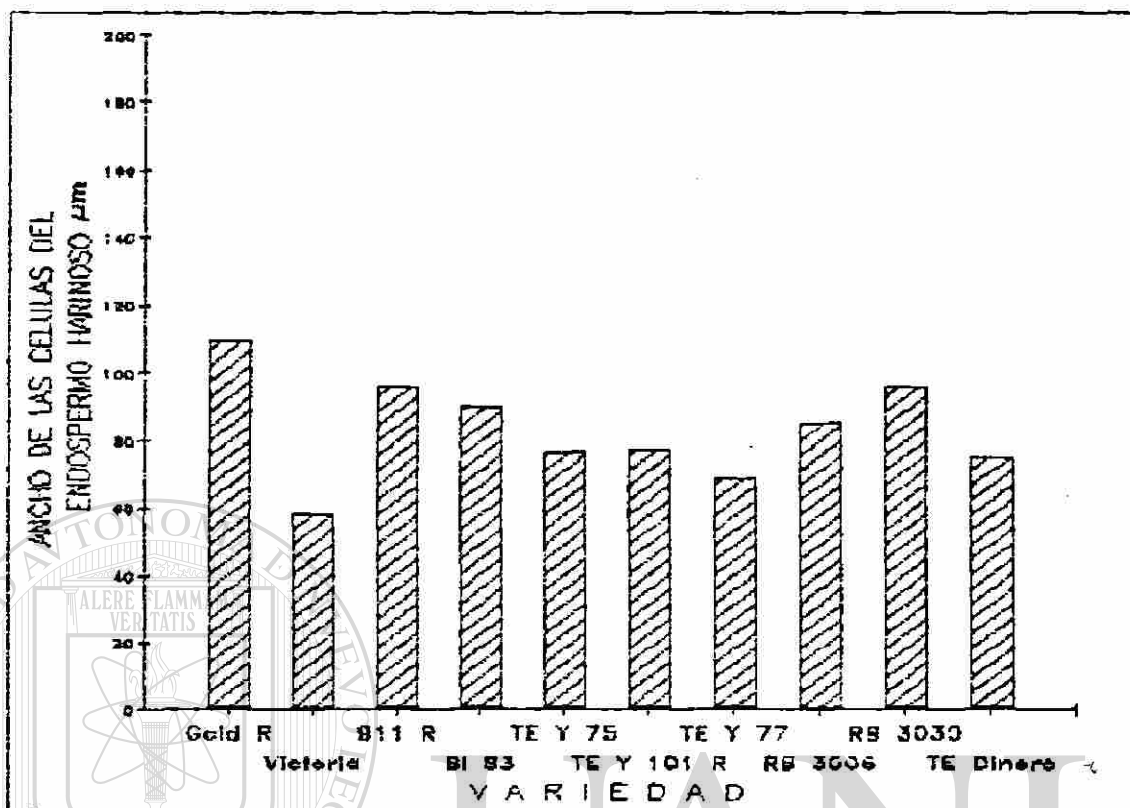


Figura 37. Ancho de las células del endospermo harinoso en los granos de diez variedades de sorgo.

Los resultados del análisis de varianza, para el tamaño de los gránulos de almidón del endospermo harinoso en las diez variedades, reflejaron una diferencia significativa ($F=3.81$, $p=0.0002$). Al efectuar la comparación de medias se detectó que las diferencias se encontraban entre las siguientes variedades: La Te-y-77 con respecto a la RB-3006, 911-R y Te-dinero; y por otra parte la variedad Victoria con respecto a la Te-dinero (FIGURA 40A). Los grupos de similitud formados con respecto a este parámetro fueron tres, los cuales se observan en la FIGURA 40B.

ANCHO DE LAS CELULAS DEL ENDOSPERMO HARINOSO μm

	Victoria	Te-y-77	Te-dinero	Te-y-75	Te-v-101-R	RB-3006	BI-B3	RB-3030	911-R	Gold-R
Victoria										
Te-y-77										
Te-dinero										
Te-y-75										
Te-v-101-R										
RB-3006	*									
BI-B3	*									
RB-3030	*	*								
911-R	*	*	*							
Gold-R	*	*	*	*	*	*	*			

Figura 38A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorgo marcado con asterisco, denotan una diferencia significativa ($F=9.47, p<0.0001$) entre dichas variedades con respecto al ancho de las células del endospermo harinoso.

VARIEDAD	Victoria	Te-y-77	Te-dinero	Te-y-75	Te-v-101-R	RB-3006	BI-B3	RB-3030	911-R	Gold-R
MEDIA	59.2000	69.7080	76.2200	77.7000	78.4400	85.4320	91.1680	97.2360	97.5440	110.1080

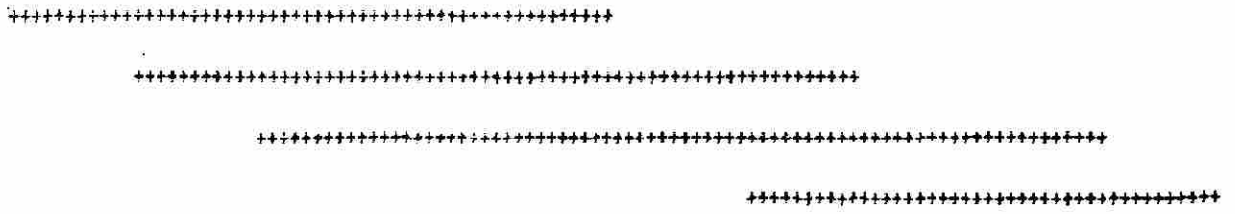


Figura 38B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al ancho de las células del endospermo harinoso.

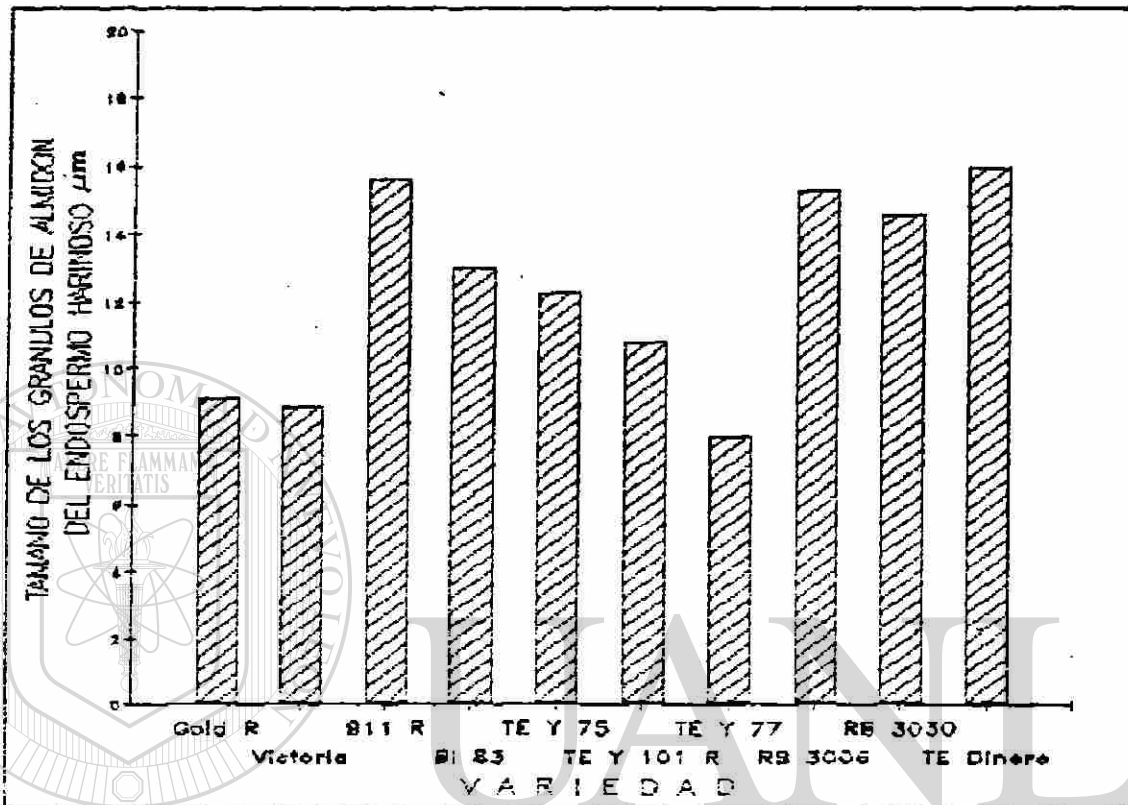


Figura 39. Tamaño de los granulos de almidon del endospermo

harinoso, en los granos de diez variedades de sorgo.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo harinoso (FIGURAS 120,121 y 123), reflejó un rango de variación de 1.2 μm en la variedad 911-R hasta 2.1 μm en las variedades Te-y-77 y Te-dinero (FIGURA 41).

Los resultados del análisis de varianza, para el tamaño de la proteína del endospermo harinoso, no mostraron diferencias significativas ($F=1.18$, $p=.3082$) entre las diez variedades de sorgo (FIGURA 42A).

TAMAÑO DE LOS GRANULOS DE ALMIDON DEL ENDOSPERMO HARINOSO μm

	Te-y-77	Victoria	Gold-R	Te-y-101-R	Te-y-75	BI-83	RB-3030	RB-3006	911-R	Te-dinero
Te-y-77										
Victoria										
Gold-R										
Te-y-101-R										
Te-y-75										
BI-83										
RB-3030										
RB-3006										
911-R										
Te-dinero										

Figura 40A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorgo marcadas con un asterisco denotan una diferencia significativa ($F=3.81, p=.0002$) entre dichas variedades con respecto al tamaño de los granulos de almidón del endospermo harinoso.

VARIEDAD	Te-y-77	Victoria	Gold-R	Te-y-101-R	Te-y-75	BI-83	RB-3030	RB-3006	911-R	Te-dinero
MEDIA	7.9964	8.8572	9.2220	10.7712	12.3240	13.0284	14.6368	15.3176	15.7000	16.0152

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 40B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al tamaño de los granulos de almidón.

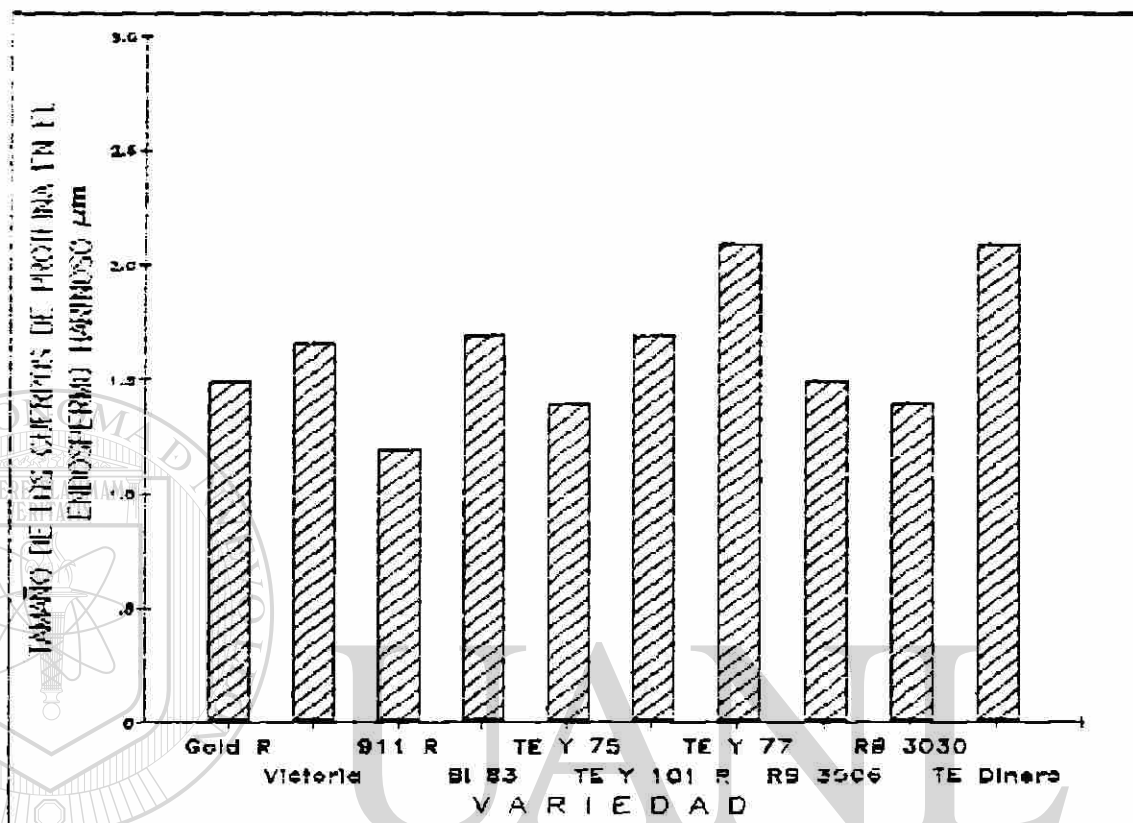


Figura 41. Tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo

harinoso, en los granos de diez variedades de sorgo.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TAMAÑO DE LOS CUERPOS DE PROTEINA DEL ENDOSPERMO HARINOSO μm

VARIEDAD	911-R	RB-3030	Te-y-75	RB-3006	Gold-R	Te-y-101-R	BI-83	Te-dinero	Te-y-77	Victoria
MEDIA	1.2124	1.4000	1.4012	1.5148	1.5436	1.6728	1.6732	2.0717	2.0840	7.7204

Figura 42A. Esta figura muestra que no se logró detectar ninguna diferencia significativa ($F=1.18$, $p=.3082$) entre las diez variedades de sorgo estudiadas con respecto al tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo harinoso.

La comparación en los parámetros de grosor de los elementos del pericarpio del grano de sorgo, en las variedades estudiadas, es mostrada en la FIGURA 43, donde se puede observar que hay diferencias entre las variedades y que entre los tres parámetros el que resultó más grueso fué el mesocarpio.

COMPARACION DEL GROSOR DE LOS ELEMENTOS DEL PERICARPIO ENTRE LAS 10 VARIEDADES

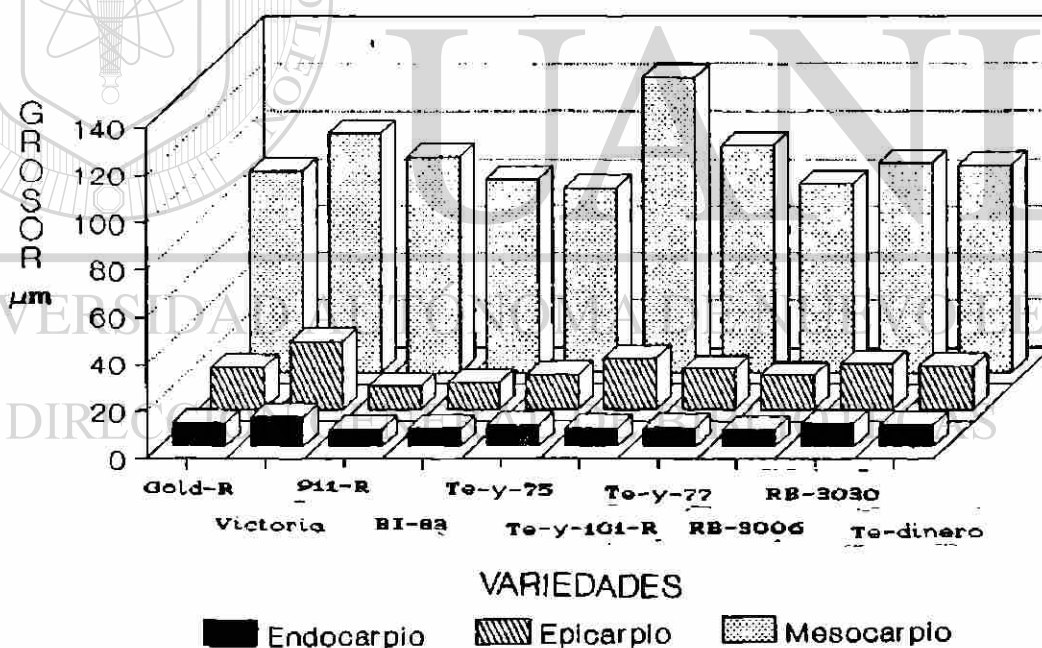


Fig. 43. Comparación del grosor de los elementos del pericarpio en los granos de diez variedades de sorgo.

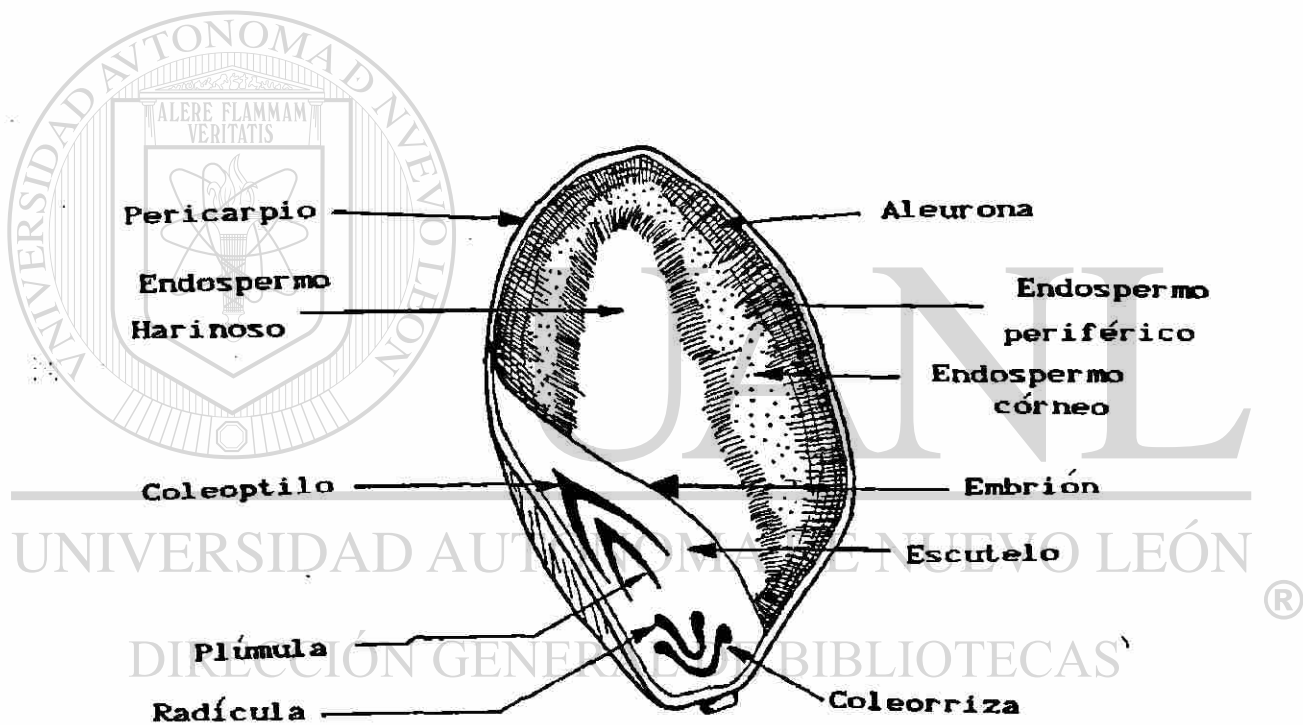


Figura 1. Esquema que muestra un corte longitudinal del grano de sorgo.

DESCRIPCION MORFOLOGICA DEL GRANO DE DIEZ
VARIETADES DE SORGO

Variedades	Color del grano	Brillo del grano	Forma del grano	Textura del endospermo	Color del endospermo	Aspecto del endospermo
Te-y-75	A	N	I,4	4	B	1
Te-y-77	A	N	I,4	3	B	1
Te-y-101-R	C	N	I,4	3	B	1
Master BI-83	C	B	I,4	3	B	1
Master RB-3006	C	B	I,4	3	B	1
Pronase RB-3030	C	B	I,4	3	B	1
Master Te-dinero	A	N	I,4	3	B	1
Master 911-R	A	B	I,4	3	B	1
Master Gold-R	A	N	I,4	4	B	1
Master Victoria	A	N	I,4	4	B	1

Color del grano
Brillo del grano
Forma del grano

B blanco, A amarillo, R rojo, C café, A ante.
B brillante, N no brillante.
I individual, D doble.
1 lanceolada, 2 obovate, 3 hexagona, 4 globosa.

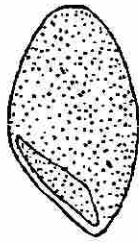
Textura del endospermo

1 completamente córneo, 2 casi córneo, 3 parcialmente córneo
4 casi córneo almidonado, 5 completamente almidonado.

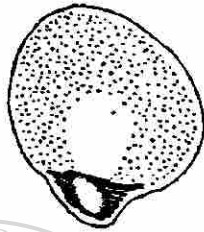
Color del endospermo
Aspecto del endospermo

B blanco, A amarillo, S sacarino
1 endospermo córneo: vitreo translucido y endospermo harinoso
balanco opaco.

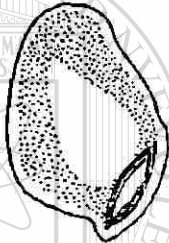
Nota: El aspecto vítreo translucido del endospermo córneo y blanco opaco del endospermo harinoso no está reportado por IBPGR (1980), sino a juicio personal.
Cuadro I Muestra la descripción morfológica del grano de diez variedades de sorgo según el sistema propuesto por, International Board for plant Genetic Resources (IBPGR), 1980.



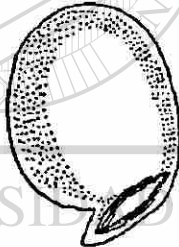
COMPLETAMENTE CORNEO



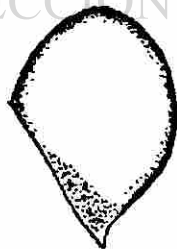
CASI CORNEO



PARCIALMENTE CORNEO



CASI CORNEO ALMIDONADO



COMPLETAMENTE ALMIDONADO

Figura 2 Clasificación de los tipos de endospermo en el grano de sorgo.

5.2. ESTUDIO ANATOMICO

Los cortes transversales de los granos de sorgo a nivel del embrión (FIGURA 3) fueron sometidos a observación bajo el microscopio óptico y el microscopio electrónico de barrido para determinar las medidas de diecinueve parámetros anatómicos. La información recabada se presenta en el CUADRO II. A estos datos se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA), y en los casos donde se detectaron diferencias se usó la prueba de Tukey para establecer que parejas de variables eran diferentes entre sí. Se obtuvieron grupos de similitud y se realizaron gráficas sobre cada parámetro en particular, así como también comparación de diferentes parámetros relacionados con las diez variedades.

El grosor del pericarpio para los granos de cada variedad, se obtuvo de las sumas de las medias del grosor del epicarpio, mesocarpio y endocarpio, por lo cual no se aplicó análisis de varianza y sólo se muestran los valores en el CUADRO II y en la FIGURA 4.

A continuación se presenta una breve descripción de los parámetros evaluados y los resultados obtenidos sobre los mismos.

5.2.1. ESTRUCTURA DEL GRANO

El grano de sorgo consiste de tres grandes porciones:

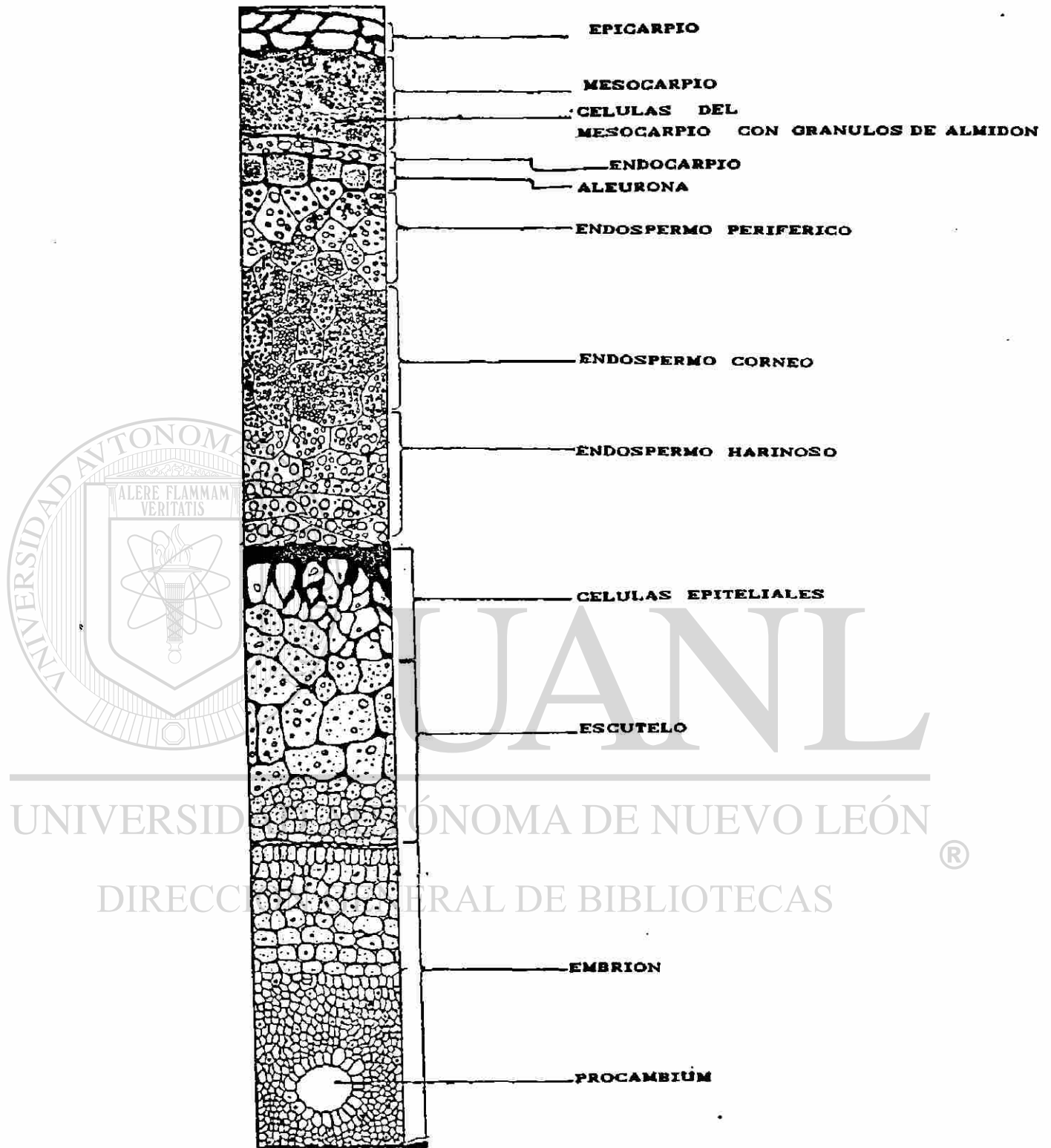
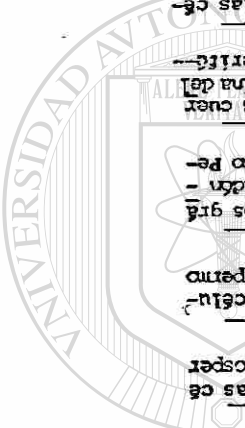


Figura 3. Esquema que muestra un corte transversal del grano de sorgo.



	Grosor del Epicarpio	Grosor del Mesocarpio	Longitud de las células del Mesocarpio	Tamaño de los granos de los almidón del Mesocarpio	Grosor del Endocarpio	Grosor del Pericarpio	Longitud de las células de la Aleurona	Ancho de las células de la Aleurona	Longitud de las células del Endospermo	Ancho de las células del Endospermo	Tamaño de los granos de los almidón del Endospermo	Tamaño de los cuernos de los cuernos del Endospermo	Tamaño de los cuernos de los cuernos del Endospermo	Longitud de las células del Endospermo	Ancho de las células del Endospermo	Tamaño de los granos de los almidón del Endospermo	Ancho de las células del Endospermo	Longitud de las células del Endospermo	Tamaño de los granos de los almidón del Endospermo	Ancho de las células del Endospermo	Longitud de las células del Endospermo	Tamaño de los granos de los almidón del Endospermo	Ancho de las células del Endospermo	
Sorbo Master Gold R	17.9	85.7	35.2	4.6	9.9	213.51	24.2	15.0	39.7	30.5	9.2	1.7	128.2	72.0	14.6	1.0	150.5	110.1	9.2	110.1	150.5	110.1	9.2	110.1
Sorbo Master Victoria	28.7	101.5	38.6	5.2	12.7	142.98	22.5	15.5	33.2	27.1	8.1	1.4	120.5	66.5	11.1	1.5	112.2	59.2	8.9	59.2	112.2	59.2	8.9	59.2
Sorbo Master 911 R	9.9	91.5	48.7	4.3	7.4	108.78	23.3	16.9	41.1	36.0	11.4	2.4	127.1	47.1	15.0	1.3	152.2	97.5	15.7	97.5	152.2	97.5	15.7	97.5
Sorbo Master BI-63	11.4	82.0	45.1	4.0	7.5	100.94	21.8	16.1	35.2	31.0	9.5	2.2	103.2	50.6	14.2	1.2	164.9	91.2	13.0	91.2	164.9	91.2	13.0	91.2
Sorbo Master Te-y-75	14.7	78.3	40.1	4.5	9.2	102.12	29.0	13.6	43	39.4	10.6	1.9	113.1	58.0	12.0	1.3	143.7	77.7	12.3	77.7	143.7	77.7	12.3	77.7
Sorbo Master Te-y-101-R	21.6	124.8	46.9	4.8	7.8	154.22	26.0	16.1	47.8	24.0	6.5	1.4	129.9	59.8	12.5	1.9	145.8	78.4	10.8	78.4	145.8	78.4	10.8	78.4
Sorbo Master Te-y-77	17.5	96.5	48.8	3.5	8.1	122.10	24.0	13.9	41.7	29.0	11.2	1.6	110.1	49.0	12.1	1.4	133.9	69.7	8.0	69.7	133.9	69.7	8.0	69.7
Sorbo Master FU 3006	14.5	80.4	46.9	4.4	7.4	102.27	23.4	14.8	40.5	25.0	8.4	1.4	124.1	70.9	19.1	1.3	168.0	86.4	15.3	86.4	168.0	86.4	15.3	86.4
Sorbo Master M3 3030	19.7	89.2	43.7	4.0	10.2	119.07	24.9	12.9	44.4	38.8	12.6	1.5	118.1	72.7	16.3	.9	165.6	97.2	14.6	97.2	165.6	97.2	14.6	97.2
Sorbo Master Te-Jinarc	18.6	88.5	40.6	4.4	9.3	116.48	25.0	16.4	27.3	36.0	10.1	1.8	102.9	73.1	19.2	1.3	147.0	76.2	16.0	76.2	147.0	76.2	16.0	76.2

Cuadro II Presenta los promedios en micras del estudio anatómico de los diferentes parámetros evaluados en el grano de sorgo de las diez variedades.

el pericarpio, el germen y el endospermo (FIGURA 1). El pericarpio incluye el epicarpio, mesocarpio y endocarpio (FIGURA 3).

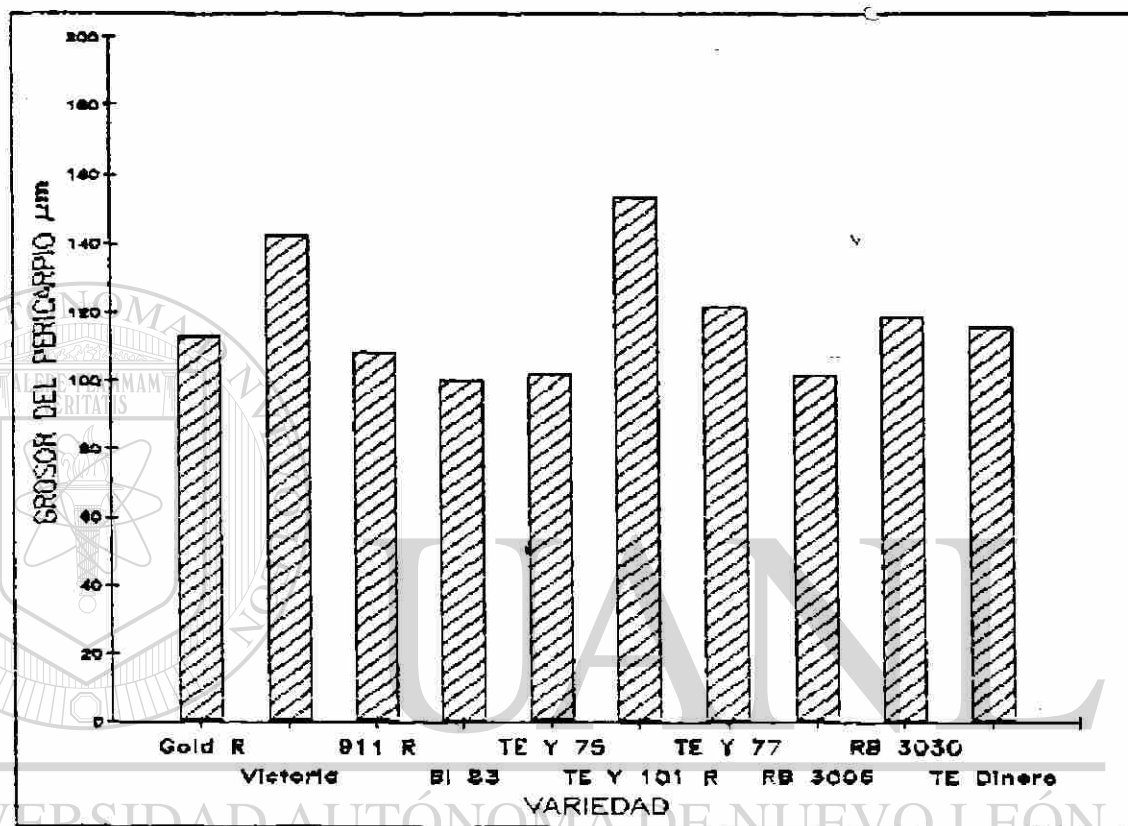


Figura 4. Grosor del pericarpio en los granos de diez

variedades de sorgo.

En el grano, el grosor del pericarpio suele variar. Las áreas cerca del estilo y cerca del hilum son más gruesas que las de los lados del grano.

El grosor del pericarpio en las variedades estudiadas, presentó un rango de variación desde 100.94 μm en la variedad

BI-83 a 154.22 μm en la variedad Te-y-101-R (FIGURA 4 y CUADRO II).

El epicarpio generalmente está formado por dos o tres capas de espesor y consiste de células largas y rectangulares, las cuales contienen pigmentos (FIGURA 3).

En los granos estudiados, las mediciones del epicarpio se tomaron en el área comprendida del lado del endospermo, habiendo una variación de grosor desde 9.9 μm en la variedad 911-R a 28.7 μm en la variedad Victoria (FIGURA 5 y CUADRO II).

Los resultados del análisis de varianza para el grosor del epicarpio en las diez variedades, mostraron que hubo diferencias significativas ($F=5.61$, $P<0.0001$). Asimismo al realizar la comparación de medias se observó como diferente la variedad Victoria con respecto a la 911-R, BI-83, RB-3006, Te-y-75, Te-y-77 y Gold R y por otra parte el 911-R con la Te-y-101-R (FIGURA 6A). Las variedades que mostraron similitud con respecto a este parámetro, formaron tres grupos, los cuales son mostrados en la FIGURA 6B.

El mesocarpio es el área comprendida entre el epicarpio y el endocarpio. El grosor del mesocarpio, está determinado por la presencia o ausencia de los gránulos de almidón en esta capa (FIGURA 90, FIGURA 3 y FIGURA 81). Todas las variedades bajo estudio, presentaron un mesocarpio formado por células con gránulos de almidón (FIGURAS 90-99).

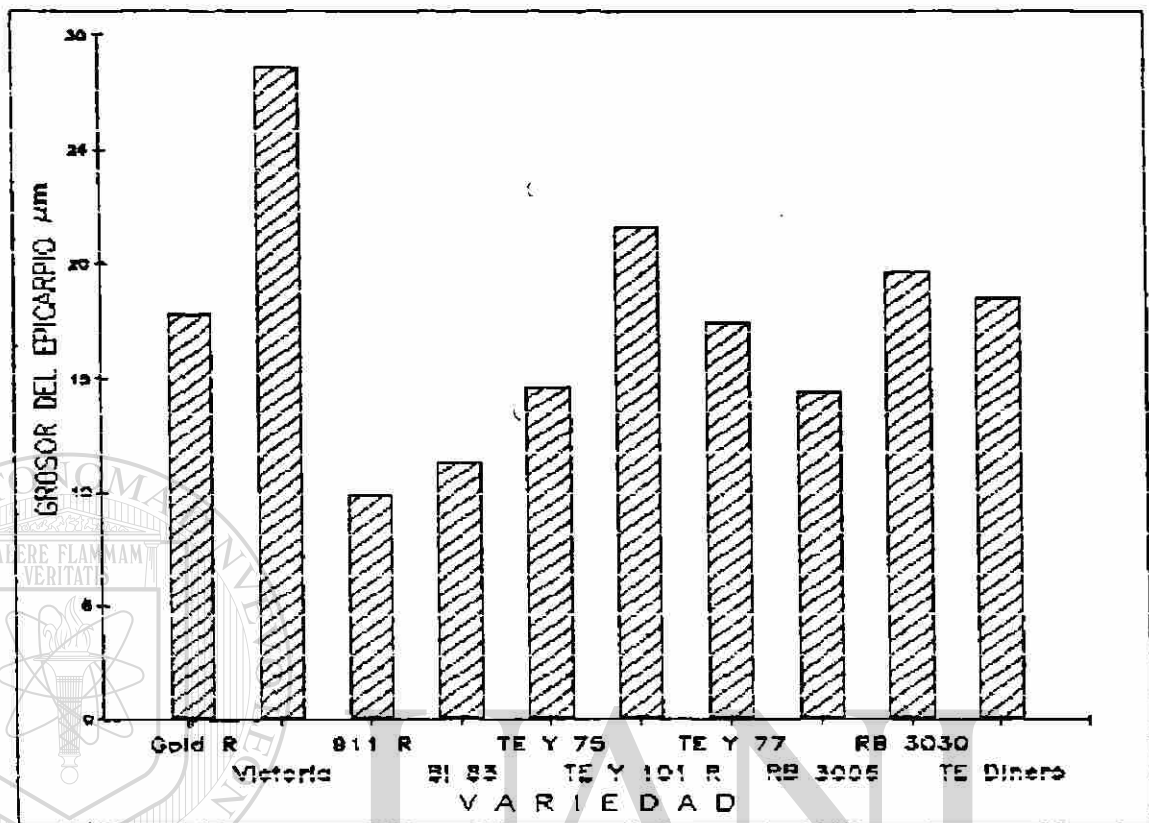


Figura 5. Grosor del epicarpio en los granos de diez variedades de sorgo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

En los granos estudiados las mediciones del mesocarpio, fueron hechas del lado del endospermo, encontrándose una variación de 78.3 μm en el Te-y-75 hasta 124.8 μm en el Te-y-101-R (FIGURA 7 y CUADRO II).

Los resultados del análisis de varianza para el grosor del mesocarpio mostraron diferencias significativas entre las variedades (F=3.35 y una p=0.0007). Al aplicar la comparación de medias se encontró como diferente a la variedad Te-y-75 con respecto a las variedades Te-y-101-R, RB-3006, BI-83, Gold-R,

GROSOR DEL EPICARPIO μm

	911-R	BI-83	RB-3006	Te-y-75	Te-y-77	Gold-R	Te-dinero	RB-3030	Te-y-101-R	Victoria
911-R										
BI-83										
RB-3006										
Te-y-75										
Te-y-77										
Gold-R										
Te-dinero										
RB-3030										
Te-y-101-R	*									
Victoria	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Figura 6A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorgo marcadas con asterisco, denotan una diferencia significativa ($F=5.61$, $p<.0001$) entre dichas variedades con respecto al grosor del epicarpio.

VARIEDAD	911-R	BI-83	RB-3006	Te-y-75	Te-y-77	Gold-R	Te-dinero	RB-3030	Te-y-101-R	Victoria
MEDIA	9.9160	11.3960	14.5040	14.6520	17.4640	17.9080	18.5430	19.6840	21.6080	28.7120

+++++

+++++

+++++

Figura 6B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al grosor del epicarpio.

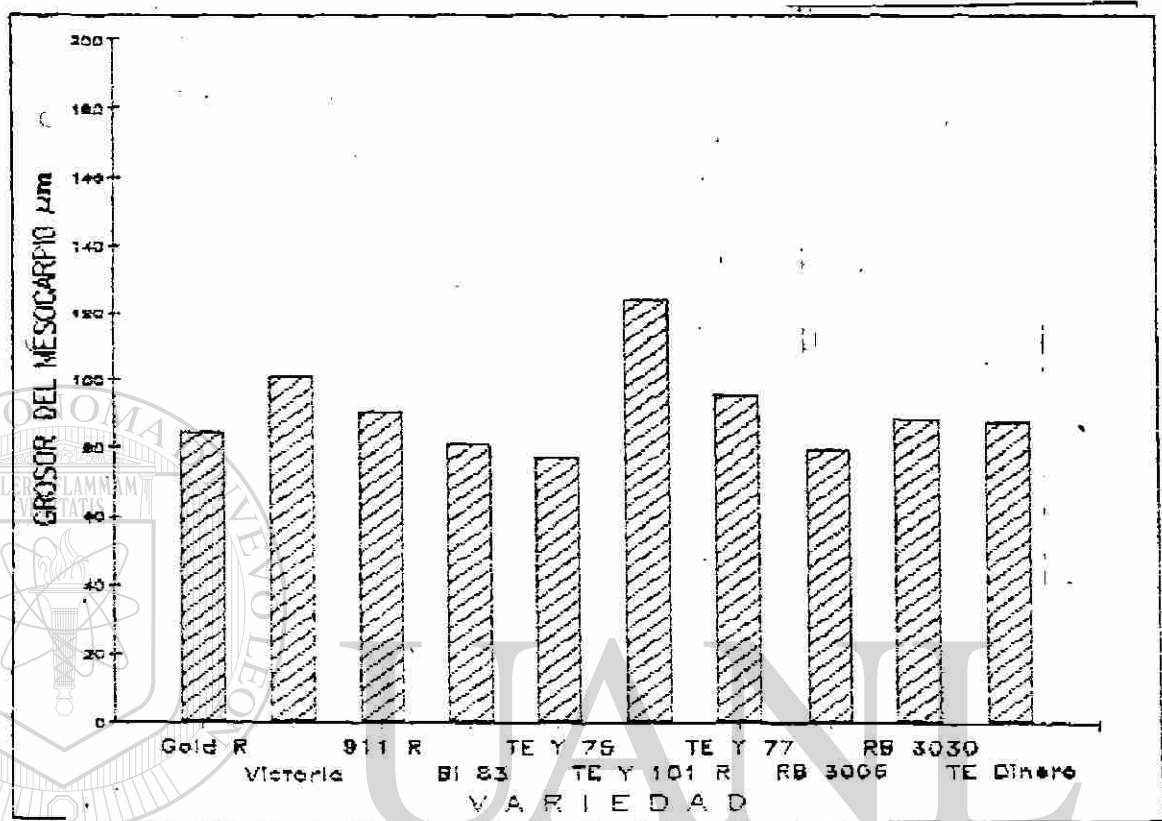


Figura 7. Grosor del mesocarpio en los granos de diez variedades de sorgo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Te-dinero y RB-3030 (FIGURA 8A). Para este parámetro se formaron dos grupos de similitud, los cuales se observan en la FIGURA 8B.

Los valores obtenidos para la longitud de las células del mesocarpio, estuvieron en un rango desde 35.2 μm en el Gold-R, hasta 48.8 μm en el Te-y-77 (FIGURA 9).

GROSOR DEL MESOCARPIO μm

	Te-v-75	RB-3006	BI-83	Gold-R	Te-dinero	RB-3030	911-R	Te-v-77	Victoria	Te-v-101-R
Te-v-75										
RB-3030										
BI-83										
Gold-R										
Te-dinero										
RB-3030										
911-R										
Te-v-77										
Victoria										
Te-v-101-R	*	*	*	*	*	*				

Figura 8A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorbo marcadas con asterisco denotan una diferencia significativa ($F=3.35$, $p=0.0007$) entre dichas variedades con respecto al grosor del mesocarpio.

VARIEDAD	Te-v-75	RB-3006	BI-83	Gold-R	Te-dinero	RB-3030	911-R	Te-v-77	Victoria	Te-v-101-R
MEDIA	78.2920	80.3640	81.9950	85.6920	88.5040	89.1720	91.4640	96.4960	101.5400	124.7640

Figura 8B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al grosor del mesocarpio.

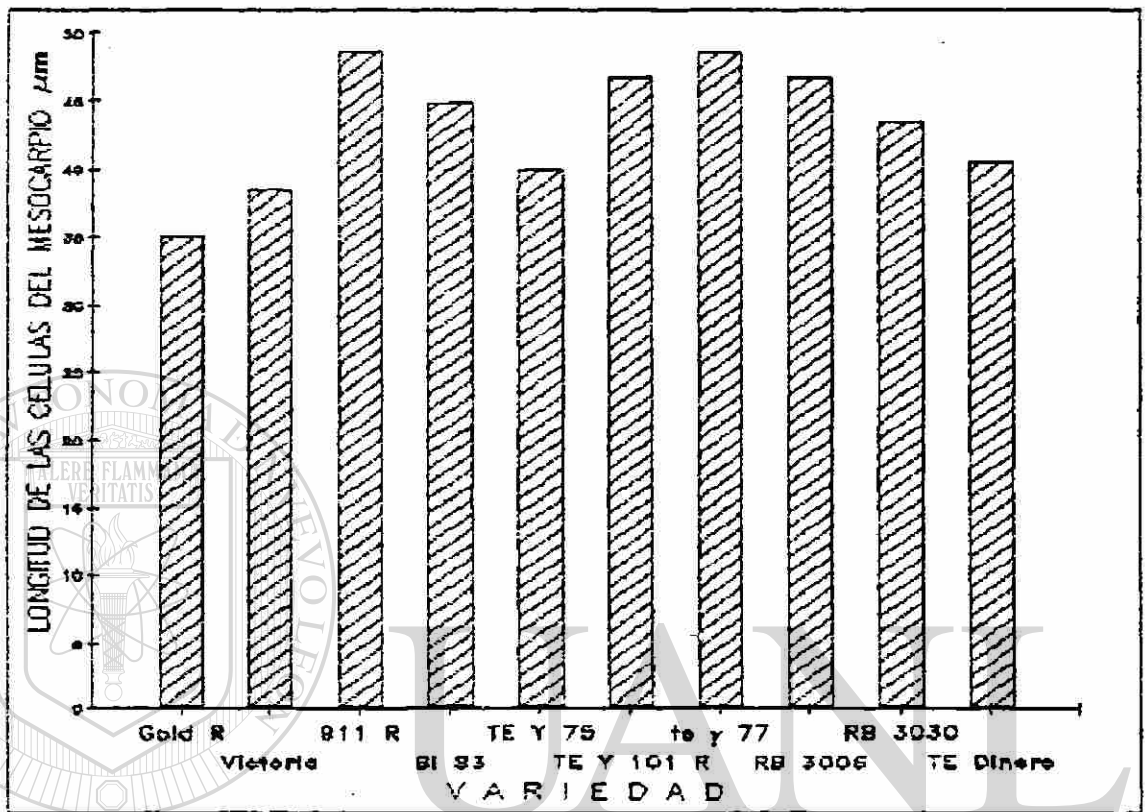


Figura 9. Longitud de las células del mesocarpio en los granos de diez variedades de sorgo.

El resultado del análisis de varianza para la longitud de las células del mesocarpio, mostró diferencias significativas entre las variedades de sorgo estudiadas ($F=3.91$, $p=0.0001$). Al aplicar la comparación de medias se obtuvo como diferente a la variedad Gold-R con respecto a las variedades Te-y-101-R, RB-3006, 911-R y Te-y-77 (FIGURA 10A). Se formaron dos grupos de similitud, los cuales se observan en la FIGURA 10B.

LONGITUD DE LAS CELULAS DEL MESOCARPIO μm

	Gold-R	Victoria	Te-v-75	Te-dinero	RB-3030	BI-83	Te-v-101-R	RB-3006	911-R	Te-v-77
Gold-R										
Victoria										
Te-v-75										
Te-dinero										
RB-3030										
BI-83										
Te-v-101-R	*									
RB-3006	*									
911-R	*									
Te-v-77	*									

Figura 10A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorgo marcadas con un asterisco denotan una diferencias - significativa ($F=3.91, p=0.001$) entre dichas variedades con respecto a la longitud de las células del mesocarpio.

VARIEDAD	Gold-R	Victoria	Te-v-75	Te-dinero	RB-3030	BI-83	Te-v-101-R	RB-3006	911-R	Te-v-77
MEDIA	35.2240	38.5280	40.1080	40.5520	43.6800	45.1400	46.9160	46.9160	48.6640	48.8400

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 10B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto a la longitud de las células del mesocarpio.

El tamaño de los gránulos de almidón del mesocarpio (FIGURA 93), varió en un rango de 3.5 μm en la variedad Te-y-77, hasta 5.2 μm en la variedad Victoria (FIGURA 11 y CUADRO II). Los resultados del análisis de varianza para el tamaño de los gránulos de almidón del mesocarpio, mostraron la existencia de diferencias significativas entre la variedades estudiadas ($F=2.40$, $p=.0129$). Al aplicar la comparación de medias se encontró que la diferencia está solamente entre las variedades Te-y-77 y Victoria (FIGURA 12A). Para este parámetro se formaron 2 grupos de similitud, los cuales se observan en la FIGURA 12B.

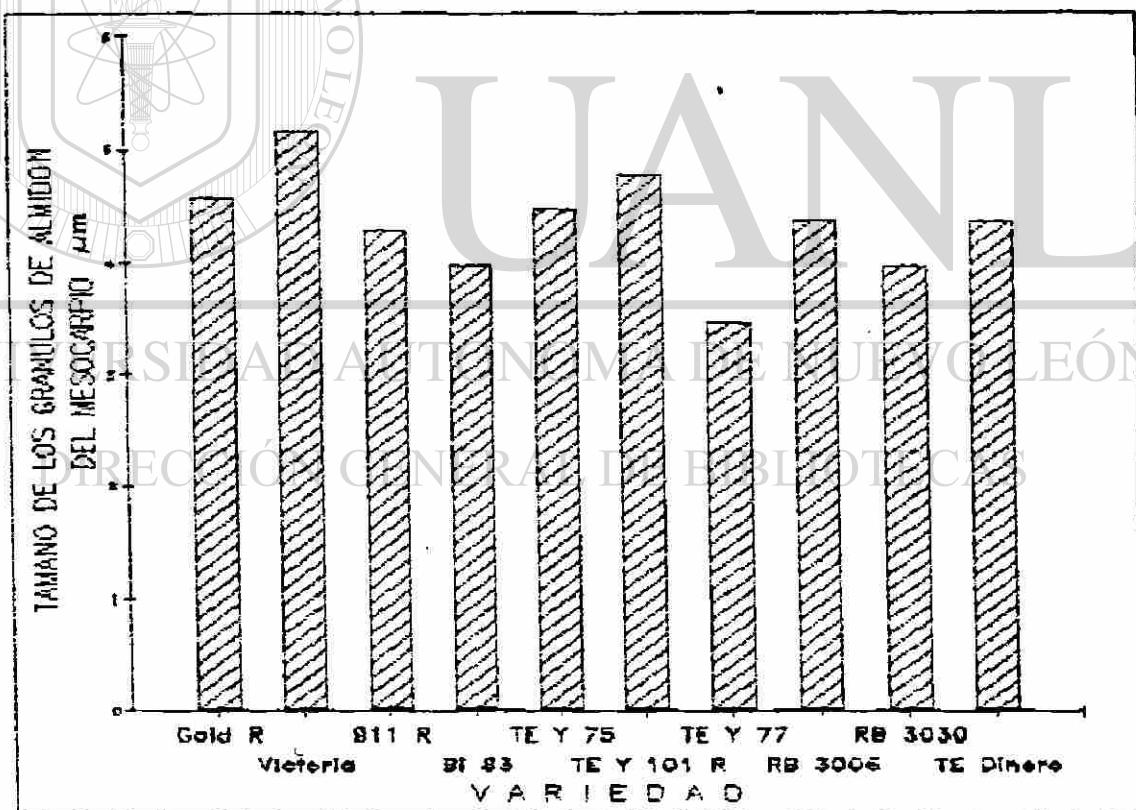


Figura 11. Tamaño de los gránulos de almidón del mesocarpio en los granos de diez variedades de sorgo.

La comparación en los parámetros de grosor de los elementos del pericarpio del grano de sorgo, en las variedades estudiadas, es mostrada en la FIGURA 43, donde se puede observar que hay diferencias entre las variedades y que entre los tres parámetros el que resultó más grueso fué el mesocarpio.

COMPARACION DEL GROSOR DE LOS ELEMENTOS DEL PERICARPIO ENTRE LAS 10 VARIEDADES

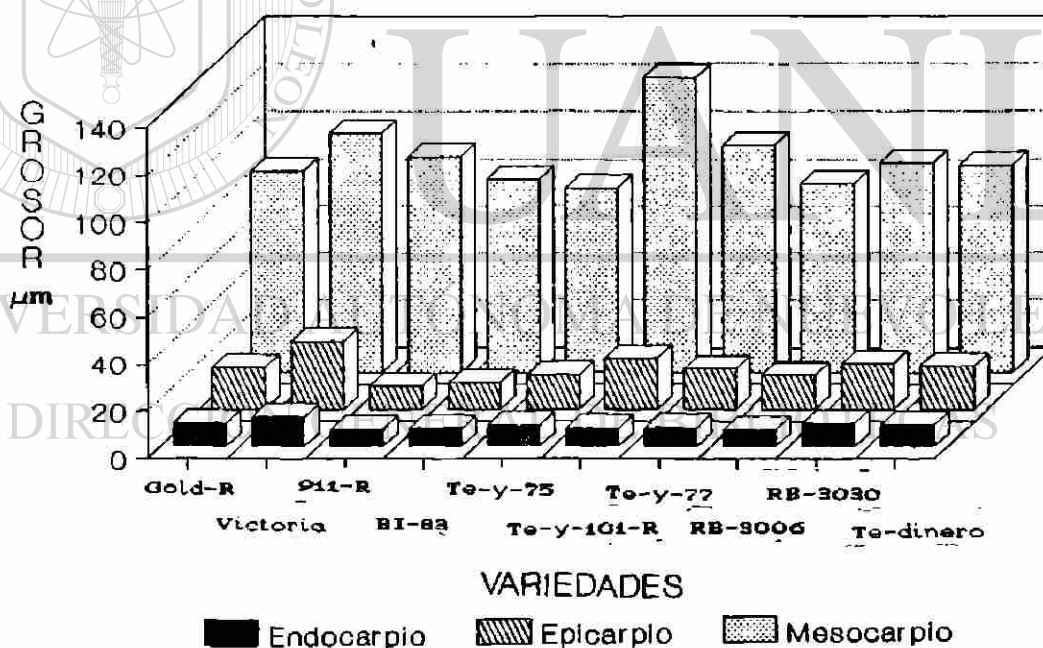


Fig. 43. Comparación del grosor de los elementos del pericarpio en los granos de diez variedades de sorgo.

La comparación entre los parámetros de longitud de diferentes estructuras del grano de sorgo, en las diez variedades, es mostrada en la FIGURA 44, demostrando que la longitud varía en las diferentes partes del grano, como entre las variedades. Las células que presentaron una mayor longitud fueron las del endospermo harinoso, seguidas del endospermo córneo, mesocarpio, endospermo periférico y aleurona.

COMPARACION DE LA LONGITUD EN DIFERENTES ESTRUCTURAS DEL GRANO DE SORGO

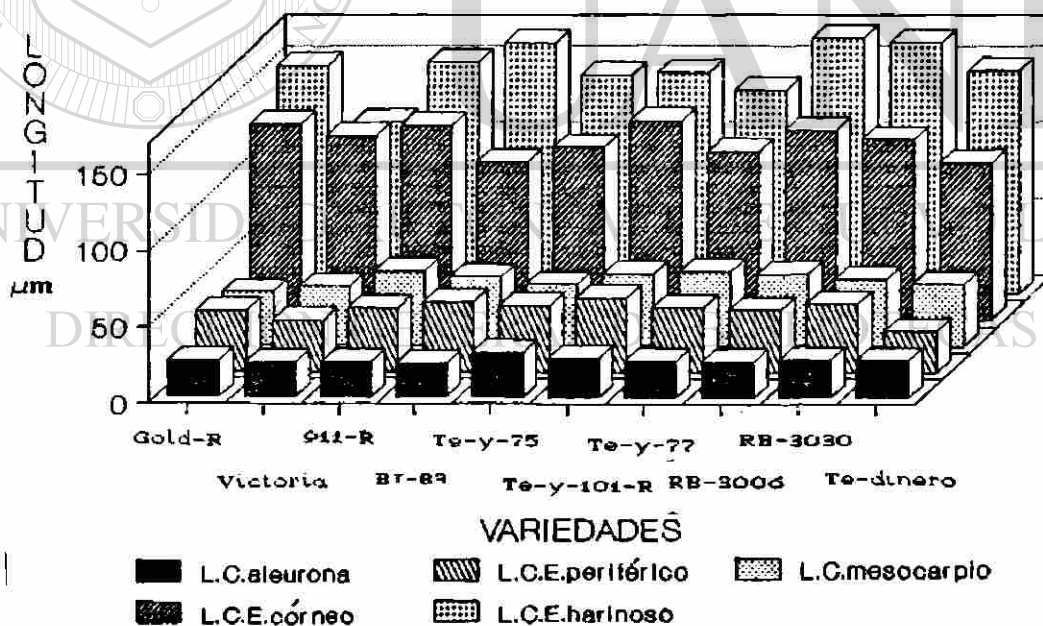


Figura 44. Comparación de la longitud en diferentes estructuras en los granos de diez variedades de sorgo.

La comparación entre los parámetros de ancho de diferentes estructuras del grano de sorgo, en las diez variedades, aparece en la FIGURA 45, demostrando que el ancho de las células varía en las células de la aleurona y porciones del endospermo córneo y harinoso, así como también se puede observar que hay diferencias entre las variedades. Las células que resultaron más anchas fueron las del endospermo harinoso, seguidas del endospermo córneo, periférico y aleurona.

COMPARACION DEL ANCHO DE DIFERENTES ESTRUCTURAS DEL GRANO DE SORGO

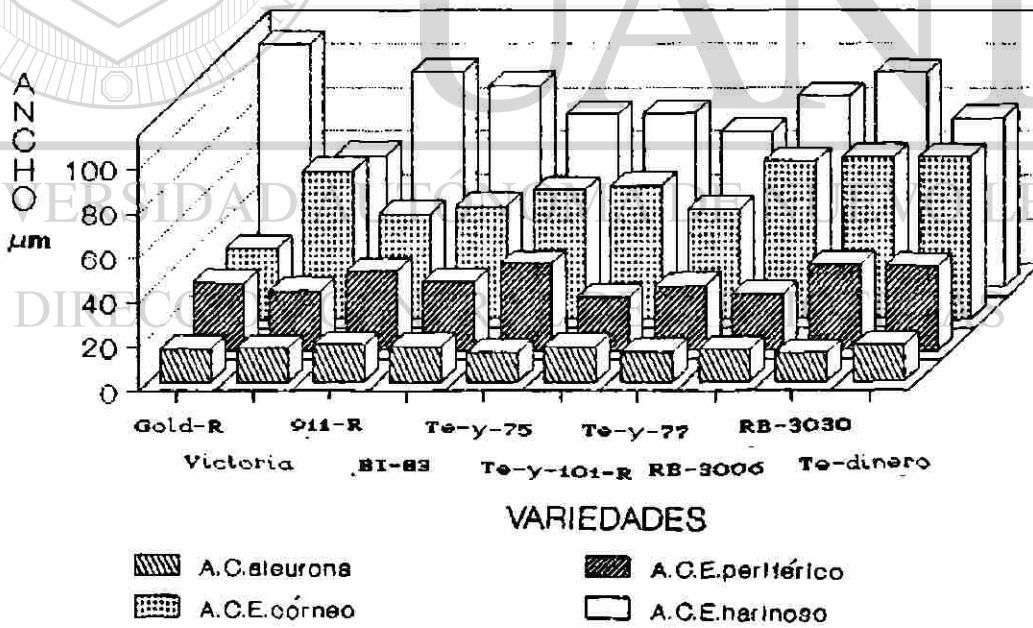


Figura 45. Comparación del ancho de diferentes estructuras, en los granos de diez variedades de sorgo.

La comparación en los parámetros del tamaño de los gránulos de almidón en el mesocarpio y endospermo, en las variedades bajo estudio, es presentada en la FIGURA 46, demostrando que el tamaño del gránulo de almidón varía en las diferentes partes de la semilla, así como entre las variedades. Siendo de un tamaño más grande en el endospermo córneo, seguido del harinoso, periférico y mesocarpio.

COMPARACION DEL TAMAÑO DE ALMIDON EN MESOCARPIO Y ENDOSPERMO

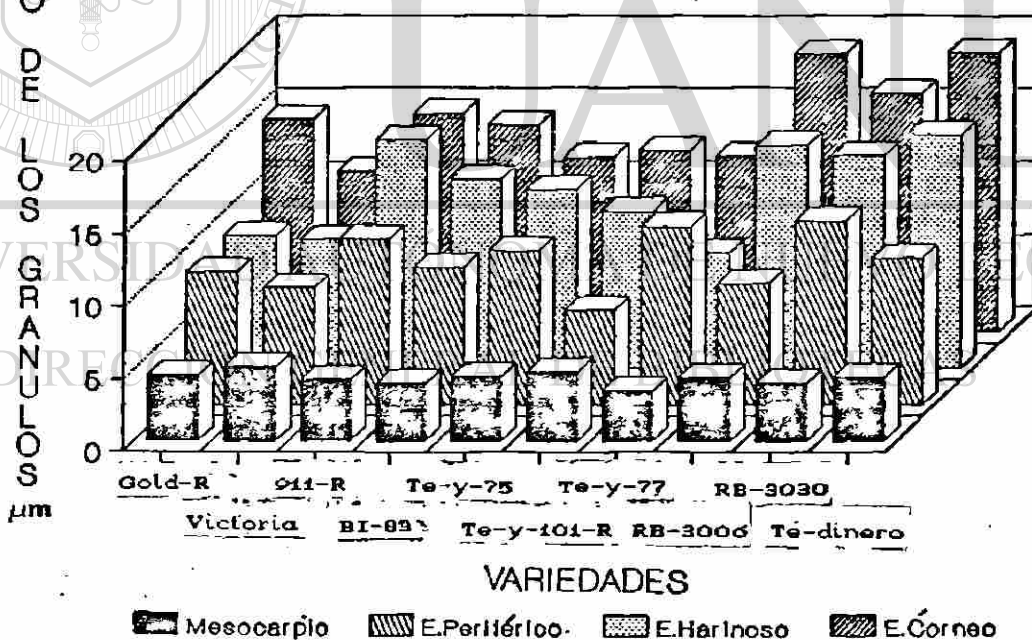


Figura 46. Comparación del tamaño del gránulo de almidón en el mesocarpio y endospermo en los granos de diez variedades de sorgo.

La comparación en los parámetros del tamaño de los cuerpos de proteína en los tres endospermos, para todas las variedades, aparece en la FIGURA 47, demostrando que el tamaño de los cuerpos de proteína varía en los tres tipos de endospermo, así como entre las variedades. Resultando el tamaño más grande en el endospermo periférico seguido del endospermo harinoso y córneo.

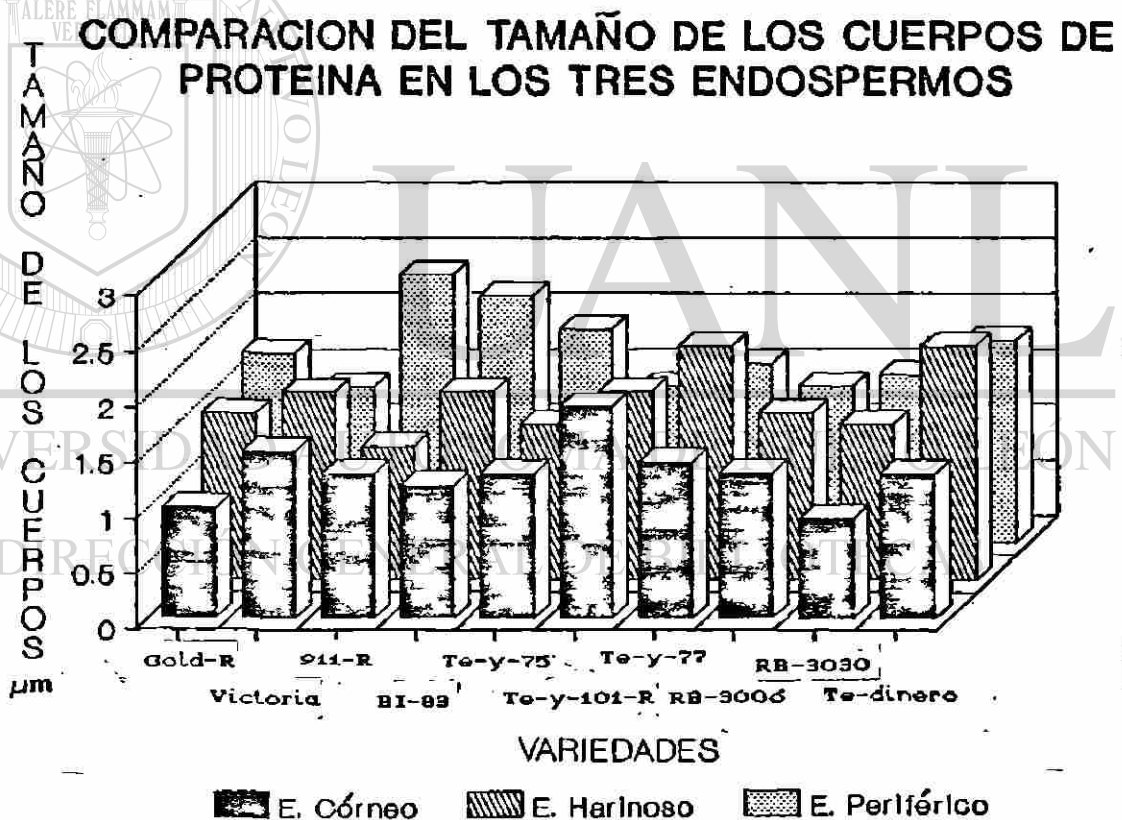


Figura 47. Comparación del tamaño de los cuerpos de proteína en los tres endospermos de granos de diez variedades de sorgo.

5.3. ESTUDIO QUIMICO Y NUTRICIONAL

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el análisis químico y nutricional del grano de las diez variedades (CUADRO III)..

En el grano de sorgo, los aceites están concentrados en el germen, pericarpio y capa de aleurona, estos son importantes como reserva de energía.

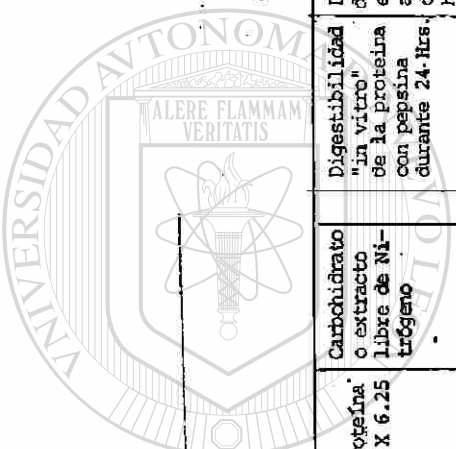
El porcentaje de grasas que presentaron los granos de las diez variedades fué en un rango de 2.76% en el RB-3006 a 3.75% en el Te-dinero (FIGURA 48 y CUADRO III).

Los resultados de análisis de varianza para grasa, muestran diferencias significativas entre las variedades (F=6.70, p=.0027). Al aplicar la prueba de comparación de

medias se encontró que las diferencias se encontraban entre las variedades siguientes: Te-dinero con respecto al Te-y-101-R, 911-R, Te-y-77, RB-3030 y RB-3006; y por otra parte el Gold-R con el el RB-3006 (FIGURA 49A).

Las variedades que mostraron similitud estuvieron integradas en tres grupos, los cuales se observan en la FIGURA 49B.

En el grano de sorgo, la fibra cruda o celulosa representa la parte no digerible de los alimentos de origen vegetal. Su presencia en la dieta es indispensable porque estimula el peristaltismo intestinal. Por esta razón se le considera un factor correctivo de la alimentación.



COMPOSICIÓN QUÍMICA

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

Variedad	Grasa %	Fibra %	Ceniza %	Humedad %	Contenido de Almidón %	Proteína N X 6.25 %	Carbhidrato o extracto libre de Nitrógeno %	Digestibilidad "in vitro" de la proteína con pepsina durante 24 Hrs.	Digestibilidad de la proteína animal fistula durante 24 horas	Digestibilidad del almidón en el rumen de un animal fistula durante 24 horas	Contenido de tanino como equivalente de catequina en mg/gr.	Calorías Totales por elmg todo de los factores -- Atwater K cal
Sorgo Master Colá R	3.52	7.4	1.42	10.8	64.7	10.02	77.65	70.0	32.09	61.62	2.93	382.34
Sorgo Master Victoria	3.31	2.77	1.77	15.2	61.75	10.03	82.13	77.6	38.81	66.65	5.02	398.37
Sorgo Master 911 R	3.04	2.65	1.57	13.4	63.5	9.62	83.07	60.4	27.18	60.62	5.98	398.64
Sorgo Master BI 83	3.28	2.31	1.7	11.9	63.20	11.41	81.30	47.8	28.7	54.75	6.66	400.30
Sorgo Master Te-y-75	3.24	4.14	1.62	14.6	60.65	10.71	80.31	70.1	30.19	65.11	2.50	393.16
Sorgo Master Te-y-101-R	3.16	7.72	1.25	11.7	60.85	9.62	78.18	49.0	33.95	54.46	10.16	380.36
Sorgo Master Te-y-77	3.01	3.01	1.91	14.7	61.50	10.0	82.91	56.0	35.77	55.76	4.05	398.67
Sorgo Master RB 3006	2.76	3.81	1.53	15.8	64.20	9.44	82.48	55.3	24.59	62.8	8.69	392.44
Sorgo Master RB 3030	2.78	2.73	1.62	10.8	64.05	11.43	81.46	52.6	23.81	56.53	8.96	396.52
Sorgo Master Ta número	3.75	8.4	1.17	12.4	64.10	9.01	77.68	55.6	36.82	60.49	3.83	380.49

Cuadro III Muestra los resultados de la composición química y nutricional de diez diferentes variedades de grano de sorgo

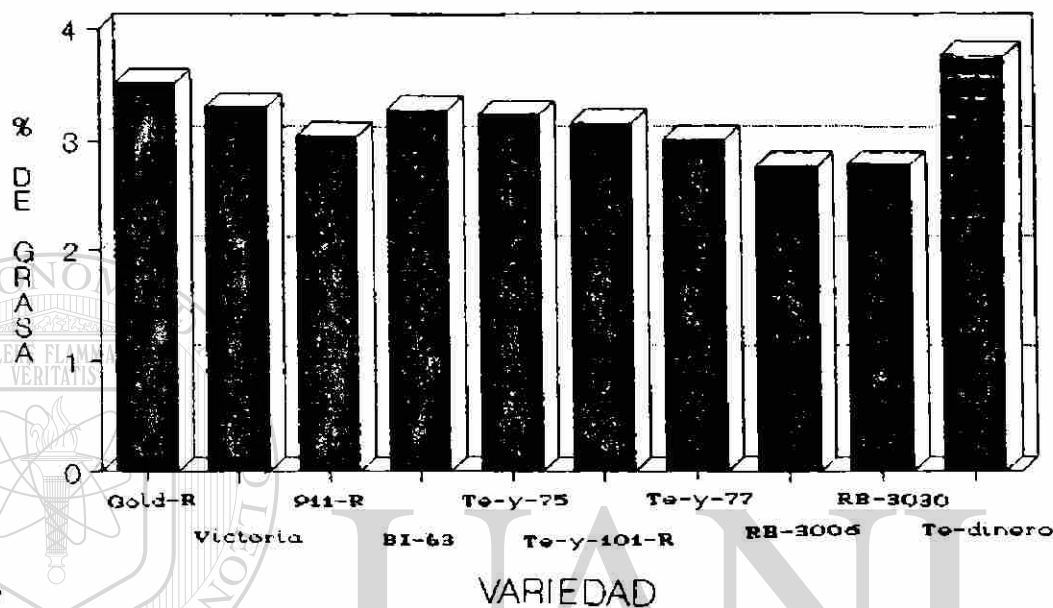


Figura 48. Porcentaje de grasas en los granos de diez variedades

de sorgo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

El porcentaje de fibra que presentaron los granos de las diez variedades, fué en un rango de 2.18% en la Te-y-77 a 8.4% en el Te-dinero (FIGURA 50 y CUADRO III).

Los resultados del análisis de varianza para fibra, muestran una diferencia significativa ($F=38.98$, $p=0.0001$). Al aplicar la comparación de medias se reveló que las diferencias se encuentran entre las variedades siguientes: Te-dinero respecto al Te-y-75, RB-3006, 911-R, Te-y-77, RB-3030, Victoria y BI-83. El Te-y-101-R con respecto al Te-y-75,

G R A S A

	Te-dinera	Gold-R	BI-83	Victoria	Te-v-75	Te-v-101-R	911-R	Te-v-77	RB-3030	RB-3006
Te-dinera										
Gold-R										
BI-83										
Victoria										
Te-v-75										
Te-v-101-R						*				
911-R							*			
Te-v-77								*		
RB-3030									*	
RB-3006										*

Figura 49A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorbo marcadas con asterisco, denotan una diferencia significativa ($F=6.99$, $p<.0027$) entre dichas variedades con respecto al extracto etereo.

VARIEDAD	Te-dinera	Gold-R	BI-83	Victoria	Te-v-75	Te-v-101-R	911-R	Te-v-77	RB-3030	RB-3006
MEDIA	3.75	3.52	3.28	3.31	3.24	3.16	3.04	3.01	2.78	2.76

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 49B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al contenido de extracto etereo.

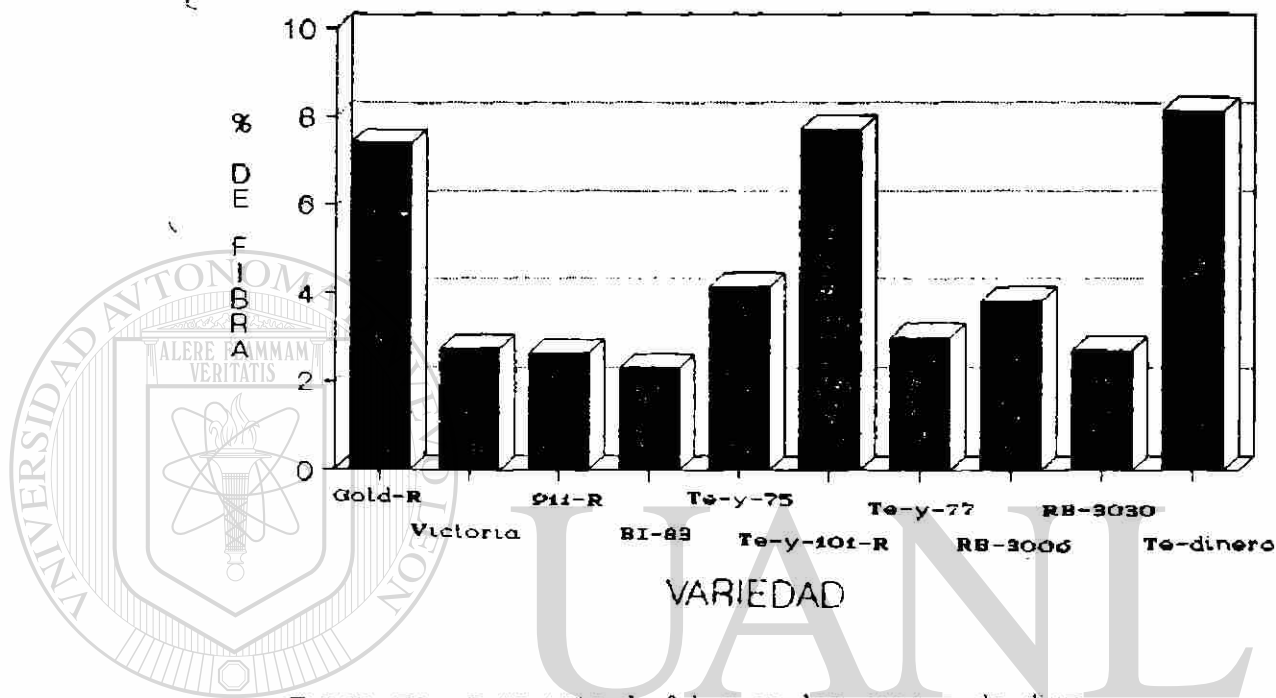


Figura 50. Porcentaje de fibra en los granos de diez

variedades de sorgo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

RB-3006, 911-R, Te-y-77, RB-3030, Victoria y BI-83, y por último el Gold-R con respecto al Te-y-75, RB-3006, 911-R, Te-y-77, RB-3030, Victoria y BI-83 (FIGURA 51A). Los grupos de similitud formados en este parámetro fueron dos, los cuales se observan en la FIGURA 51B. La materia mineral o cenizas, es el resultado de incinerar la materia seca a 550 - 600°C con lo cual, se elimina la materia orgánica, quedando el residuo inorgánico o cenizas. El porcentaje de cenizas que presentaron los granos de las diez variedades fué en un rango

F I B R A

	Te-dinero	Te-v-101-R	Gold-R	Te-y-75	RB-3006	911-R	Te-v-77	RB-3030	Victoria	BI-85
Te-dinero										
Te-v-101-R										
Gold-R										
Te-y-75	*	*	*							
RB-3006	*	*	*							
911-R	*	*	*							
Te-v-77	*	*	*							
RB-3030	*	*	*							
Victoria	*	*	*							
BI-85	*	*	*							

Figura 51A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorgo marcadas con asterisco, denotan una diferencia significativa ($F=38.98$, $p<.0001$) entre dichas variedades con respecto al contenido de fibra.

VARIEDAD	Te-dinero	Te-v-101-R	Gold-R	Te-y-75	RB-3006	911-R	Te-v-77	RB-3030	Victoria	BI-85
MEDIA	8.4	7.72	7.4	4.14	3.61	2.65	3.31	2.73	2.77	2.31

Figura 51B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al contenido de fibra.

de 1.17% en el Te-dinero a 1.91% en el Te-y-77. Sobre este parámetro no se pudo aplicar el análisis de varianza con modificación de arco seno. Por lo anterior, en el CUADRO III, solo se presentan los porcentajes de cenizas obtenidos en las diez variedades, y en la (FIGURA 52), se muestra la gráfica correspondiente.

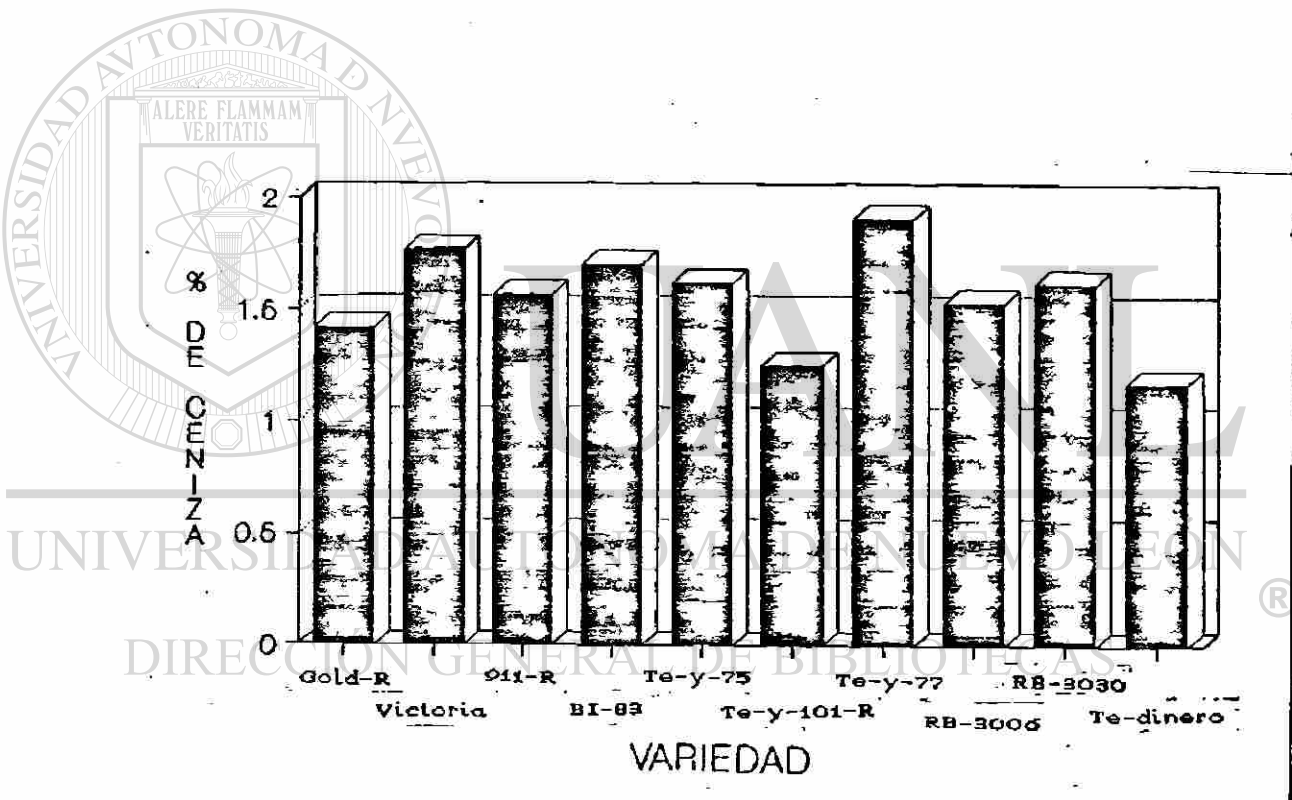


Figura 52. Porcentaje de ceniza en los granos de diez variedades de sorgo.

El almidón es el carbohidrato más estudiado por su importancia energética, tanto en la alimentación del hombre como para el ganado.

El porcentaje en contenido de almidón que presentaron los granos de las diez variedades, estuvo en un rango de 60.6% en el Te-y-75 a 64.7% en el Gold-R (FIGURA 53).

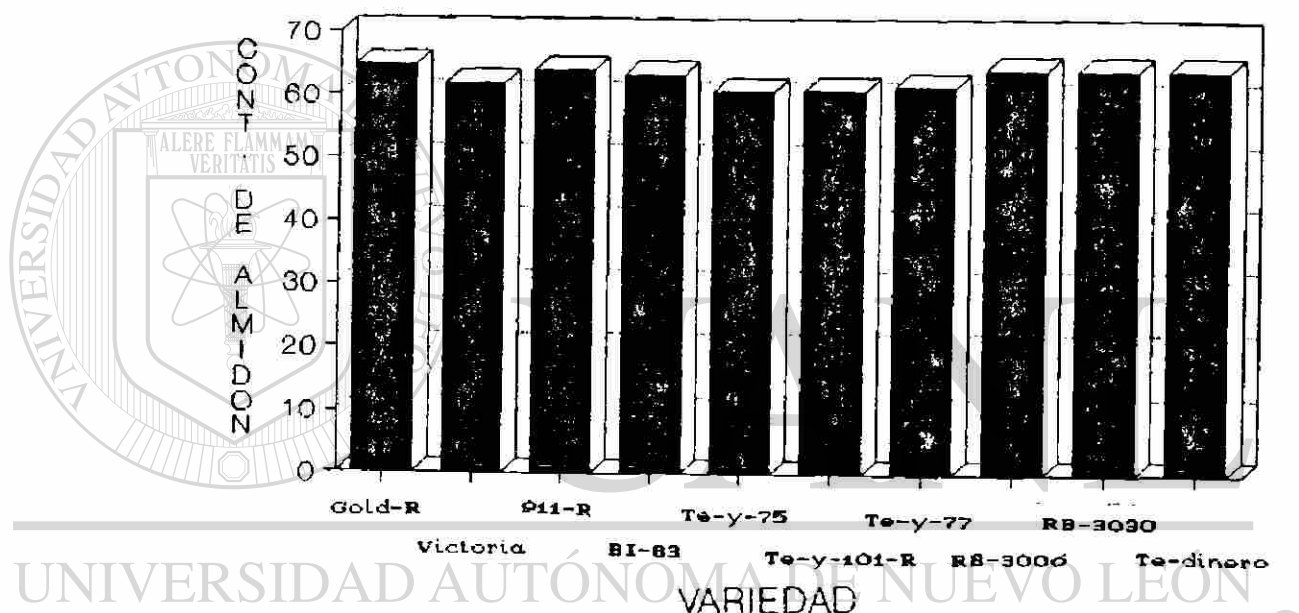


Figura 53. Contenido de almidón en los granos de diez variedades de sorgo.

Los porcentajes que presentaron las variedades estuvieron abajo de los porcentajes que proporciona Rooney, (1980), que son de 70 - 75% de almidón en el grano de sorgo.

Los resultados del análisis de varianza para el contenido de almidón, mostraron diferencias significativa ($F=89.67$, $p=0.0001$). Al efectuar la comparación de medias se encontró

que las diferencias radicaban entre las variedades siguientes: Gold-R con respecto al 911-R, BI-83, Victoria, Te-y-77, Te-y-101-R y Te-y-75. El RB-3006 con respecto al BI-83, Victoria, Te-y-77, Te-y-101-R y Te-y-75. El Te-dinero con respecto al Victoria, Te-y-77, Te-101-R y Te-y-75. El RB-3030 con respecto al Victoria, Te-y-77, Te-y-101-R y Te-y-75. El 911-R con respecto al Victoria, Te-y-77, Te-y-101-R y Te-y-75. El BI-83 con respecto al Victoria, Te-y-77, Te-y-101-R y Te-y-75. Y por último el Victoria con el Te-y-75 (FIGURA 54A). Los grupos de similitud formados para este parámetro fueron cinco, los cuales se observan en la FIGURA 54B.

Las proteínas se encuentran como reservas en los cereales de manera amorfa y cristalina en la mayoría de las especies, las cuales se encuentran localizadas en unas estructuras denominadas cuerpos de proteína. Estos se pueden encontrar en el germen, aleurona, endospermo.

El porcentaje de proteína que presentaron los granos de las diez variedades, fué en un rango de 9.01% en el Te-dinero a 11.43% en el RB-3030 (FIGURA 55 y CUADRO III).

Los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de proteína, muestran una diferencia significativa ($F=91.47$, $p=0.0001$) entre las variedades estudiadas. Mediante la comparación de medias se puso de manifiesto que las diferencias se hallaban entre las siguientes variedades: RB-3030 con respecto al Te-y-75, Gold-R, Victoria, Te-y-77,

CONTENIDO DE ALMIDON

	Gold-R	RB-3006	Te-dinero	RB-3030	911-R	BI-83	Victoria	Te-y-77	Te-y-101-R	Te-y-75
Gold-R										
RB-3006										
Te-dinero										
RB-3030										
911-R	*									
BI-83	*	*								
Victoria	*	*	*	*	*	*				
Te-y-77	*	*	*	*	*	*				
Te-y-101-R	*	*	*	*	*	*				
Te-y-75	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Figura 54A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorgo marcadas con asterisco, denotan una diferencia significativa ($F=89.67, p=.0001$) entre dichas variedades con respecto al contenido de almidón.

VARIEDAD	Gold-R	RB-3006	Te-dinero	RB-3030	911-R	BI-83	Victoria	Te-y-77	Te-y-101-R	Te-y-75
MEDIA	64.85	64.20	64.10	64.05	63.85	63.20	61.75	61.5	60.85	60.65

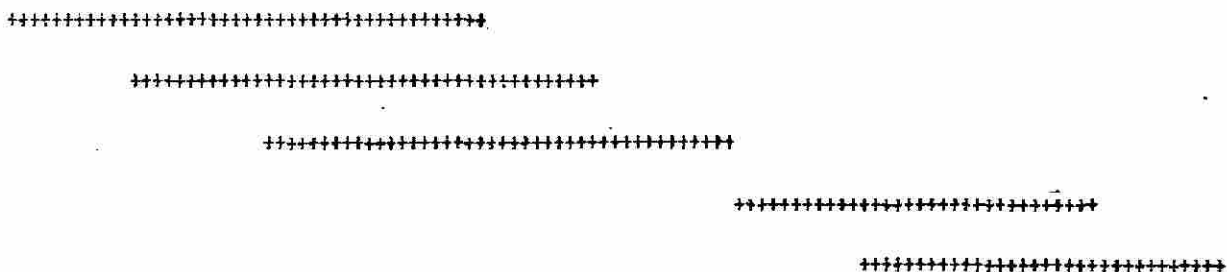


Figura 54B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al contenido de almidón.

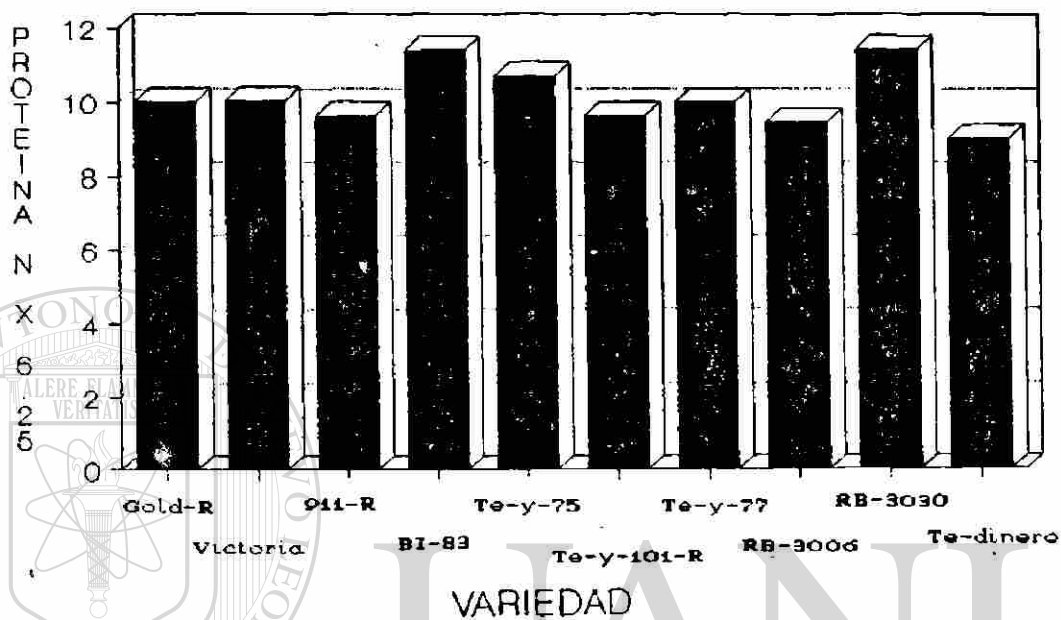


Figura 55. Porcentaje de proteína (N x 6.25) en los granos de diez variedades de sorgo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

911-R, RB-3006, Te-y-101-R y Te-dinero. El BI-83 con respecto al Te-y-75, Gold-R, Victoria, Te-y-77, 911-R, RB-3006, Te-y-101-R y Te-dinero. El Te-y-75 con respecto al Gold-R, Victoria, Te-y-77, 911-R, RB-3006, Te-y-101-R y Te-dinero. El Gold-R con respecto al RB-3006, Te-y-101-R y Te-dinero. El Victoria con respecto al RB-3006, Te-y-101-R y Te-dinero. El Te-y-77 con el RB-3006, Te-y-101-R y Te-dinero. y por último, el 911-R con el Te-dinero (FIGURA 56A). Los grupos de similitud formados para este parámetro fueron cinco los cuales se observan en la FIGURA 56B.

CONTENIDO DE PROTEINA (N X 6.25)

	RB-3030	BI-83	Te-v-75	Gold-R	Victoria	Te-v-77	911-R	RB-3006	Te-v-101-R	Te-dinero
RB-3030										
BI-83										
Te-v-75	*	*								
Gold-R	*	*	*							
Victoria	*	*	*							
Te-v-77	*	*	*							
911-R	*	*	*							
RB-3006	*	*	*	*	*	*				
Te-v-101-R	*	*	*	*	*	*	*			
Te-dinero	*	*	*	*	*	*	*	*		

Figura 50A. Las combinaciones de las diferentes variedades de arroz marcadas con un asterisco, denotan una diferencia significativa ($F=91.47$, $p=0.0001$) entre dichas variedades con respecto al contenido de proteína (N x 6.25).

VARIEDAD	RB-3030	BI-83	Te-v-75	Gold-R	Victoria	Te-v-77	911-R	RB-3006	Te-v-101-R	Te-dinero
MEDIA	11.92	11.41	10.71	10.02	10.63	10.00	9.62	9.44	9.62	9.01

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 50B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al contenido de proteína.

Los carbohidratos o extracto libre de nitrógeno incluyen al almidón, celulosa, azúcares simples y pentosas.

El porcentaje en contenido de carbohidratos que presentaron los granos de las diez variedades, fué en un rango de 77.65% en el Gold-R y 83.07% en el 911-R (FIGURA 57 y CUADRO III).

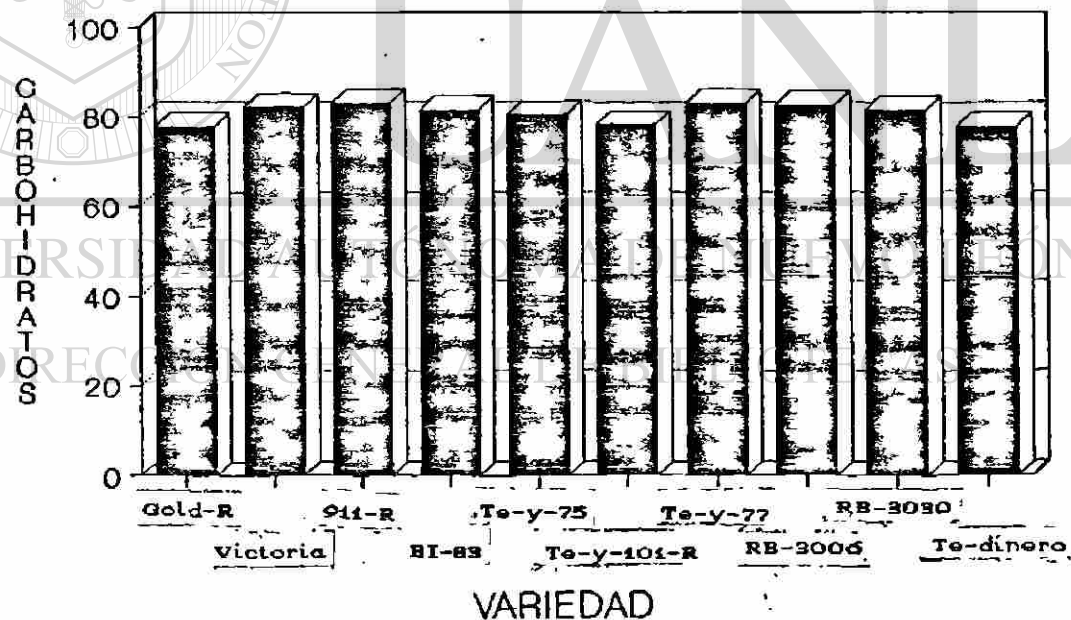


Figura 57. Porcentaje de carbohidratos o extracto libre de nitrógeno, en los granos de diez variedades de sorgo.

Los resultados del análisis de varianza para el contenido de carbohidratos o extracto libre de nitrógeno, muestra una diferencia significativa ($F=18.93$, $p=0.0001$) entre las variedades. Con la comparación de medias se encontró que las diferencias se encontraban entre las variedades siguientes: 911-R con respecto al Te-y-75, Te-y-101-R, Te-dinero y Gold-R. El Te-y-77 con respecto al Te-y-101-R, Te-dinero y Gold-R. El RB-3006 con respecto al Te-y-101-R, Te-dinero y Gold-R. El Victoria con respecto al Te-y-101-R, Te-dinero y Gold-R. El RB-3030 con respecto al Te-y-101-R, Te-dinero y Gold-R. Por último el BI-83 con respecto al Te-y-101-R, Te-dinero y Gold-R (FIGURA 58A). Los grupos de similitud formados para este parámetro fueron tres, los cuales se muestran en la FIGURA 58B.

En la digestibilidad de la proteína, que es el grado en el que una proteína es hidrolizada y absorbida en el tracto digestivo del organismo que lo ingiere, se encontraron valores de 23.81% en el RB-3030 a 38.81% en el Victoria (FIGURA 59).

Los resultados del análisis de varianza para la digestibilidad de la proteína en el rúmen de un animal fistulado durante 24 hrs., no mostraron ninguna diferencia significativa ($F= 1.55$, $P=0.25$) entre las diez variedades (FIGURA 60A).

En cuanto a la digestibilidad del almidón en el rúmen de un animal fistulado durante 24 hrs., se encontraron valores en un rango de 54.46% en el Te-y-101-R a 66.65% en el

CARBOHIDRATOS (E.L.N.)

	911-R	Te-y-77	RB-3006	Victoria	RB-3030	BI-83	Te-y-75	Te-y-101-R	Te-dinero	Gold-R
911-R										
Te-y-77										
RB-3006										
Victoria										
RB-3030										
BI-83										
Te-y-75										
Te-y-101-R	*	*	*	*	*	*	*			
Te-dinero	*	*	*	*	*	*	*			
Gold-R	*	*	*	*	*	*	*			

Figura 58A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorgo marcadas con asterisco, denotan una diferencia significativa ($t=18.93$, $p=.0001$) entre dichas variedades con respecto al contenido de carbohidratos o extracto libre de nitrógeno (E.L.N.)

VARIEDAD	911-R	Te-y-77	RB-3006	Victoria	RB-3030	BI-83	Te-y-75	Te-y-101-R	Te-dinero	Gold-R
MEDIA	83.07	82.91	82.48	82.13	81.46	81.30	80.31	78.18	77.68	77.65

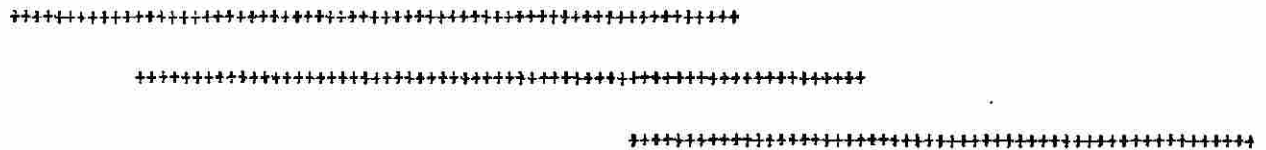


Figura 58B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al contenido de carbohidratos o extracto libre de nitrógeno (E.L.N.)

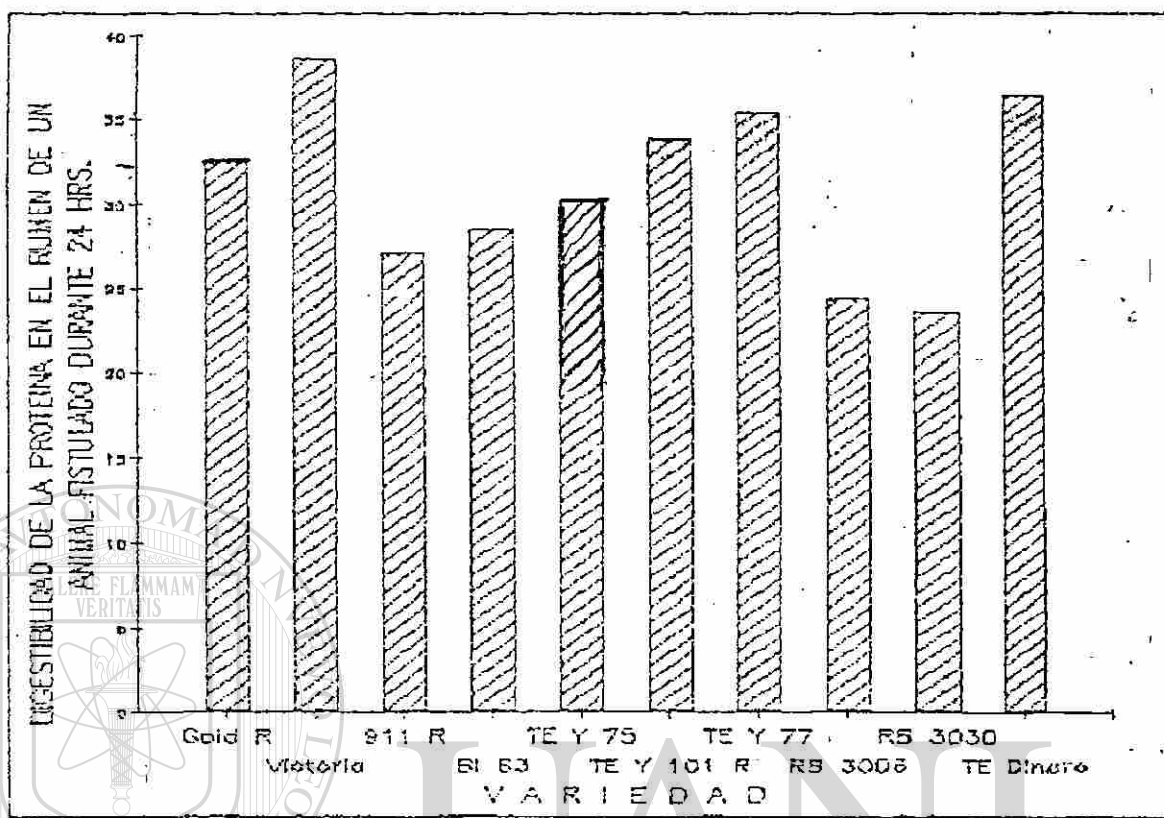


Figura 59. Porcentaje de la digestibilidad de la proteína en el rúmen de un animal fistulado, durante 24 horas,

en los granos de diez variedades de sorgo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

VARIEDAD	RE-3030	911-R	RE-300a	El-83	Te-v-75	Gold-R	Te-v-101-R	Te-v-77	Te-dinero	Victoria
MEDIA	23.91	27.19	24.59	28.70	30.19	32.09	33.95	35.77	36.82	36.81

Figuras 60A. Esta figura muestra que no se logró detectar ninguna diferencia significativa ($F=1.55$, $\alpha=0.2556$) entre las diez variedades de sorgo estudiadas con respecto a la digestibilidad de la proteína en el rúmen de un animal fistulado durante 24 horas.

Victoria (FIGURA 61 y CUADRO III).

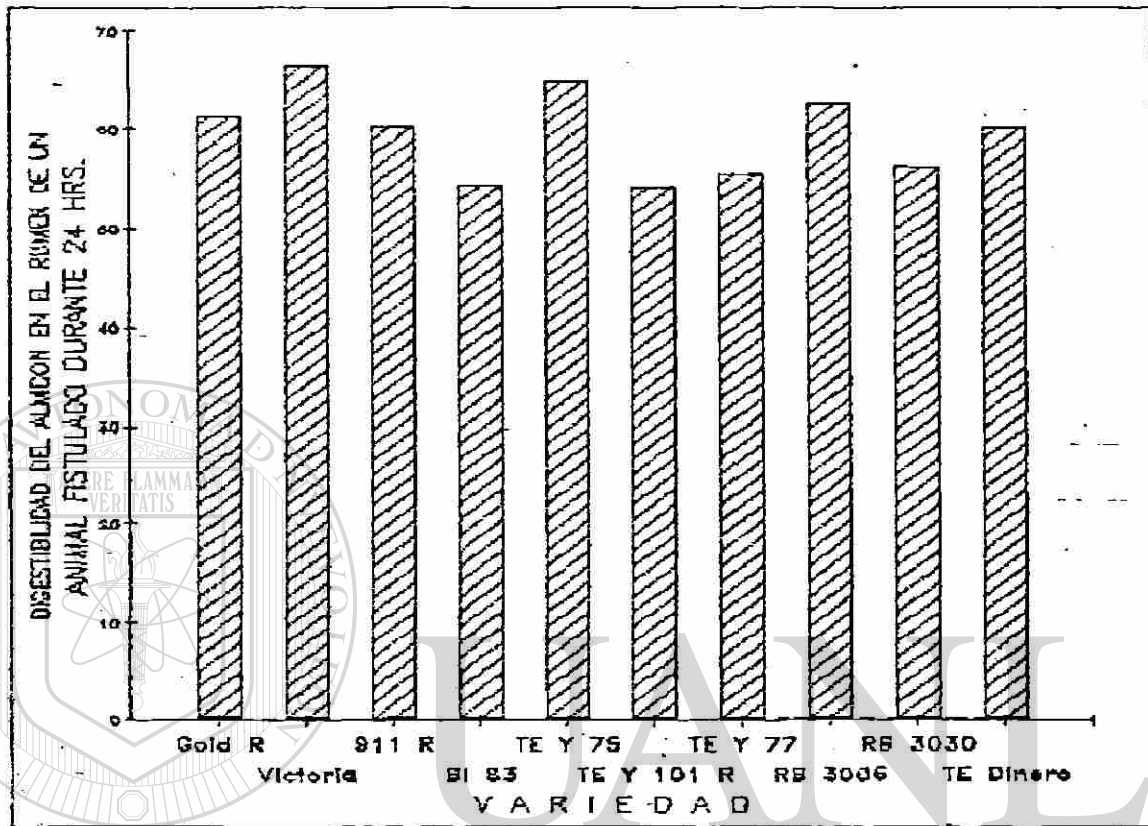


Figura 61. Porcentaje de la digestibilidad del almidón en el

rúmen de un animal fistulado durante 24 horas
en los granos de diez variedades de sorgo.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Los resultados del análisis de varianza para la digestibilidad del almidón en el rúmen de un animal fistulado durante 24 horas, no mostraron ninguna diferencia significativa ($F=0.42$, $p=0.89$) entre las diez variedades (FIGURA 62A).

El contenido de taninos es importante en las dietas alimenticias, ya que afectan las cualidades nutricionales de los granos, o sea, cuando hay niveles altos de taninos en el sorgo,

DIGESTIBILIDAD DEL ALMIDON EN EL RUMEN DE UN ANIMAL FISTULADO DURANTE 24 HORAS.

VARIEDAD	Te-y-101-R	BI-83	Te-y-77	RB-3030	Victoria	RB-3006	Te-y-75	Te-dinero	911-R	Gold-R
MEDIA	54.46	54.75	55.76	56.53	66.65	62.08	65.11	60.49	60.62	61.62

+++++

Figura 62A. Esta figura muestra que no se logró detectar ninguna diferencia significativa ($F=4.1$, $ca. 0.0477$) entre las diez variedades de sorgo estudiadas con respecto a la digestibilidad del almidón en el rumen de un animal fistulado durante 24 horas,

reducen la eficiencia del alimento; obteniendo un coeficiente de correlación negativo entre taninos y digestibilidad de la materia seca.

La cantidad de taninos que presentaron las diez variedades fue en un rango de 2.50 mg/g en el Te-y-75 a 10.16 mg/g en el Te-y-101-R (FIGURA 63 y CUADRO III).

Los resultados del análisis de varianza para el contenido de taninos como equivalentes de catequina en mg/g, mostraron una diferencia significativa ($F=26.70$, $p=0.0001$). Al realizar la comparación de medias se puso de manifiesto que las diferencias existían entre las siguientes variedades: Te-y-75 con respecto al 911-R, BI-83, RB-3006, RB-3030, y Te-y-101-R. El Gold-R con respecto al 911-R, BI-83, RB-3006, RB-3030 y Te-y-101-R. El Te-dinero con respecto al BI-83, RB-3006, RB-3030 y Te-y-101-R. El Te-y-77 con respecto al BI-83, RB-3006, RB-3030 y Te-y-101-R. El Victoria con respecto al RB-3006, RB-3030 y Te-y-101-R. El

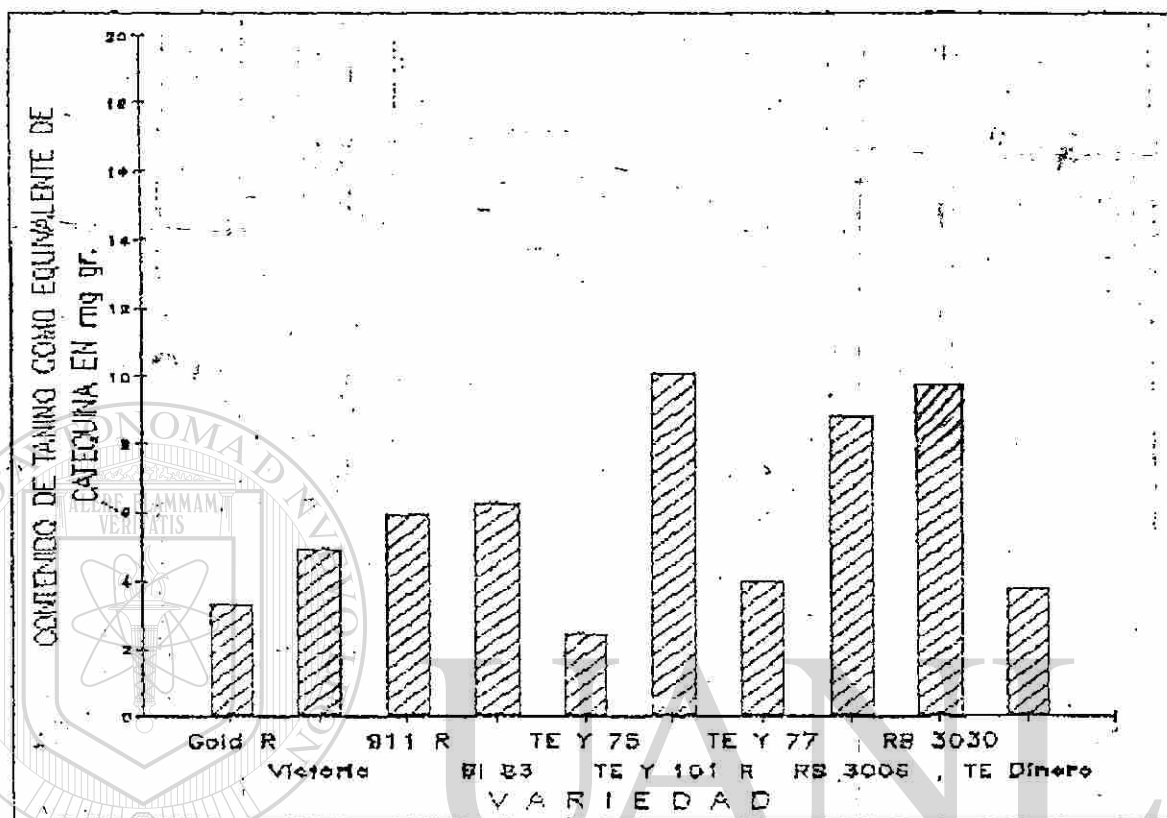


Figura 63. Contenido de taninos como equivalente de

catequina en mg/g, en los granos de diez variedades de sorgo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

911-R con respecto al RB-3006, RB-3030 y Te-y-101-R. Por último el BI-83 con el Te-y-101-R (FIGURA 64A). Los grupos de similitud formados para este parámetro fueron cinco, los cuales se observan en la FIGURA 64B.

Las calorías totales: el cálculo de calorías derivadas de proteína, grasa y carbohidratos, se hizo aplicando factores específicos a partir de los datos de

CONTENIDO DE TANINOS (COMO EQUIVALENTE DE CATEQUINA EN mg/g)

	Te-v-75	Gold-R	Te-dinero	Te-v-77	Victoria	911-R	BI-83	RB-3006	RB-3030	Te-v-101-R
Te-v-75										
Gold-R										
Te-dinero										
Te-v-77										
Victoria										
911-R	*	*								
BI-83	*	*	*	*						
RB-3006	*	*	*	*	*	*				
RB-3030	*	*	*	*	*	*				
Te-v-101-R	*	*	*	*	*	*	*			

Figura 64A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorgo marcadas con asterisco, denotan una diferencia significativa (F=26.70, p<.0001) entre dichas variedades con respecto al contenido de taninos como -- equivalente de catequina en mg/g.

VARIEDAD	Te-v-75	Gold-R	Te-dinero	Te-v-77	Victoria	911-R	BI-83	RB-3006	RB-3030	Te-v-101-R
MEGIA	2.50	2.93	3.83	4.05	5.02	5.98	6.65	8.69	8.98	10.18

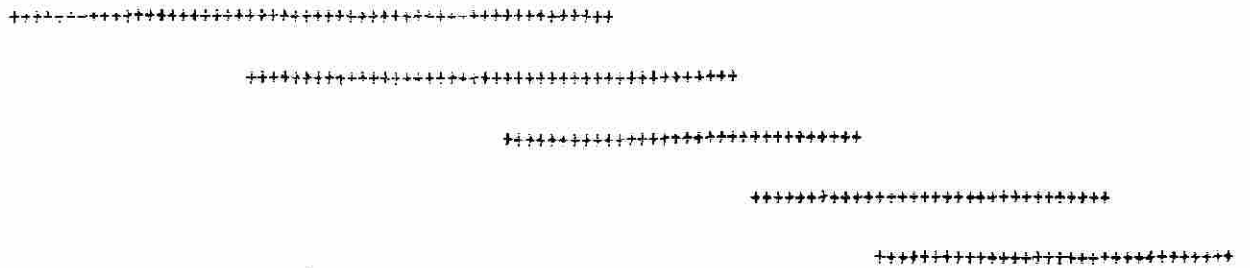


Figura 64B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto al contenido de taninos.

Atwater (Energy Value of Foods, U.S.D.A. Agriculture Handbook No. 74). Los valores encontrados para las diez variedades fue en un rango de 380.36 Kcal en el Te-y-101-R a 400.30 Kcal en el BI-83 (FIGURA 65 y CUADRO IIII).

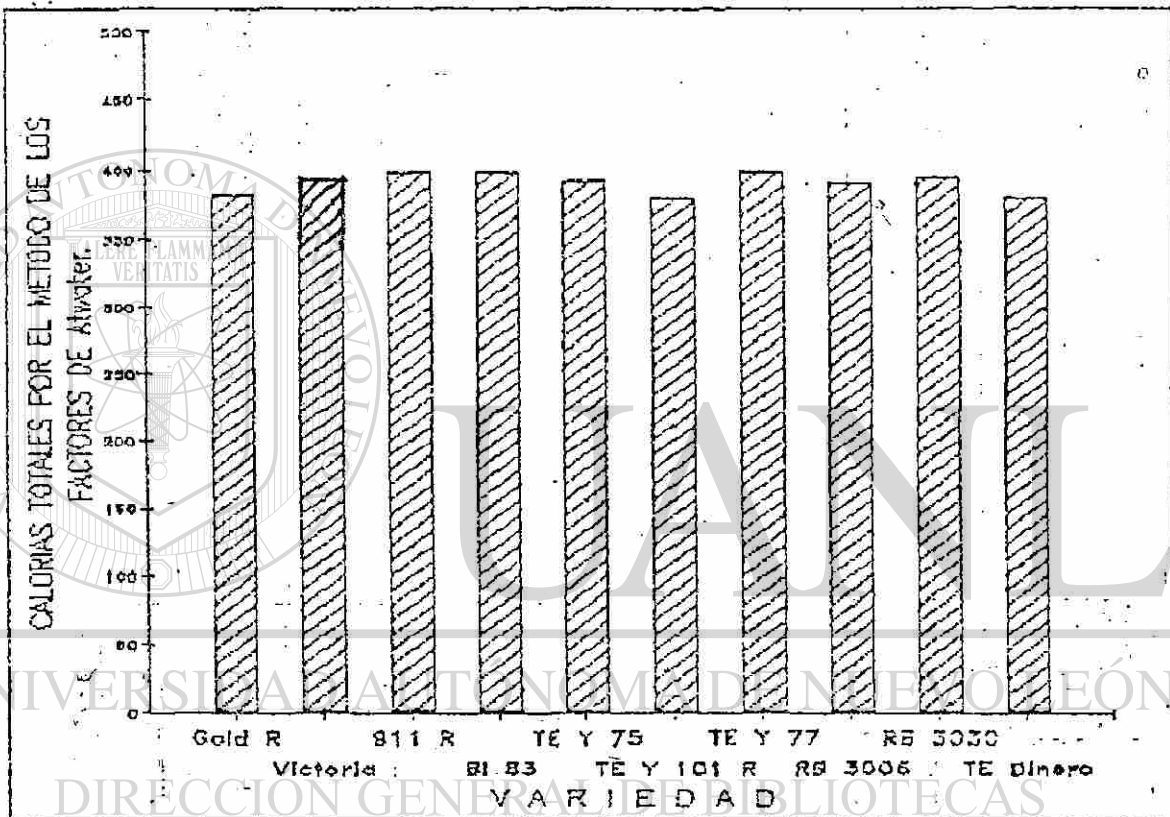


Figura 65. Calorías totales en los granos de diez

variedades de sorgo.

El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá en 1968, reporta un análisis proximal para 25 granos enteros de sorgo citando, un promedio de 342 calorías para el sorgo.

Los resultados del análisis de varianza para calorías

totales, mostraron una diferencia significativa ($F=19.88$, $p=0.0001$) Te-y-101-R con respecto al RB-3006, Te-y-75, RB-3030, Victoria, 911-R, Te-y-77 y BI-83. El Te-dinero con respecto al RB-3006, Te-y-75, RB-3030, Victoria, 911-R, Te-y-77 y BI-83. El Gold-R con respecto al RB-3006, Te-y-75, RB-3030, Victoria, 911-R, Te-y-77 y BI-83 (FIGURA 66A). Los grupos de similitud formados en este parámetro fueron dos, los cuales se observan en la FIGURA 66B.

A continuación se presentan las figuras que corresponden a la composición química de los granos de sorgo para cada variedad. También aparecen figuras sobre la comparación de la composición química, y análisis nutricional del grano como también la comparación entre almidón, carbohidratos y calorías totales de los granos de las diez variedades de sorgo (FIGURAS 67 A 79).

En la FIGURA 77 se puede observar que en la composición química hay diferencia entre las variedades, haciéndose notar que los mayores porcentajes para los granos se obtuvieron para carbohidratos, seguido de almidón, humedad, proteína, fibra, grasa y ceniza. Se encontró también que las variedades fueron muy heterogeneas en humedad y contenido de fibra, y presentando mayor homogeneidad en carbohidratos, contenido de almidón, proteína, grasa y ceniza.

En la FIGURA 78 nos muestra tres tipos de digestibilidad (digestibilidad de la proteína con pepsina, digestibilidad de la proteína en el rumen y digestibilidad del almidón en el

CALORIAS TOTALES

	Te-y-101-R	Te-dinero	Gold-R	RB-3006	Te-y-75	RB-3030	Victoria	911-R	Te-y-77	BI-83
Te-y-101-R										
Te-dinero										
Gold-R										
RB-3006	*	*	*							
Te-y-75	*	*	*							
RB-3030	*	*	*							
Victoria	*	*	*							
911-R	*	*	*							
Te-y-77	*	*	*							
BI-83	*	*	*							

Figura 66A. Las combinaciones de las diferentes variedades de sorbo marcadas con asterisco denotan una diferencia significativa ($F=19.88$, $p<.0001$) entre dichas variedades con respecto a las calorías totales.

VARIEDAD	Te-y-101-R	Te-dinero	Gold-R	RB-3006	Te-y-75	RB-3030	Victoria	911-R	Te-y-77	BI-83
MEDIA	380.3600	380.4900	382.3400	392.4350	393.1550	396.5150	398.3700	398.6400	398.6650	400.30

Figura 66B. En esta figura los segmentos de líneas horizontales unen las variedades que mostraron similitud con respecto a las calorías totales.

COMPOSICION QUIMICA

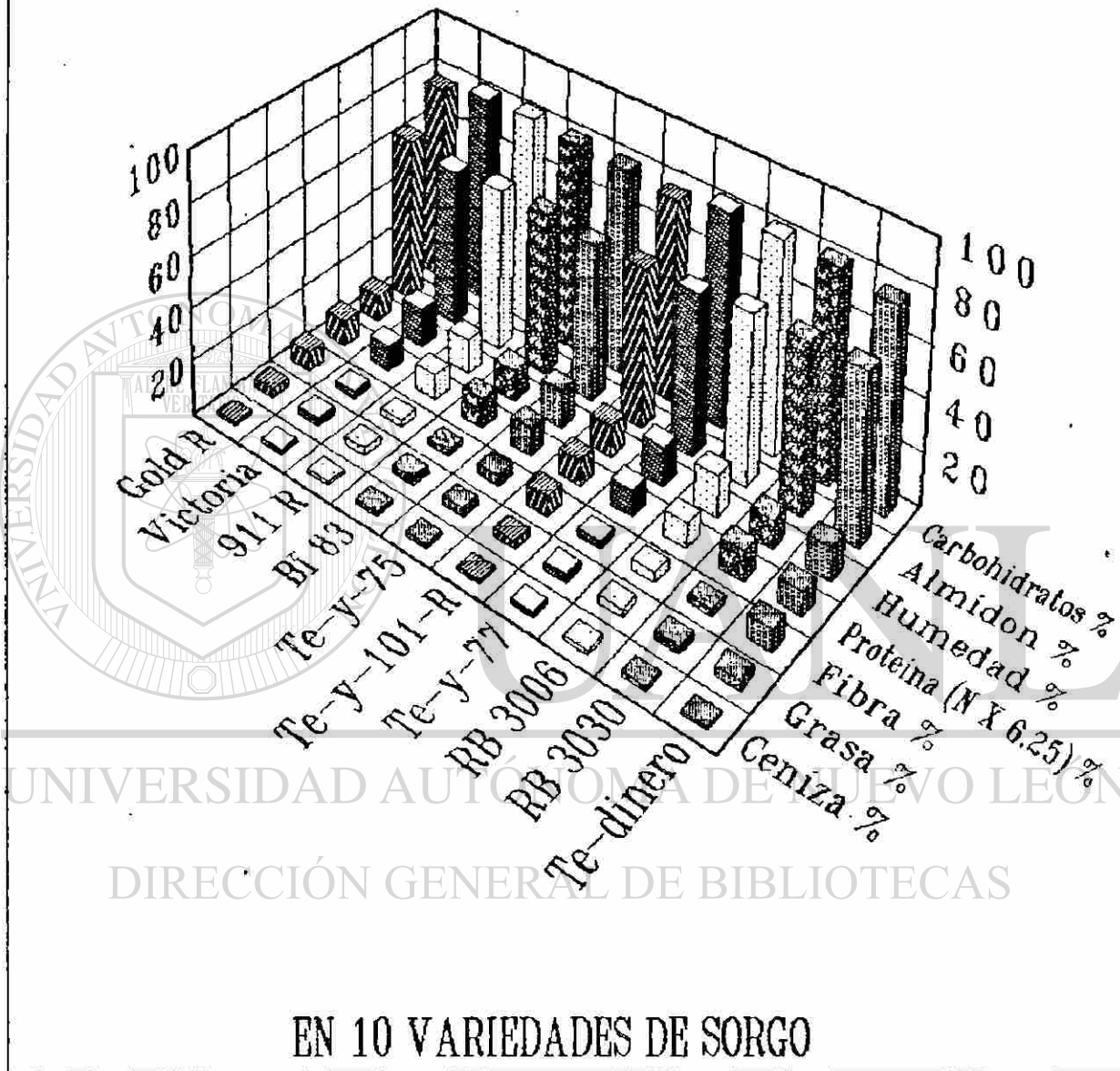


Figura 77. Comparacion de la composición química de los granos de las diez variedades de sorgo.

COMPOSICION NUTRICIONAL

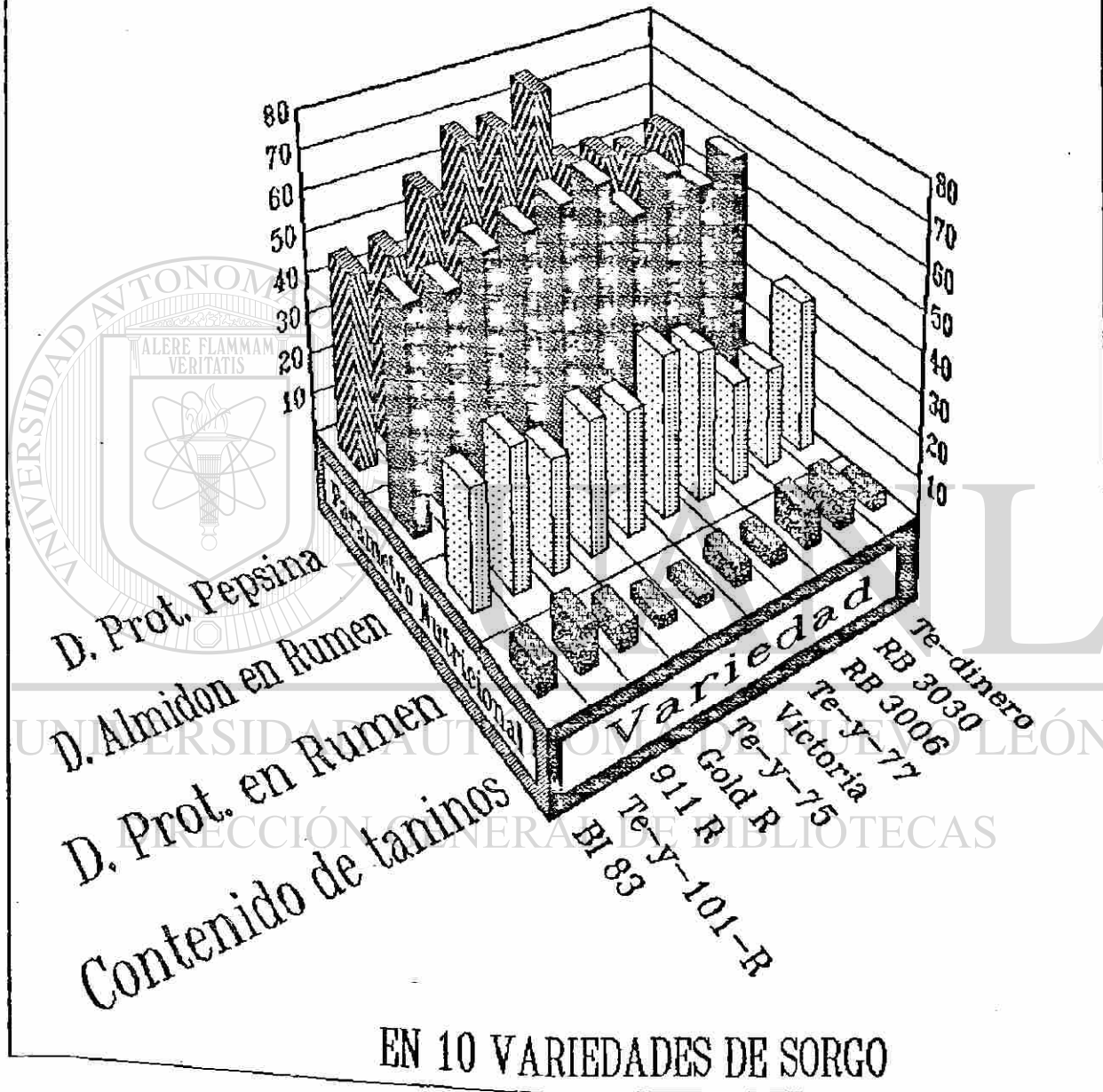


Figura 7B. Comparacion del análisis nutricional de los granos de las diez variedades de sorgo.

RELACION ALMIDON-CARBOHIDRATOS-CALORIAS

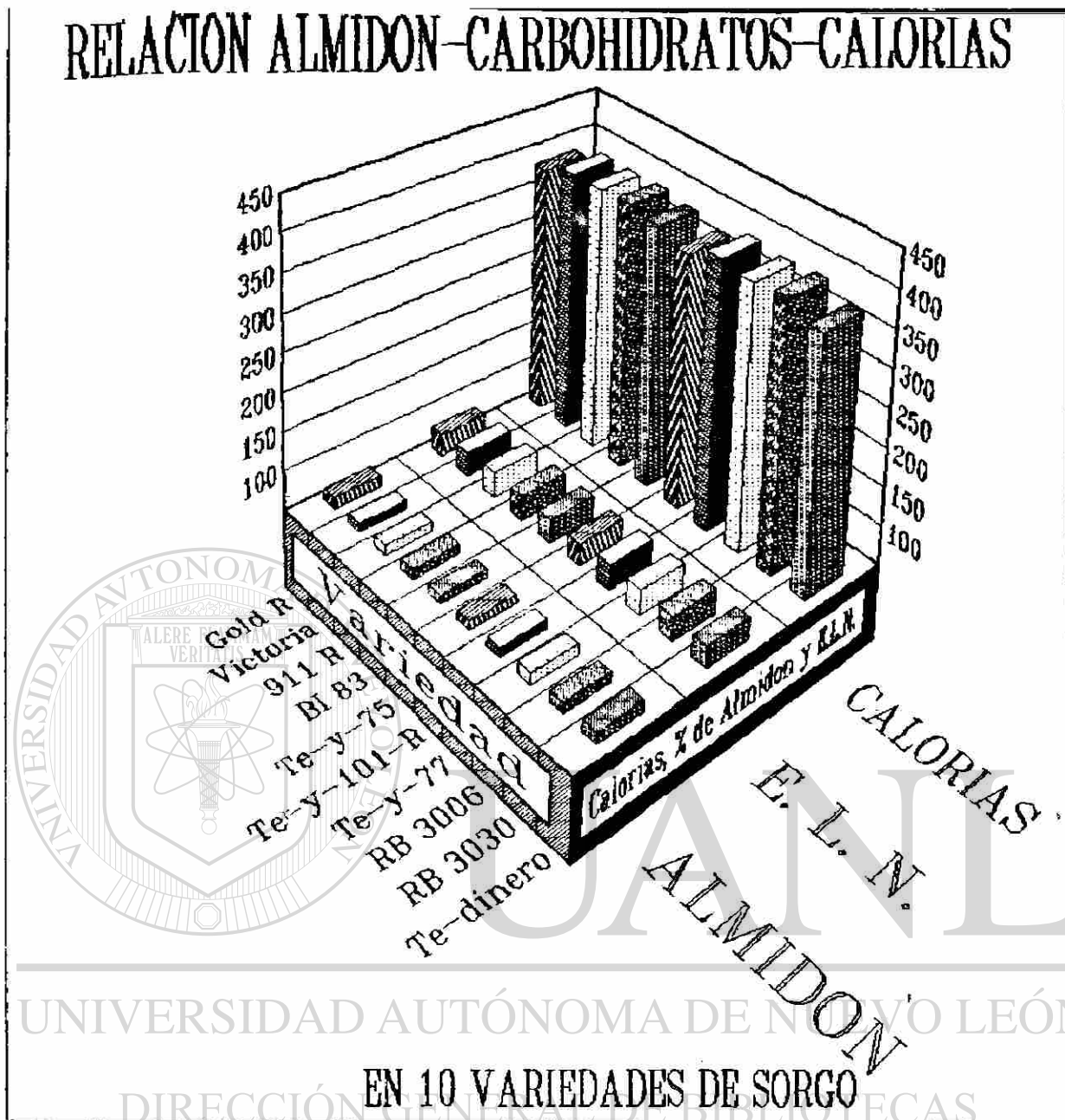


Figura 79. Comparacion del contenido de almidón, carbohidratos y calorías totales de los granos de las diez variedades de sorgo.

rúmen) y el contenido de taninos donde se observa que a mayor contenido de taninos hay menor digestibilidad y a menor contenido de taninos mayor digestibilidad en los tres tipos.

En la FIGURA 79 nos muestra que hay poca diferencia entre las variedades en contenido de carbohidratos, almidón y calorías totales.

5.4 CORRELACIONES.

5.4.1 CORRELACIONES ANATOMICAS.

De los resultados obtenidos con la prueba de correlación de Pearson, entre las diecinueve variedades anatómicas estudiadas en el grano de sorgo de las diez variedades, se detectaron un total de treinta coeficientes de correlación significativos, de los cuales catorce fueron positivos y dieciseis negativos (CUADRO IV). A continuación se mencionan las variables que presentaron más altos coeficientes de correlación.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

CORRELACIONES POSITIVAS:

- Largo de las células del endospermo harinoso y córneo con ancho de las células del endospermo harinoso y córneo.
- Tamaño del gránulo de almidón del endospermo periférico con tamaño del cuerpo de proteína del endospermo periférico.
- Tamaño del gránulo de almidón del endospermo córneo con tamaño del gránulo de almidón del endospermo harinoso.
- Ancho de las células del endospermo córneo con tamaño del gránulo de almidón del endospermo córneo.

CORRELACIONES NEGATIVAS:

- Tamaño del gránulo del almidón del endospermo periférico con tamaño del cuerpo de proteína del endospermo córneo .
- Tamaño del gránulo de almidón del endospermo córneo con tamaño del cuerpo de proteína del endospermo córneo.
- Tamaño del gránulo de almidón del mesocarpio con tamaño de las células del mesocarpio.
- Largo de las células del endospermo periférico con tamaño del cuerpo de proteína del endospermo periférico.

5.4.2. CORRELACIONES QUÍMICO-NUTRICIONALES.

De los resultados obtenidos con la prueba de correlación de Pearson, entre las doce variables químico-nutricionales estudiados en el grano de sorgo de las diez variedades, se detectaron ocho coeficientes de correlación significativos, de los cuales cuatro fueron positivos y cuatro negativos (CUADRO V). A continuación se mencionan las variables que presentaron más altos coeficientes de correlación.

CORRELACIONES POSITIVAS:

- Carbohidratos con calorías totales.
- Grasa con fibra.

CORRELACIONES NEGATIVAS:

- Grasa con carbohidratos.
- Fibra con carbohidratos.
- Fibra con calorías.
- Digestibilidad *in vitro* de la proteína con pepsina con taninos.

5.4.3 CORRELACIONES ANATOMICAS Y QUIMICO-NUTRICIONALES.

De los resultados obtenidos de la prueba de correlación de Pearson entre las variables anatómicas y químico-nutricionales, estudiadas en el grano de sorgo de diez variedades, se detectaron un total de diecinueve coeficientes de correlación significativos de los cuales ocho fueron positivos y once negativos (CUADRO VI). A continuación se muestran las variables que presentaron más altos coeficientes de correlación.

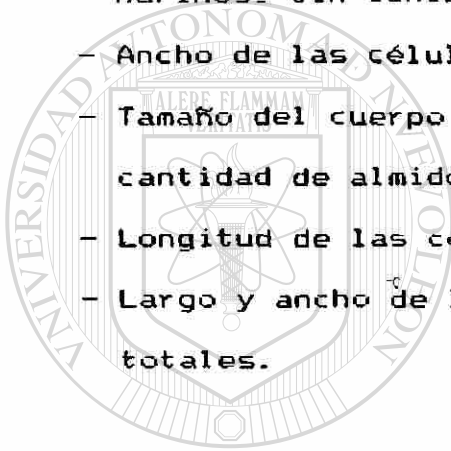
CORRELACIONES POSITIVAS:

- Tamaño del gránulo de almidón del endospermo córneo con cantidad de almidón.
- Tamaño del cuerpo de proteína del endospermo harinoso con digestibilidad *in vitro* de la proteína con pepsina y en el rúmen.

- Longitud de las células del endospermo harinoso con cantidad de almidón.
- Largo y ancho de las células de la aleurona con fibra.
- Ancho de las células de la aleurona con grasa.

CORRELACIONES NEGATIVAS:

- Tamaño del gránulo de almidón del endospermo córneo y harinoso con ceniza.
- Ancho de las células de la aleurona con cenizas.
- Tamaño del cuerpo de proteína del endospermo córneo con cantidad de almidón.
- Longitud de las células de la aleurona con carbohidratos.
- Largo y ancho de las células de la aleurona con calorías totales.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

	Grasa	Fibra	Ceniza	Humedad	Contenido de almidón	Proteína (NX6.25)	Carbohidratos (E.L.N.)	Digestibilidad "de la proteína in vitro" con pep sina durante 24 hrs	Digestibilidad de la proteína en el rumen de un animal fistulado durante 24 horas	Digestibilidad del almidón en el rumen de un animal fistulado durante 24 horas	Taninos	Calorías Totales
Grasa	1.000 0	.6434 .045					-.7181 .019		.6704 .034			
Fibra		1.000 0					-.9312 .000					-.9894 .000
Ceniza			1.000 0									
Humedad				1.000 0								
Contenido de Almidón					1.000 0							
Proteína (NX6.25)						1.000 0						
Carbohidratos (E.L.N.)							1.000 0					.9142 .000
Digestibilidad de la proteína in vitro" con pep sina durante 24 hrs								1.000 0		.8677 .001	.6208 .055	
Digestibilidad de la proteína en el rumen de un animal fistulado									1.000 0			
Digestibilidad del almidón en el rumen de un animal fistulado durante 24 horas										1.000 0		
Taninos											1.000 0	
Calorías Totales												1.000 0

Cuadro V Resultado de la prueba de Correlación de Pearson entre las 12 variables químico nutricionales estudiadas en el grano de sorgo de las diez variedades de interés. Los cuadros que no muestran coeficiente de correlación ni p. es debido a que sus coeficientes no son significativos. El valor superior en cada cuadro representa el coeficiente de correlación y el inferior la probabilidad.

	Q1 Grasa	Q2 Fibra	Q3 Ceniza	Q4 Humedad	Q5 Cantidad de Almidón	Q6 Proteína (N x 6.25)	Q7 (Carbohidratos) E.L.N.	Q8 Digestibilidad de la proteína (pepsina)	Q9 Digestibilidad de proteína en el rumen	Q10 Digestibilidad de Almidón en el rumen	Q11 Taninos	Q12 Calorías Totales
Tamaño del Almidón del Mesocarpio												
Tamaño del Almidón del Endospermo Periférico												
Tamaño de la Proteína del Endospermo Periférico												
Tamaño del Almidón del Endospermo Córneo			.7717 .009		.7134 .021							
Tamaño de la Proteína del Endospermo Córneo					.7626 .010							
Tamaño del Almidón del Endospermo Harinoso			.7547 .012									
Tamaño de la Proteína del Endospermo Harinoso							.6141 .059	.6134 .059				
Longitud de las células del Endospermo Periférico	.6659 .036											
Ancho de las células del Endospermo Periférico												
Epicarpio								.6215 .055				
Mesocarpio												
Tamaño de las células del Mesocarpio	.6461 .044						.6840 .029					
Endocarpio				.6463 .043								
Longitud de las células del Endospermo Córneo												
Ancho de las células del Endospermo Córneo												
Longitud de las células de la Aleurona		.7182 .019					.6433 .045					.6703 .034
Ancho de las células de la Aleurona	.6135 .059	.7401 .014	.6465 .043									.6836 .029
Longitud de las células del Endospermo Harinoso					.7107 .021							
Ancho de las células del Endospermo Harinoso												

Cuadro VI Resultado de la prueba de Correlación de Pearson entre las variables anatómicas y lo químico-nutricional estudiadas en el grano de sorgo de las 10 variedades de interés. Los cuadros que no muestran coeficiente de correlación ni p., es debido a que sus coeficientes no son significativos. El valor superior en cada cuadro, representa el coeficiente de correlación y el inferior la probabilidad.

6. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

6.1 CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS

Los granos de las variedades de sorgo en estudio, presentaron dos coloraciones en el pericarpio: amarillo y café. Las variedades que presentaron color amarillo son: la Te-y-75, Te-y-77, 911-R, Gold-R y Victoria. Por otra parte las que presentaron color café el pericarpio fueron: la Te-y-101-R, RB-3006, RB-3030 y BI-83. Este dato mostró ser importante debido a que la coloración café en los granos, esta relacionada con la presencia de taninos. Esto se pudo comprobar en las variedades que mostraron pericarpio café, presentando los valores más altos en taninos, siendo la Te-y-101-R con 10.16 mg/g, la RB-3006 con 8.69 mg/g, RB-3030 con 8.98 mg/g y la BI-83 con 6.66 mg/g. Estos resultados confirman lo citado por Hahn et al., (1984), quienes mencionan que los sorgos cafés (resistentes a pájaros), son altos en taninos, conteniendo taninos condensados.

Con respecto al brillo del grano, las variedades: BI-83, RB-3006, RB-3030 y 911-R, presentaron granos con pericarpio brillante. El resto de las variedades presentaron pericarpios no brillantes.

En la forma del grano, no hubo diferencias entre las variedades, mostrando todas una forma individual-globosa.

Con respecto a la textura del endospermo, los granos de las variedades, presentaron dos tipos de textura: el parcialmente córneo; en las variedades Te-y-77, Te-y-101-R, BI-83, RB-3006, RB-3030, Te-dinero y 911-R. Por otra parte la textura de casi córneo almidonado; fué para la Te-y-75, Gold-R y Victoria. Estos datos son interesantes ya que la textura del endospermo juega un papel importante en la determinación de las cualidades del sorgo. La cantidad de endospermo córneo y harinoso del grano de sorgo influyen en la textura del grano o textura del endospermo (Earp y Rooney, 1982). Una gran cantidad de endospermo periférico y córneo en el grano de sorgo, presenta mayor dificultad en la separación del almidón durante el procesado, (Rooney y Clark, 1968). Por otra parte Watson et al., (1955), mencionan que en el molido en húmedo de los granos de sorgo, el almidón recuperado y su purificación, presentan dificultad, debido a que el grano de sorgo, contiene una gran proporción de endospermo córneo y una capa de células densas, ricas en proteínas en la periferia del endospermo, abajo de la capa de aleurona. El contenido de proteína (Kafirina), es también importante ya que influye en la dureza y textura del grano (Anonymus, 1985).

El color del endospermo en los granos en las variedades fué para todas igual, presentando un color blanco.

En relación al aspecto del endospermo, todas las variedades presentaron un aspecto vitreo-translúcido en el endospermo córneo y blanco-opaco en el endospermo harinoso.

6.2 CARACTERISTICAS ANATOMICAS

Con respecto al grosor del pericarpio, los granos de las diez variedades mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$), pudiéndose observar que las variedades BI-83 y la Te-y-75, presentaron los pericarpios más delgados con $100.94 \mu\text{m}$ y $102.12 \mu\text{m}$ respectivamente. Por otra parte las variedades Victoria y Te-y-101-R mostraron los pericarpios más gruesos con $142.98 \mu\text{m}$ y $154.22 \mu\text{m}$ respectivamente. Con estos datos podemos concluir que los granos de las diez variedades, presentaron pericarpios gruesos por tener más de $48 \mu\text{m}$, lo cual confirma a *Earp y Rooney, (1982)*, los cuales mencionan que las dimensiones del pericarpio es diferente entre las variedades, señalando un rango de $8-32 \mu\text{m}$ en los pericarpios delgados y de $48-160 \mu\text{m}$ en los pericarpios gruesos. Hacen hincapié en que el grosor del pericarpio difiere aún en el mismo grano, como lo observaron en la variedad Nio-Fionto; las micrografías en diferentes regiones del grano, mostraron que para cerca del hilum fué de $80 \mu\text{m}$, cerca de la punta del grano $64 \mu\text{m}$, cerca del estilo $56 \mu\text{m}$ y a los lados del grano, $48 \mu\text{m}$. Por su parte *Blakely et al., (1979)*, menciona que del lado del hilum el grosor del pericarpio varía de 140 a $155 \mu\text{m}$ y de 30 a $50 \mu\text{m}$ del lado del endospermo.

El grosor del pericarpio es importante ya que puede presentar ventajas o desventajas. Dentro de las ventajas, se puede mencionar que los granos procesados que poseen un

pericarpio grueso y alto en endospermo córneo, producen las cualidades máximas de descorticado del grano sin quebrarse y un mínimo de esfuerzo y tiempo requerido para molerlo (Rooney y Murty, 1982). Lo anterior es también mencionado por Earp y Rooney, (1982), quienes mencionan además que los pericarpios gruesos y la presencia de una testa pigmentada, afectan el procesamiento de productos de sorgo. Indican que una testa delgada es más fácil de remover durante el molido.

La presencia de un pericarpio grueso puede ser un inconveniente en las variedades que lo presentan, ya que generalmente se deterioran más rápidamente que los sorgos con pericarpio delgado (Earp y Rooney, 1982).

En lo referente al grosor del epicarpio se pudo observar que entre las variedades hubo diferencias significativas ($p < 0.05$), encontrándose epicarpios delgados en las variedades 911-R ($9.9 \mu\text{m}$) y BI-83 ($11.4 \mu\text{m}$) y por otra parte se encontraron epicarpios gruesos en las variedades Victoria ($28.7 \mu\text{m}$) y Te-y-101-R ($21 \mu\text{m}$).

Con respecto al grosor del mesocarpio, en los granos de las diez variedades hubo diferencias entre las diez variedades ($p < 0.05$), pudiéndose observar que las variedades que presentaron menor grosor fueron: la Te-y-75 ($78.3 \mu\text{m}$) y la RB-3006 ($80.4 \mu\text{m}$) y de las que presentaron mayor grosor se pueden mencionar la Victoria ($101.5 \mu\text{m}$) y la Te-y-101-R ($124.8 \mu\text{m}$).

Todas las variedades presentaron un mesocarpio formado de

células de almidón. Esto puede ser una desventaja en los granos ya que proveen de un sustrato fácil a los hongos *Leukel* y *Martin* 1943; *Ellis*, 1972; *Glueck*, 1979; citados por *Earp* y *Rooney* , 1982.

Con alusión a la longitud de las células del mesocarpio, se encontró diferencia entre las variedades ($p < 0.05$), presentándose valores desde 35.2 μm en la Gold-R y 38.6 μm en la Victoria. Por otra parte las longitudes mas grandes las presentaron, la 911-R (48.7 μm) y la Te-y-77 (48.8 μm).

Del Tamaño de los gránulos de almidón del mesocarpio, se encontró que hubo diferencia entre las variedades ($p < 0.05$), presentándose valores desde 3.5 μm en la variedad Te-y-77 y 4.0 μm en la BI-83, hasta 4.8 μm y 5.2 μm en la Te-y-101-R y Victoria respectivamente. Estos valores quedan dentro de lo que menciona *Glennie, C.W.*, citado por *Earp*

y *Rooney*, (1982), el cual reporta un tamaño del gránulo de almidón en el pericarpio de 2 a 8 μm . Sin embargo *Zelezak* y *Varriano-Marston*, (1982), citan que las células del mesocarpio en granos de sorgo, contienen gránulos de 1 a 2.5 μm .

En lo concerniente al grosor del endocarpio, no se detectó diferencia significativa de las variedades ($p > 0.05$). Sin embargo se observaron valores bajos de 7.4 μm en la 911-R y 7.5 μm en la BI-83 y dentro de los valores mas altos se encuentran las variedades RB-3030 (10.2 μm) y Victoria (12.7 μm).

En el parámetro de longitud de las células de la

aleurona, se observaron diferencias significativas entre las variedades ($p < 0.05$), observándose que los valores menores los presentaron la BI-83 ($21.8 \mu\text{m}$) y la Victoria ($22.5 \mu\text{m}$) y los valores mayores la obtuvieron las variedades Te-y-101-R ($26.0 \mu\text{m}$) y la Te-y-75 ($29.0 \mu\text{m}$).

Con respecto al ancho de las células de la aleurona, se encontró diferencia significativa entre las variedades ($p < 0.05$), mostrando valores desde $12.9 \mu\text{m}$ en la RB-3030 y $13.6 \mu\text{m}$ en la Te-y-75 hasta $16.4 \mu\text{m}$ en la Te-dinero y $16.9 \mu\text{m}$ en la 911-R.

De la longitud de las células del endospermo periférico, se encontraron diferencias significativas entre las variedades ($p < 0.05$). Entre las longitudes menores, se encontraron las variedades Te-dinero ($27.3 \mu\text{m}$) y Victoria ($33.2 \mu\text{m}$) y de las longitudes mayores la RB-3030 ($44.4 \mu\text{m}$) y Te-y-101-R ($47.8 \mu\text{m}$).

Lo relacionado al ancho de las células del endospermo periférico, no mostró diferencia significativa entre las diez variedades ($p > 0.05$). Sin embargo se obtuvieron valores bajos desde $24.0 \mu\text{m}$ en la Te-y-101-R y $25.0 \mu\text{m}$ en la RB-3006 hasta de $38.8 \mu\text{m}$ en la RB-3030 y $39.4 \mu\text{m}$ en la Te-y-75.

En el parámetro; tamaño de los gránulos de almidón de las células del endospermo periférico, se detectó diferencia significativa entre los granos de las diez variedades ($p < 0.05$). Los valores más bajos los presentaron las variedades

Te-y-101-R ($6.5\mu\text{m}$) y Victoria ($8.1\mu\text{m}$) y de los valores más altos se encuentran la Te-y-77 ($12.3\mu\text{m}$) y RB-3030 ($12.6\mu\text{m}$). Estos valores corroboran los mencionados por *Subramanyam et al.*, 1981, citado por *Maiti*, 1986, el cual reporta un tamaño del gránulo del almidón de éste endospermo de 11.0 a $12.0\mu\text{m}$ en la madurez. Por otra parte *Glennie*, citado por *Earp y Rooney*, 1982, reporta un tamaño del gránulo de 6 a $10\mu\text{m}$.

En relación al tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo periférico, se detectó diferencia significativa entre las variedades ($p < 0.05$), encontrándose valores desde $1.4\mu\text{m}$ en las variedades Te-y-101-R hasta $2.4\mu\text{m}$ en la 911-R. Estos valores están dentro del rango que menciona *Zeleznaek y Varriano-Marston*, (1982), los cuales citan un rango para el tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo periférico de $0.4\mu\text{m}$ a $3.0\mu\text{m}$. Sin embargo *Subramanyam et al.*, 1981, citado por *Maiti*, 1986, menciona un rango de tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo en general de $0.75\mu\text{m}$ a $1.0\mu\text{m}$. Por su parte *Taylor et al.*, (1984), indican que los cuerpos de proteína aislados del endospermo, miden entre $0.4\mu\text{m}$ a $2.0\mu\text{m}$.

Con respecto a la longitud de las células del endospermo córneo, se puede mencionar que no se logró detectar una diferencia significativa entre las variedades ($p > 0.05$). Sin embargo se presentaron valores desde $102.9\mu\text{m}$ en la Te-dinero, hasta $129.9\mu\text{m}$ en la Te-y-101-R.

En lo que se refiere al ancho de las células del endospermo córneo, hubo diferencia significativa entre las

variedades ($p < 0.05$). Las variedades que obtuvieron los valores más bajos fueron la 911-R ($47.1 \mu\text{m}$) y la Te-y-77 ($49.0 \mu\text{m}$) y los que tuvieron valores más altos se encontraron la RB-3030 ($72.7 \mu\text{m}$) y la Te-dinero ($73.1 \mu\text{m}$).

En el parámetro del tamaño de los granulos de almidón del endospermo córneo si se detectó una diferencia significativa entre las variedades ($p < 0.05$). Los valores más bajos se encontraron en las variedades Victoria ($11.1 \mu\text{m}$) y Te-y-75 ($12.0 \mu\text{m}$) y de los valores más altos estan las variedades RB-3006 ($19.1 \mu\text{m}$) y la Te-dinero ($19.2 \mu\text{m}$). La mayoría de las variedades estudiadas presentaron valores mas altos que las reportadas por Glennie, C.W., citados por Earp y Rooney, 1982, el cual reporta un tamaño del granulo de almidón en el endospermo córneo de 7.0 a $13.0 \mu\text{m}$.

En cuanto al tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo córneo, se encontró diferencia significativa entre las variedades ($p < 0.05$). De los valores más bajos obtenidos en éste parámetro se encontraron las variedades RB-3030 ($0.9 \mu\text{m}$) y Gold-R ($1.0 \mu\text{m}$) y de los valores más altos están las variedades Victoria ($1.5 \mu\text{m}$) y la Te-y-101-R ($1.9 \mu\text{m}$).

Con respecto a la longitud de las células del endospermo harinoso se detectó diferencia significativa entre las variedades ($p < 0.05$). Las variedades Victoria y Te-y-77 presentaron los valores más bajos, siendo de $111.2 \mu\text{m}$ y $133.9 \mu\text{m}$ respectivamente y los valores más altos fueron para la RB-3030 ($165.6 \mu\text{m}$) y RB-3006 ($168.0 \mu\text{m}$).

En relación al parámetro de ancho de las células del endospermo harinoso, se encontró diferencias significativas entre las 10 variedades ($p < 0.05$), encontrándose valores menores para la Victoria ($59.2 \mu\text{m}$) y Te-dinero ($76.2 \mu\text{m}$) y los mayores valores para la variedad RB-3030 ($97.2 \mu\text{m}$) y la Gold-R ($110.1 \mu\text{m}$).

En alusión al tamaño de los gránulos de almidón del endospermo harinoso se encontró diferencia significativa entre las variedades ($p < 0.05$) encontrándose valores bajos en las variedades Te-y-77 ($8.0 \mu\text{m}$) y Victoria ($8.9 \mu\text{m}$) y valores más altos para las variedades 911-R ($15.7 \mu\text{m}$) y Te-dinero ($16.0 \mu\text{m}$). Estos resultados están dentro del rango que menciona Glennie, C. W., citado por Earp y Rooney, (1982), que es de $13.0-30 \mu\text{m}$.

Con respecto al tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo harinoso no se detectó diferencia significativa alguna entre las variedades ($p > 0.05$). Sin embargo se encontraron valores desde $1.2 \mu\text{m}$ en la variedad 911-R hasta $2.1 \mu\text{m}$ en la Te-y-77.

En todos los granos de las variedades se pudo observar que para los grosores de las partes integrantes del pericarpio (epicarpio, mesocarpio y endocarpio) hubo diferencias significativas ($p < 0.05$). Por otra parte la región que presentó mayor grosor del pericarpio fué el mesocarpio seguido del epicarpio y endocarpio (FIGURA 43).

En los parámetros de longitud y ancho de las células de

la aleurona, endospermo periférico, endospermo córneo, y endospermo harinoso se pudo observar que hay diferencias entre las variedades ($p < 0.05$). Sin embargo es interesante hacer notar que en los granos de las diez variedades, la longitud y ancho fué mayor para las células del endospermo harinoso, seguido del endospermo córneo, endospermo periférico y aleurona (FIGURAS 44 y 45). Estos datos son apoyados con un alto coeficiente de correlación positiva entre la longitud y ancho de las células de los endospermos córneo y harinoso (CUADRO IV).

En los parámetros de tamaño del gránulo de almidón y de los cuerpos de proteína, se puede observar que hay diferencias en el tamaño de los gránulos de almidón y de los cuerpos de proteína en las diferentes partes del grano, así como entre las variedades ($p < 0.05$). Es importante hacer notar que los gránulos de almidón fueron más grandes en el endospermo córneo, seguido del endospermo harinoso, periférico y mesocarpio. En cambio el tamaño mayor de los cuerpos de proteína fué para el endospermo periférico, seguido del endospermo harinoso y endospermo córneo. Con estos resultados podemos concluir que a mayor tamaño de almidón, menor tamaño de los cuerpos proteína (FIGURAS 46 Y 47). También se indica que se obtuvo un alto coeficiente de correlación negativa entre el tamaño del gránulo del almidón del endospermo córneo con el tamaño de los cuerpos de la proteína del endospermo córneo (CUADRO IV).

De los datos obtenidos en los resultados del ANOVA sobre los parámetros anatómicos y de las correlaciones entre lo anatómico y químico-nutricional, se deja abierta la posibilidad de hacer más estudios, con más repeticiones, tendientes a comprobar si en la mayoría de las variedades de sorgo se presentan estas mismas diferencias y con esto, se logren establecer equivalencias analíticas para sustituir una determinación anatómica por una química o viceversa, ya sea total o parcialmente y con esto se puedan seleccionar las variedades de acuerdo a los distintos requerimientos o usos, así como también escoger el tipo de procesamiento adecuado del grano de sorgo.

6.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICO NUTRICIONALES

Se encontró que hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) en el % de grasa en los granos de las diez variedades, encontrándose los más altos porcentos en las variedades Te-dinero (3.75%) y Gold-R (3.52%). Por otra parte las variedades que mostraron los más bajos porcentos fueron la RB-3006 (2.76%) y la RB-3030 (2.78%). Estos porcentos confirman lo que encontraron Neucere y Sumrell, (1980), los cuales dan valores de 2.66-3.49 %. Por otra parte Rooney et al., (1980), cita un valor de 3.5 %. Sin embargo Osagie (1987), proporcionan valores más altos de los encontrados en este estudio (3.68-5.28 %). Por su parte el Instituto de

Nutrición de Centroamérica y Panamá, (1968), menciona un promedio de 3.4 % con un máximo de 4.5 % y un mínimo de 3.0 % para el grano de sorgo.

El % de fibra para los granos mostró que hubo diferencias significativas entre las variedades, encontrándose variedades con valores bajos de fibra en la BI-83 (2.31 %) y 911-R (2.65 %). Por otra parte las variedades que presentaron más altos porcentajes, fueron la Te-dinero (8.4 %) y la Te-y-101-R (7.72 %). Estos valores son semejantes a los que proporcionan *Duffus y Slaughter, (1985)*, los cuales dan un rango de 3.0-11.0 % de fibra para el grano de sorgo. Sin embargo el *Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, (1968)*, cita valores más bajos a los encontrados en este estudio, siendo de 2.0-3.0 %.

En el parámetro de ceniza no se pudo aplicar el análisis de varianza, por lo tanto no se determinó si las variedades presentaban diferencias significativas. Sin embargo se presentaron valores desde 1.17 % en la variedad Te-dinero hasta los más altos en la variedad Te-y-77 (1.91 %). Las variedades bajo estudio salieron bajas en ceniza. Sin embargo están dentro del rango que menciona el *Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, (1968)*, el cual da valores de 1.4 % como mínimo, 3.7 % como máximo, y un promedio de 2.6 % para los granos de sorgo.

De los datos obtenidos para el contenido de almidón se pudo observar que todas las variedades fueron muy similares con respecto a este parámetro. Sin embargo se logró detectar

diferencias significativas entre las variedades, encontrándose % bajos en la Te-y-75 (60.65 %) y Te-y-101-R (60.85 %) y los porcentajes más altos fueron para las variedades Te-dinero (64.10 %) y RB-3006 (64.20 %). Estos porcentajes están de los que menciona Rooney (1980), que son de 70-75 % de almidón en el grano de sorgo .

Del parámetro de proteína se encontró que hubo diferencias significativas entre las variedades, encontrándose dentro de los valores más bajos al Te-dinero (9.01 %) y a las variedades Te-y-101-R y 911-R (9.62 %) y las variedades que mostraron porcentajes más altos fueron la BI-83 (11.41 %) y la RB-3030 (11.43 %). Estos resultados están dentro del rango que mencionan algunos autores para el grano de sorgo, siendo de un 10 %, de acuerdo a Duffus y Slaughter, (1985). Por su parte el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, (1968), da un rango de 7.6-12.5 %. Sin embargo Neucere y Sumrell, (1980), proporcionan valores de 9.75 % y 14.32 % en las variedades GA 615 y NSA 740 respectivamente; y W. V., Y. V. y Stringfellow, (1981), citan un 9.0 % de proteína para el endospermo harinoso y un 18.61 % para el endospermo córneo.

Con respecto a los carbohidratos (E. L. N.) se obtuvieron porcentajes muy similares entre las variedades. Sin embargo se detectaron diferencias significativas entre estas, encontrándose dentro de los valores más bajos la Gold-R (77.65 %) y Te-dinero (77.68 %) y entre los valores altos se encuentran las variedades Te-y-77 (82.91 %) y 911-R (83.07 %).

Estos resultados que presentaron los granos de las diez variedades, estuvieron arriba de lo que reportan el *Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá*, (1968), que es de 68.0 % y *Neucere y Sumrell*, (1980), reportan un 67.61 % en la variedad NSA 740 y 73.37 % para la variedad GA 615 en granos enteros.

Para la digestibilidad de la proteína en el rúmen, no se logró detectar diferencias significativas entre las variedades. Sin embargo hubo valores desde 23.81 % en la RB-3030 y 24.59 en la RB-3006 hasta 36.82 % en la Te-dinero y 38.81 % en la variedad Victoria.

En la digestibilidad del almidón en el rúmen no se logró detectar diferencias significativas entre las variedades. Sin embargo dentro de los valores bajos se encuentran la Te-y-101-R (54.46 %) y la BI-83 (54.75 %) y los valores altos los presentaron las variedades Te-y-75 (65.11%) y Victoria (66.65 %).

El contenido de taninos mostró diferencias significativas entre las variedades ($p < 0.05$), encontrándose variedades con bajo contenido de taninos, como la Te-y-75 (2.50 mg/g) y la Gold-R (2.93 mg/g). Por otra parte se encontraron variedades con alto contenido en taninos, como la RB-3030 (8.98 mg/g) y la Te-y-101-R (10.16 mg/g). Estos valores están dentro de lo que menciona *Cummins*, (1971), quien reporta dos porcentajes: uno resistente a pájaros (alto contenido de taninos, 10.5 %) y otro no resistente a pájaros (bajo contenido de taninos, 4.2

%)

Con respecto a las calorías totales se detectaron diferencias significativas entre las variedades, encontrándose dentro de los valores más bajos a las variedades Te-y-101-R (380.36 Kcal/g) y Te-dinero (380.49 Kcal/g). Por otra parte los valores más altos fueron para las variedades Te-y-77 (398.67 Kcal/g) y la BI-83 (400.30 Kcal/g). Para este parámetro el *Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá* menciona un promedio de 342 Kcal/g para el sorgo.

En general para los granos de las variedades estudiadas, en la composición química se puede observar que hay diferencias entre las variedades, encontrándose que los mayores porcentajes fueron para carbohidratos, seguido del contenido de almidón, humedad, proteína (N X 6.25), fibra, grasa y ceniza. Se encontró que los granos de las variedades

fueron más diferentes en humedad y contenido de fibra. Sin embargo fueron más similares en contenido de proteína, grasa y ceniza. Es interesante hacer notar que también en la composición química las variedades que presentaron más altos porcentajes de fibra, fueron las más bajas en contenido de almidón, carbohidratos (E. L. N.) y calorías totales (FIGURAS 77 y 79).

En general sobre los parámetros de los tres tipos de digestibilidad y contenido de taninos, se puede observar que a mayor contenido de taninos hay menos digestibilidad de la proteína en el rúmen, de la proteína con pepsina y del almidón

en el rúmen y a menor contenido de taninos mayor digestibilidad de la proteína en el rúmen, de la proteína con pepsina y del almidón. Por otra parte los mayores porcentos de digestibilidad en general fué para la digestibilidad de la proteína con pepsina, seguida de la digestibilidad del almidón y por último de la digestibilidad de la proteína en el rúmen (FIGURA 78).

Con respecto a los parámetros de carbohidratos, contenido de almidón y calorías totales en general hubo poca diferencia entre las variedades. Sin embargo se observa que las variedades que presentaron porcentos bajos de carbohidratos, fueron bajos también para contenido de almidón y calorías totales (FIGURA 79).

En los parámetros de grasa con carbohidratos, se obtuvo una correlación negativa de estos, pudiendose mencionar que debido a que los granos los cuales son fuente de carbohidratos y no de grasas. Esto resulta lógico por lo que mencionan *Dufffus y Slaughter (1985)*, los cuales indican que en semillas oleaginosas que son fuente de proteína y aceite, hay una correlación negativa entre estos (CUADROS III Y V).

En lo que respecta a los parámetros de fibra, carbohidratos y calorías totales se tuvo una correlación negativa de fibra con carbohidratos y calorías totales. Esto nos indica que hay menor contenido de fibra, esta es sustituida en el peso total del grano por carbohidratos y que al aumentar esta, disminuyen los carbohidratos y por lo tanto

el valor energético del grano. Esto fué observado entre las variedades (CUADROS III Y V).

En lo que se refiere a los parámetros de digestibilidad "in vitro" con pepsina y contenido de taninos, se obtuvo una correlación negativa entre estos. Estos resultados confirman lo que mencionan *Butler et al.*, (1983), los que mencionan que los taninos suelen enlazarse con las proteínas del alimento y en el tracto digestivo, reduciendo su digestibilidad. Por su parte *Okoh et al.*, (1982), encontraron que en más de cuatro variedades de alimento fueron afectadas por un alto contenido de taninos.

De los resultados obtenidos en el contenido químico-nutricional podemos concluir que debido a que los cereales como el sorgo, son fuentes de carbohidratos y que el contenido de fibra disminuye la cantidad de carbohidratos y calorías totales en el grano, como se puede ver en el CUADRO III. Las variedades que tienen más alto contenido de fibra como son: la Gold-R, 7.4 %; Te-y-101-R, 7.72 % y Te-dinero con 8.4 %, tienen los valores más bajos en carbohidratos o extracto libre de nitrógeno, siendo de 77.65 %, 78.18 % y 77.68 % respectivamente, CUADRO III, y por otra parte otro parámetro que influye en la calidad de estos granos es el contenido de taninos, ya que estos afectan a la digestibilidad de las proteínas al enlazarse con estas, formando complejos. Las variedades que resultaron con alto contenido de taninos fueron: la Te-y-101-R, 10.16 mg/g; RB-3006, 8.69 mg/g; la

RB-3030, 8.98 mg/g y la BI-83, 6.66 mg/g. Con estos resultados podemos inferir que las variedades que presentaron mejores cualidades químico-nutricionales son: Victoria, 911-R, Te-y-75 y Te-y-77.

6.4 CARACTERISTICAS ANATOMICAS Y QUIMICO-NUTRICIONALES

Los granos de las variedades que presentaron color café en el pericarpio, como la Te-y-101-R, RB-3006, RB-3030 y BI-83, mostraron los valores mas altos en taninos siendo de 10.16 mg/g, 8.69 mg/g, 8.98 mg/g y 6.66 mg/g respectivamente. Estas variedades también exhibieron los mas bajos porcentajes de digestibilidad "in vitro" de la proteína con pepsina, siendo estos valores de 49.0%, 55.3%, 52.6% y 47.8%. Estos resultados confirman los estudios de *Butler et al.*, (1993), los cuales indican que los taninos con frecuencia se enlazan a las proteínas por lo que en el tracto digestivo los taninos del sorgo pueden enlazarse a las proteínas del alimento y reducir su digestibilidad. Esto fue reforzado en este estudio al obtener una correlación negativa (CUADRO V). Entre la digestibilidad "in vitro" de la proteína con pepsina y el contenido de taninos. Por su parte *Harris et al.*, (1970), encontraron que los niveles altos en taninos en el sorgo reducen la eficiencia del alimento, obteniendo un coeficiente de correlación negativo entre taninos y

digestibilidad la materia seca. También Koch et al., (1985), indica que la presencia de polifenoles, en la testa y pericarpios de sorgo resistentes a pájaros (sorgos altos en taninos), tienen un efecto inhibitor sobre la actividad enzimática durante la hidrólisis del almidón. Por otra parte Leucere (1982), indica que la interacción de enzimas-taninos, son usualmente fuertes y aparentemente no específicos, por lo que los taninos reducen la palatabilidad, digestibilidad y calidad nutricional del sorgo utilizado como alimento. Citan también que esta interacción entre taninos y enzimas digestivas depende del pH, fuerza iónica del medio ambiente, cantidad de taninos o enzimas y otros factores (CUADRO III).

En lo que se refiere a la textura del endospermo, las variedades presentaron dos tipos de textura del endospermo, siendo el parcialmente córneo o casi córneo almidonado. Estos son semejantes al endospermo intermedio (igual cantidad de endospermo córneo y harinoso), citado por Cohen y Tanksley, (1972). Esto nos indica que habrá una buena digestibilidad en general en las variedades, siempre y cuando el contenido de taninos no sea elevado. Esto es apoyado por el ANOVA en este estudio, el cual mostró que no hubo diferencias significativas en este parámetro a un nivel de significancia de 0.05. Sin embargo es interesante hacer notar que las variedades que presentaron la textura del endospermo de casi córneo almidonado, como la Victoria, Te-y-75 y Gold-R, mostraron los mas altos porcentos de digestibilidad del almidón en el

rúmen, siendo de 66.65%, 65.11% y 61.62%. Esto probablemente se deba a lo mencionado por *Cohen y Tanksley (1972)*, quienes obtuvieron mayores valores de digestibilidad de materia seca y materia orgánica con los sorgos con endospermo intermedio, al compararlos con sorgos de endospermo harinoso y córneo. Sin embargo, *Meyer y Gorbet, (1984)*, en su trabajo sobre granos de sorgo normales y cerosos con variación en el contenido de taninos en dietas de cerdos jóvenes, reportan que los niveles de taninos, pero no el tipo de endospermo, influye en el valor alimenticio del grano para el crecimiento de los cerdos. Por otra parte *Leucere (1982)*, menciona que los taninos se unen a enzimas digestivas inactivándolas, por lo que la digestibilidad de los nutrientes en general disminuye.

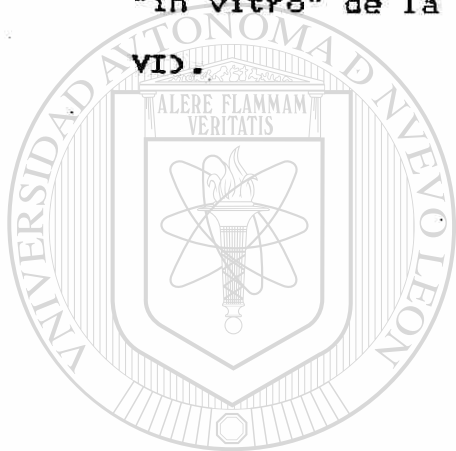
Otra posibilidad sería lo que cita *Wagner (1981)*, sobre el grado en el cual los gránulos de almidón son embebidos en la matriz protéica en el grano intacto. Indican también que la proteína que rodea al gránulo de almidón es más densa en el sorgo crudo y que esto puede presentar alguna barrera para la digestión del almidón, contribuyendo a una baja digestibilidad del almidón o relativo valor alimenticio en ausencia de procesamientos adecuados. Estos autores indican que en distintas partes del grano hay diferencias, señalando que los gránulos más pequeños de almidón y con matriz protéica más densa están cerca de la porción más externa del grano. También *Hibberd et al., (1982)*, mencionan que el tamaño de los gránulos o longitud de cadenas pueden afectar la degradación

del almidón. Así mismo citan que los gránulos de almidón del endospermo córneo, cuando son mas pequeños presentan un grado de gelatinización más alta y una viscosidad intrínseca mas alta comparada con los gránulos del almidón del endospermo harinoso. Por lo que esto puede ser de importancia tecnológica en el uso del grano. Por otra parte, estos autores mencionan que la digestibilidad del almidón se ve afectada por el contenido de taninos. Por lo anteriormente mencionado, la textura del endospermo de casi córneo almidonado, presenta más área de endospermo harinoso y en donde la matriz protéica es menos densa comparada con el endospermo periférico y córneo y también el tamaño pequeño de los gránulos de almidón y poco contenido de taninos que presentaron estas variedades se deba que obtuvieron los mas altos porcentos de digestibilidad del almidón (CUADROS II y III). Cabe mencionar que las variedades

Te-y-75 y Victoria, presentaron el tipo de endospermo casi córneo almidonado, gránulos pequeños de almidón y poco contenido de taninos, mostrando los más altos porcentos de digestibilidad del almidón.

En lo referente a la digestibilidad de la proteína con pepsina y en el rúmen, no fue tan evidente las diferencias en los porcentajes de digestibilidad entre los granos de las variedades. Esto confirma a Cohen y Tanksley, (1972), los cuales muestran en sus resultados sobre digestibilidad de la proteína o retención de nitrógeno en cerdos alimentados con dietas elaboradas con sorgos de tres texturas del endospermo,

pero igual almidón, que no hubo diferencias significativas. Esto mismo fué observado en el análisis de varianza, realizado para los granos de las diez variedades, el cual mostró que no hubo diferencias significativas a un nivel de significancia de 0.05. Sin embargo, es interesante hacer notar que se obtuvieron dos correlaciones positivas del tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo harinoso con digestibilidad "in vitro" de la proteína con pepsina y en el rúmen (CUADRO VI).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Con respecto a la textura del endospermo, los granos de las variedades, presentaron dos tipos de textura: el parcialmente córneo; en las variedades Te-y-77, Te-y-101-R, BI-83, RB-3006, RB-3030, Te-dinero y 911-R. Por otra parte la textura de casi córneo almidonado; fué para la Te-y-75, Gold-R y Victoria. Estos datos son interesantes ya que la textura del endospermo juega un papel importante en la determinación de las cualidades del sorgo. La cantidad de endospermo córneo y harinoso del grano de sorgo influyen en la textura del grano o textura del endospermo (Earp y Rooney, 1982). Una gran cantidad de endospermo periférico y córneo en el grano de sorgo, presenta mayor dificultad en la separación del almidón durante el procesado, (Rooney y Clark, 1968). Por otra parte Watson et al., (1955), mencionan que en el molido en húmedo de los granos de sorgo, el almidón recuperado y su purificación, presentan dificultad, debido a que el grano de sorgo, contiene una gran proporción de endospermo córneo y una capa de células densas, ricas en proteínas en la periferia del endospermo, abajo de la capa de aleurona. El contenido de proteína (Kafirina), es también importante ya que influye en la dureza y textura del grano (Anonymus, 1985).

El color del endospermo en los granos en las variedades fué para todas igual, presentando un color blanco.

En relación al aspecto del endospermo, todas las variedades presentaron un aspecto vitreo-translúcido en el endospermo córneo y blanco-opaco en el endospermo harinoso.

6.2 CARACTERISTICAS ANATOMICAS

Con respecto al grosor del pericarpio, los granos de las diez variedades mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$), pudiéndose observar que las variedades BI-83 y la Te-y-75, presentaron los pericarpios más delgados con $100.94 \mu\text{m}$ y $102.12 \mu\text{m}$ respectivamente. Por otra parte las variedades Victoria y Te-y-101-R mostraron los pericarpios más gruesos con $142.98 \mu\text{m}$ y $154.22 \mu\text{m}$ respectivamente. Con estos datos podemos concluir que los granos de las diez variedades, presentaron pericarpios gruesos por tener más de $48 \mu\text{m}$, lo cual confirma a *Earp y Rooney, (1982)*, los cuales mencionan que las dimensiones del pericarpio es diferente entre las variedades, señalando un rango de $8-32 \mu\text{m}$ en los pericarpios delgados y de $48-160 \mu\text{m}$ en los pericarpios gruesos. Hacen hincapié en que el grosor del pericarpio difiere aún en el mismo grano, como lo observaron en la variedad Nio-Fionto; las micrografías en diferentes regiones del grano, mostraron que para cerca del hilum fué de $80 \mu\text{m}$, cerca de la punta del grano $64 \mu\text{m}$, cerca del estilo $56 \mu\text{m}$ y a los lados del grano, $48 \mu\text{m}$. Por su parte *Blakely et al., (1979)*, menciona que del lado del hilum el grosor del pericarpio varía de 140 a $155 \mu\text{m}$ y de 30 a $50 \mu\text{m}$ del lado del endospermo.

El grosor del pericarpio es importante ya que puede presentar ventajas o desventajas. Dentro de las ventajas, se puede mencionar que los granos procesados que poseen un

pericarpio grueso y alto en endospermo córneo, producen las cualidades máximas de descorticado del grano sin quebrarse y un mínimo de esfuerzo y tiempo requerido para molerlo (Rooney y Murty, 1982). Lo anterior es también mencionado por Earp y Rooney, (1982), quienes mencionan además que los pericarpios gruesos y la presencia de una testa pigmentada, afectan el procesamiento de productos de sorgo. Indican que una testa delgada es más fácil de remover durante el molido.

La presencia de un pericarpio grueso puede ser un inconveniente en las variedades que lo presentan, ya que generalmente se deterioran más rápidamente que los sorgos con pericarpio delgado (Earp y Rooney, 1982).

En lo referente al grosor del epicarpio se pudo observar que entre las variedades hubo diferencias significativas ($p < 0.05$), encontrándose epicarpios delgados en las variedades 911-R ($9.9 \mu\text{m}$) y BI-83 ($11.4 \mu\text{m}$) y por otra parte se encontraron epicarpios gruesos en las variedades Victoria ($28.7 \mu\text{m}$) y Te-y-101-R ($21 \mu\text{m}$).

Con respecto al grosor del mesocarpio, en los granos de las diez variedades hubo diferencias entre las diez variedades ($p < 0.05$), pudiéndose observar que las variedades que presentaron menor grosor fueron: la Te-y-75 ($78.3 \mu\text{m}$) y la RB-3006 ($80.4 \mu\text{m}$) y de las que presentaron mayor grosor se pueden mencionar la Victoria ($101.5 \mu\text{m}$) y la Te-y-101-R ($124.8 \mu\text{m}$).

Todas las variedades presentaron un mesocarpio formado de

células de almidón. Esto puede ser una desventaja en los granos ya que proveen de un sustrato fácil a los hongos *Leukel* y *Martin* 1943; *Ellis*, 1972; *Glueck*, 1979; citados por *Earp* y *Rooney*, 1982.

Con alusión a la longitud de las células del mesocarpio, se encontró diferencia entre las variedades ($p < 0.05$), presentándose valores desde 35.2 μm en la Gold-R y 38.6 μm en la Victoria. Por otra parte las longitudes mas grandes las presentaron, la 911-R (48.7 μm) y la Te-y-77 (48.8 μm).

Del Tamaño de los gránulos de almidón del mesocarpio, se encontró que hubo diferencia entre las variedades ($p < 0.05$), presentándose valores desde 3.5 μm en la variedad Te-y-77 y 4.0 μm en la BI-83, hasta 4.8 μm y 5.2 μm en la Te-y-101-R y Victoria respectivamente. Estos valores quedan dentro de lo que menciona *Glennie, C.W.*, citado por *Earp*

y *Rooney*, (1982), el cual reporta un tamaño del gránulo de almidón en el pericarpio de 2 a 8 μm . Sin embargo *Zelezak* y *Varriano-Marston*, (1982), citan que las células del mesocarpio en granos de sorgo, contienen gránulos de 1 a 2.5 μm .

En lo concerniente al grosor del endocarpio, no se detectó diferencia significativa de las variedades ($p > 0.05$). Sin embargo se observaron valores bajos de 7.4 μm en la 911-R y 7.5 μm en la BI-83 y dentro de los valores mas altos se encuentran las variedades RB-3030 (10.2 μm) y Victoria (12.7 μm).

En el parámetro de longitud de las células de la

aleurona, se observaron diferencias significativas entre las variedades ($p < 0.05$), observándose que los valores menores los presentaron la BI-83 ($21.8 \mu\text{m}$) y la Victoria ($22.5 \mu\text{m}$) y los valores mayores la obtuvieron las variedades Te-y-101-R ($26.0 \mu\text{m}$) y la Te-y-75 ($29.0 \mu\text{m}$).

Con respecto al ancho de las células de la aleurona, se encontró diferencia significativa entre las variedades ($p < 0.05$), mostrando valores desde $12.9 \mu\text{m}$ en la RB-3030 y $13.6 \mu\text{m}$ en la Te-y-75 hasta $16.4 \mu\text{m}$ en la Te-dinero y $16.9 \mu\text{m}$ en la 911-R.

De la longitud de las células del endospermo periférico, se encontraron diferencias significativas entre las variedades ($p < 0.05$). Entre las longitudes menores, se encontraron las variedades Te-dinero ($27.3 \mu\text{m}$) y Victoria ($33.2 \mu\text{m}$) y de las longitudes mayores la RB-3030 ($44.4 \mu\text{m}$) y Te-y-101-R ($47.8 \mu\text{m}$).

Lo relacionado al ancho de las células del endospermo periférico, no mostró diferencia significativa entre las diez variedades ($p > 0.05$). Sin embargo se obtuvieron valores bajos desde $24.0 \mu\text{m}$ en la Te-y-101-R y $25.0 \mu\text{m}$ en la RB-3006 hasta de $38.8 \mu\text{m}$ en la RB-3030 y $39.4 \mu\text{m}$ en la Te-y-75.

En el parámetro; tamaño de los gránulos de almidón de las células del endospermo periférico, se detectó diferencia significativa entre los granos de las diez variedades ($p < 0.05$). Los valores más bajos los presentaron las variedades

Te-y-101-R ($6.5\mu\text{m}$) y Victoria ($8.1\mu\text{m}$) y de los valores más altos se encuentran la Te-y-77 ($12.3\mu\text{m}$) y RB-3030 ($12.6\mu\text{m}$). Estos valores corroboran los mencionados por *Subramanyam et al.*, 1981, citado por *Maiti*, 1986, el cual reporta un tamaño del gránulo del almidón de éste endospermo de 11.0 a $12.0\mu\text{m}$ en la madurez. Por otra parte *Glennie*, citado por *Earp y Rooney*, 1982, reporta un tamaño del gránulo de 6 a $10\mu\text{m}$.

En relación al tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo periférico, se detectó diferencia significativa entre las variedades ($p < 0.05$), encontrándose valores desde $1.4\mu\text{m}$ en las variedades Te-y-101-R hasta $2.4\mu\text{m}$ en la 911-R. Estos valores están dentro del rango que menciona *Zeleznaek y Varriano-Marston*, (1982), los cuales citan un rango para el tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo periférico de $0.4\mu\text{m}$ a $3.0\mu\text{m}$. Sin embargo *Subramanyam et al.*, 1981, citado por *Maiti*, 1986, menciona un rango de tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo en general de $0.75\mu\text{m}$ a $1.0\mu\text{m}$. Por su parte *Taylor et al.*, (1984), indican que los cuerpos de proteína aislados del endospermo, miden entre $0.4\mu\text{m}$ a $2.0\mu\text{m}$.

Con respecto a la longitud de las células del endospermo córneo, se puede mencionar que no se logró detectar una diferencia significativa entre las variedades ($p > 0.05$). Sin embargo se presentaron valores desde $102.9\mu\text{m}$ en la Te-dinero, hasta $129.9\mu\text{m}$ en la Te-y-101-R.

En lo que se refiere al ancho de las células del endospermo córneo, hubo diferencia significativa entre las

variedades ($p < 0.05$). Las variedades que obtuvieron los valores más bajos fueron la 911-R ($47.1 \mu\text{m}$) y la Te-y-77 ($49.0 \mu\text{m}$) y los que tuvieron valores más altos se encontraron la RB-3030 ($72.7 \mu\text{m}$) y la Te-dinero ($73.1 \mu\text{m}$).

En el parámetro del tamaño de los granulos de almidón del endospermo córneo si se detectó una diferencia significativa entre las variedades ($p < 0.05$). Los valores más bajos se encontraron en las variedades Victoria ($11.1 \mu\text{m}$) y Te-y-75 ($12.0 \mu\text{m}$) y de los valores más altos estan las variedades RB-3006 ($19.1 \mu\text{m}$) y la Te-dinero ($19.2 \mu\text{m}$). La mayoría de las variedades estudiadas presentaron valores mas altos que las reportadas por Glennie, C.W., citados por Earp y Rooney, 1982, el cual reporta un tamaño del granulo de almidón en el endospermo córneo de 7.0 a $13.0 \mu\text{m}$.

En cuanto al tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo córneo, se encontró diferencia significativa entre las variedades ($p < 0.05$). De los valores más bajos obtenidos en éste parámetro se encontraron las variedades RB-3030 ($0.9 \mu\text{m}$) y Gold-R ($1.0 \mu\text{m}$) y de los valores más altos están las variedades Victoria ($1.5 \mu\text{m}$) y la Te-y-101-R ($1.9 \mu\text{m}$).

Con respecto a la longitud de las células del endospermo harinoso se detectó diferencia significativa entre las variedades ($p < 0.05$). Las variedades Victoria y Te-y-77 presentaron los valores más bajos, siendo de $111.2 \mu\text{m}$ y $133.9 \mu\text{m}$ respectivamente y los valores más altos fueron para la RB-3030 ($165.6 \mu\text{m}$) y RB-3006 ($168.0 \mu\text{m}$).

En relación al parámetro de ancho de las células del endospermo harinoso, se encontró diferencias significativas entre las 10 variedades ($p < 0.05$), encontrándose valores menores para la Victoria ($59.2 \mu\text{m}$) y Te-dinero ($76.2 \mu\text{m}$) y los mayores valores para la variedad RB-3030 ($97.2 \mu\text{m}$) y la Gold-R ($110.1 \mu\text{m}$).

En alusión al tamaño de los gránulos de almidón del endospermo harinoso se encontró diferencia significativa entre las variedades ($p < 0.05$) encontrándose valores bajos en las variedades Te-y-77 ($8.0 \mu\text{m}$) y Victoria ($8.9 \mu\text{m}$) y valores más altos para las variedades 911-R ($15.7 \mu\text{m}$) y Te-dinero ($16.0 \mu\text{m}$). Estos resultados están dentro del rango que menciona Glennie, C. W., citado por Earp y Rooney, (1982), que es de $13.0-30 \mu\text{m}$.

Con respecto al tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo harinoso no se detectó diferencia significativa alguna entre las variedades ($p > 0.05$). Sin embargo se encontraron valores desde $1.2 \mu\text{m}$ en la variedad 911-R hasta $2.1 \mu\text{m}$ en la Te-y-77.

En todos los granos de las variedades se pudo observar que para los grosores de las partes integrantes del pericarpio (epicarpio, mesocarpio y endocarpio) hubo diferencias significativas ($p < 0.05$). Por otra parte la región que presentó mayor grosor del pericarpio fué el mesocarpio seguido del epicarpio y endocarpio (FIGURA 43).

En los parámetros de longitud y ancho de las células de

la aleurona, endospermo periférico, endospermo córneo, y endospermo harinoso se pudo observar que hay diferencias entre las variedades ($p < 0.05$). Sin embargo es interesante hacer notar que en los granos de las diez variedades, la longitud y ancho fué mayor para las células del endospermo harinoso, seguido del endospermo córneo, endospermo periférico y aleurona (FIGURAS 44 y 45). Estos datos son apoyados con un alto coeficiente de correlación positiva entre la longitud y ancho de las células de los endospermos córneo y harinoso (CUADRO IV).

En los parámetros de tamaño del gránulo de almidón y de los cuerpos de proteína, se puede observar que hay diferencias en el tamaño de los gránulos de almidón y de los cuerpos de proteína en las diferentes partes del grano, así como entre las variedades ($p < 0.05$). Es importante hacer notar que los gránulos de almidón fueron más grandes en el endospermo córneo, seguido del endospermo harinoso, periférico y mesocarpio. En cambio el tamaño mayor de los cuerpos de proteína fué para el endospermo periférico, seguido del endospermo harinoso y endospermo córneo. Con estos resultados podemos concluir que a mayor tamaño de almidón, menor tamaño de los cuerpos proteína (FIGURAS 46 Y 47). También se indica que se obtuvo un alto coeficiente de correlación negativa entre el tamaño del gránulo del almidón del endospermo córneo con el tamaño de los cuerpos de la proteína del endospermo córneo (CUADRO IV).

De los datos obtenidos en los resultados del ANOVA sobre los parámetros anatómicos y de las correlaciones entre lo anatómico y químico-nutricional, se deja abierta la posibilidad de hacer más estudios, con más repeticiones, tendientes a comprobar si en la mayoría de las variedades de sorgo se presentan estas mismas diferencias y con esto, se logren establecer equivalencias analíticas para sustituir una determinación anatómica por una química o viceversa, ya sea total o parcialmente y con esto se puedan seleccionar las variedades de acuerdo a los distintos requerimientos o usos, así como también escoger el tipo de procesamiento adecuado del grano de sorgo.

6.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICO NUTRICIONALES

Se encontró que hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) en el % de grasa en los granos de las diez variedades, encontrándose los más altos porcentos en las variedades Te-dinero (3.75%) y Gold-R (3.52%). Por otra parte las variedades que mostraron los más bajos porcentos fueron la RB-3006 (2.76%) y la RB-3030 (2.78%). Estos porcentos confirman lo que encontraron *Neucere y Sumrell, (1980)*, los cuales dan valores de 2.66-3.49 %. Por otra parte *Rooney et al., (1980)*, cita un valor de 3.5 %. Sin embargo *Osagie (1987)*, proporcionan valores más altos de los encontrados en este estudio (3.68-5.28 %). Por su parte el *Instituto de*

Nutrición de Centroamérica y Panamá, (1968), menciona un promedio de 3.4 % con un máximo de 4.5 % y un mínimo de 3.0 % para el grano de sorgo.

El % de fibra para los granos mostró que hubo diferencias significativas entre las variedades, encontrándose variedades con valores bajos de fibra en la BI-83 (2.31 %) y 911-R (2.65 %). Por otra parte las variedades que presentaron más altos porcentajes, fueron la Te-dinero (8.4 %) y la Te-y-101-R (7.72 %). Estos valores son semejantes a los que proporcionan *Duffus y Slaughter, (1985)*, los cuales dan un rango de 3.0-11.0 % de fibra para el grano de sorgo. Sin embargo el *Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, (1968)*, cita valores más bajos a los encontrados en este estudio, siendo de 2.0-3.0 %.

En el parámetro de ceniza no se pudo aplicar el análisis de varianza, por lo tanto no se determinó si las variedades presentaban diferencias significativas. Sin embargo se presentaron valores desde 1.17 % en la variedad Te-dinero hasta los más altos en la variedad Te-y-77 (1.91 %). Las variedades bajo estudio salieron bajas en ceniza. Sin embargo están dentro del rango que menciona el *Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, (1968)*, el cual da valores de 1.4 % como mínimo, 3.7 % como máximo, y un promedio de 2.6 % para los granos de sorgo.

De los datos obtenidos para el contenido de almidón se pudo observar que todas las variedades fueron muy similares con respecto a este parámetro. Sin embargo se logró detectar

diferencias significativas entre las variedades, encontrándose % bajos en la Te-y-75 (60.65 %) y Te-y-101-R (60.85 %) y los porcentajes más altos fueron para las variedades Te-dinero (64.10 %) y RB-3006 (64.20 %). Estos porcentajes están de los que menciona Rooney (1980), que son de 70-75 % de almidón en el grano de sorgo .

Del parámetro de proteína se encontró que hubo diferencias significativas entre las variedades, encontrándose dentro de los valores más bajos al Te-dinero (9.01 %) y a las variedades Te-y-101-R y 911-R (9.62 %) y las variedades que mostraron porcentajes más altos fueron la BI-83 (11.41 %) y la RB-3030 (11.43 %). Estos resultados están dentro del rango que mencionan algunos autores para el grano de sorgo, siendo de un 10 %, de acuerdo a Duffus y Slaughter, (1985). Por su parte el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, (1968), da un rango de 7.6-12.5 %. Sin embargo Neucere y Sumrell, (1980), proporcionan valores de 9.75 % y 14.32 % en las variedades GA 615 y NSA 740 respectivamente; y W. V., Y. V. y Stringfellow, (1981), citan un 9.0 % de proteína para el endospermo harinoso y un 18.61 % para el endospermo córneo.

Con respecto a los carbohidratos (E. L. N.) se obtuvieron porcentajes muy similares entre las variedades. Sin embargo se detectaron diferencias significativas entre estas, encontrándose dentro de los valores más bajos la Gold-R (77.65 %) y Te-dinero (77.68 %) y entre los valores altos se encuentran las variedades Te-y-77 (82.91 %) y 911-R (83.07 %).

Estos resultados que presentaron los granos de las diez variedades, estuvieron arriba de lo que reportan el *Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá*, (1968), que es de 68.0 % y *Neucere y Sumrell*, (1980), reportan un 67.61 % en la variedad NSA 740 y 73.37 % para la variedad GA 615 en granos enteros.

Para la digestibilidad de la proteína en el rúmen, no se logró detectar diferencias significativas entre las variedades. Sin embargo hubo valores desde 23.81 % en la RB-3030 y 24.59 en la RB-3006 hasta 36.82 % en la Te-dinero y 38.81 % en la variedad Victoria.

En la digestibilidad del almidón en el rúmen no se logró detectar diferencias significativas entre las variedades. Sin embargo dentro de los valores bajos se encuentran la Te-y-101-R (54.46 %) y la BI-83 (54.75 %) y los valores altos los presentaron las variedades Te-y-75 (65.11%) y Victoria (66.65 %).

El contenido de taninos mostró diferencias significativas entre las variedades ($p < 0.05$), encontrándose variedades con bajo contenido de taninos, como la Te-y-75 (2.50 mg/g) y la Gold-R (2.93 mg/g). Por otra parte se encontraron variedades con alto contenido en taninos, como la RB-3030 (8.98 mg/g) y la Te-y-101-R (10.16 mg/g). Estos valores están dentro de lo que menciona *Cummins*, (1971), quien reporta dos porcentajes: uno resistente a pájaros (alto contenido de taninos, 10.5 %) y otro no resistente a pájaros (bajo contenido de taninos, 4.2

%)

Con respecto a las calorías totales se detectaron diferencias significativas entre las variedades, encontrándose dentro de los valores más bajos a las variedades Te-y-101-R (380.36 Kcal/g) y Te-dinero (380.49 Kcal/g). Por otra parte los valores más altos fueron para las variedades Te-y-77 (398.67 Kcal/g) y la BI-83 (400.30 Kcal/g). Para este parámetro el *Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá* menciona un promedio de 342 Kcal/g para el sorgo.

En general para los granos de las variedades estudiadas, en la composición química se puede observar que hay diferencias entre las variedades, encontrándose que los mayores porcentajes fueron para carbohidratos, seguido del contenido de almidón, humedad, proteína (N X 6.25), fibra, grasa y ceniza. Se encontró que los granos de las variedades

fueron más diferentes en humedad y contenido de fibra. Sin embargo fueron más similares en contenido de proteína, grasa y ceniza. Es interesante hacer notar que también en la composición química las variedades que presentaron más altos porcentajes de fibra, fueron las más bajas en contenido de almidón, carbohidratos (E. L. N.) y calorías totales (FIGURAS 77 y 79).

En general sobre los parámetros de los tres tipos de digestibilidad y contenido de taninos, se puede observar que a mayor contenido de taninos hay menos digestibilidad de la proteína en el rúmen, de la proteína con pepsina y del almidón

en el rúmen y a menor contenido de taninos mayor digestibilidad de la proteína en el rúmen, de la proteína con pepsina y del almidón. Por otra parte los mayores porcentos de digestibilidad en general fué para la digestibilidad de la proteína con pepsina, seguida de la digestibilidad del almidón y por último de la digestibilidad de la proteína en el rúmen (FIGURA 78).

Con respecto a los parámetros de carbohidratos, contenido de almidón y calorías totales en general hubo poca diferencia entre las variedades. Sin embargo se observa que las variedades que presentaron porcentos bajos de carbohidratos, fueron bajos también para contenido de almidón y calorías totales (FIGURA 79).

En los parámetros de grasa con carbohidratos, se obtuvo una correlación negativa de estos, pudiendose mencionar que debido a que los granos los cuales son fuente de carbohidratos y no de grasas. Esto resulta lógico por lo que mencionan *Dufffus y Slaughter (1985)*, los cuales indican que en semillas oleaginosas que son fuente de proteína y aceite, hay una correlación negativa entre estos (CUADROS III Y V).

En lo que respecta a los parámetros de fibra, carbohidratos y calorías totales se tuvo una correlación negativa de fibra con carbohidratos y calorías totales. Esto nos indica que hay menor contenido de fibra, esta es sustituida en el peso total del grano por carbohidratos y que al aumentar esta, disminuyen los carbohidratos y por lo tanto

el valor energético del grano. Esto fué observado entre las variedades (CUADROS III Y V).

En lo que se refiere a los parámetros de digestibilidad "in vitro" con pepsina y contenido de taninos, se obtuvo una correlación negativa entre estos. Estos resultados confirman lo que mencionan *Butler et al.*, (1983), los que mencionan que los taninos suelen enlazarse con las proteínas del alimento y en el tracto digestivo, reduciendo su digestibilidad. Por su parte *Okoh et al.*, (1982), encontraron que en más de cuatro variedades de alimento fueron afectadas por un alto contenido de taninos.

De los resultados obtenidos en el contenido químico-nutricional podemos concluir que debido a que los cereales como el sorgo, son fuentes de carbohidratos y que el contenido de fibra disminuye la cantidad de carbohidratos y calorías totales en el grano, como se puede ver en el CUADRO III. Las variedades que tienen más alto contenido de fibra como son: la Gold-R, 7.4 %; Te-y-101-R, 7.72 % y Te-dinero con 8.4 %, tienen los valores más bajos en carbohidratos o extracto libre de nitrógeno, siendo de 77.65 %, 78.18 % y 77.68 % respectivamente, CUADRO III, y por otra parte otro parámetro que influye en la calidad de estos granos es el contenido de taninos, ya que estos afectan a la digestibilidad de las proteínas al enlazarse con estas, formando complejos. Las variedades que resultaron con alto contenido de taninos fueron: la Te-y-101-R, 10.16 mg/g; RB-3006, 8.69 mg/g; la

RB-3030, 8.98 mg/g y la BI-83, 6.66 mg/g. Con estos resultados podemos inferir que las variedades que presentaron mejores cualidades químico-nutricionales son: Victoria, 911-R, Te-y-75 y Te-y-77.

6.4 CARACTERISTICAS ANATOMICAS Y QUIMICO-NUTRICIONALES

Los granos de las variedades que presentaron color café en el pericarpio, como la Te-y-101-R, RB-3006, RB-3030 y BI-83, mostraron los valores mas altos en taninos siendo de 10.16 mg/g, 8.69 mg/g, 8.98 mg/g y 6.66 mg/g respectivamente. Estas variedades también exhibieron los mas bajos porcentajes de digestibilidad "in vitro" de la proteína con pepsina, siendo estos valores de 49.0%, 55.3%, 52.6% y 47.8%. Estos resultados confirman los estudios de *Butler et al.*, (1993), los cuales indican que los taninos con frecuencia se enlazan a las proteínas por lo que en el tracto digestivo los taninos del sorgo pueden enlazarse a las proteínas del alimento y reducir su digestibilidad. Esto fue reforzado en este estudio al obtener una correlación negativa (CUADRO V). Entre la digestibilidad "in vitro" de la proteína con pepsina y el contenido de taninos. Por su parte *Harris et al.*, (1970), encontraron que los niveles altos en taninos en el sorgo reducen la eficiencia del alimento, obteniendo un coeficiente de correlación negativo entre taninos y

digestibilidad la materia seca. También Koch et al., (1985), indica que la presencia de polifenoles, en la testa y pericarpios de sorgo resistentes a pájaros (sorgos altos en taninos), tienen un efecto inhibitor sobre la actividad enzimática durante la hidrólisis del almidón. Por otra parte Leucere (1982), indica que la interacción de enzimas-taninos, son usualmente fuertes y aparentemente no específicos, por lo que los taninos reducen la palatabilidad, digestibilidad y calidad nutricional del sorgo utilizado como alimento. Citan también que esta interacción entre taninos y enzimas digestivas depende del pH, fuerza iónica del medio ambiente, cantidad de taninos o enzimas y otros factores (CUADRO III).

En lo que se refiere a la textura del endospermo, las variedades presentaron dos tipos de textura del endospermo, siendo el parcialmente córneo o casi córneo almidonado. Estos son semejantes al endospermo intermedio (igual cantidad de endospermo córneo y harinoso), citado por Cohen y Tanksley, (1972). Esto nos indica que habrá una buena digestibilidad en general en las variedades, siempre y cuando el contenido de taninos no sea elevado. Esto es apoyado por el ANOVA en este estudio, el cual mostró que no hubo diferencias significativas en este parámetro a un nivel de significancia de 0.05. Sin embargo es interesante hacer notar que las variedades que presentaron la textura del endospermo de casi córneo almidonado, como la Victoria, Te-y-75 y Gold-R, mostraron los mas altos porcentos de digestibilidad del almidón en el

rúmen, siendo de 66.65%, 65.11% y 61.62%. Esto probablemente se deba a lo mencionado por *Cohen y Tanksley (1972)*, quienes obtuvieron mayores valores de digestibilidad de materia seca y materia orgánica con los sorgos con endospermo intermedio, al compararlos con sorgos de endospermo harinoso y córneo. Sin embargo, *Meyer y Gorbet, (1984)*, en su trabajo sobre granos de sorgo normales y cerosos con variación en el contenido de taninos en dietas de cerdos jóvenes, reportan que los niveles de taninos, pero no el tipo de endospermo, influye en el valor alimenticio del grano para el crecimiento de los cerdos. Por otra parte *Leucere (1982)*, menciona que los taninos se unen a enzimas digestivas inactivándolas, por lo que la digestibilidad de los nutrientes en general disminuye.

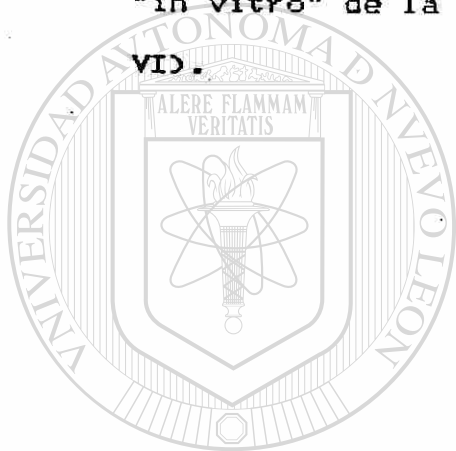
Otra posibilidad sería lo que cita *Wagner (1981)*, sobre el grado en el cual los gránulos de almidón son embebidos en la matriz protéica en el grano intacto. Indican también que la proteína que rodea al gránulo de almidón es más densa en el sorgo crudo y que esto puede presentar alguna barrera para la digestión del almidón, contribuyendo a una baja digestibilidad del almidón o relativo valor alimenticio en ausencia de procesamientos adecuados. Estos autores indican que en distintas partes del grano hay diferencias, señalando que los gránulos más pequeños de almidón y con matriz protéica más densa están cerca de la porción más externa del grano. También *Hibberd et al., (1982)*, mencionan que el tamaño de los gránulos o longitud de cadenas pueden afectar la degradación

del almidón. Así mismo citan que los gránulos de almidón del endospermo córneo, cuando son mas pequeños presentan un grado de gelatinización más alta y una viscosidad intrínseca mas alta comparada con los gránulos del almidón del endospermo harinoso. Por lo que esto puede ser de importancia tecnológica en el uso del grano. Por otra parte, estos autores mencionan que la digestibilidad del almidón se ve afectada por el contenido de taninos. Por lo anteriormente mencionado, la textura del endospermo de casi córneo almidonado, presenta más área de endospermo harinoso y en donde la matriz protéica es menos densa comparada con el endospermo periférico y córneo y también el tamaño pequeño de los gránulos de almidón y poco contenido de taninos que presentaron estas variedades se deba que obtuvieron los mas altos porcentos de digestibilidad del almidón (CUADROS II y III). Cabe mencionar que las variedades

Te-y-75 y Victoria, presentaron el tipo de endospermo casi córneo almidonado, gránulos pequeños de almidón y poco contenido de taninos, mostrando los más altos porcentos de digestibilidad del almidón.

En lo referente a la digestibilidad de la proteína con pepsina y en el rúmen, no fue tan evidente las diferencias en los porcentajes de digestibilidad entre los granos de las variedades. Esto confirma a Cohen y Tanksley, (1972), los cuales muestran en sus resultados sobre digestibilidad de la proteína o retención de nitrógeno en cerdos alimentados con dietas elaboradas con sorgos de tres texturas del endospermo,

pero igual almidón, que no hubo diferencias significativas. Esto mismo fué observado en el análisis de varianza, realizado para los granos de las diez variedades, el cual mostró que no hubo diferencias significativas a un nivel de significancia de 0.05. Sin embargo, es interesante hacer notar que se obtuvieron dos correlaciones positivas del tamaño de los cuerpos de proteína del endospermo harinoso con digestibilidad "in vitro" de la proteína con pepsina y en el rúmen (CUADRO VI).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

B I B L I O G R A F I A

Akingbala, J.O. Palacios, L.G. Sweat, V.E. y Rooney, L.W. 1981. Thermal Properties of Sorghum starches. Cereal Foods World 26 (9):486. (Abstract).

Anonymus, 1985. Chemical and Physical aspects of food and nutritional quality of Sorghum. In: Smic Newsletter, August, 1985, INCRISAT, Issue No. 17, pp. 3-4 INCRISAT, Patanchera, Andhra Pradesh, India.

Association Official Agricultural Chemists Washington D.C. Official methods of analysis of the A.O.A.C. 12 th 'ed. Washington, D.C., 1975.

Baroccio, A., Mariani, G., Corsaro, F., Gaddi, S., y Scarino, D. 1985. Content and quality of the tannins present in Sorghum grains. (It). Informatore Agrario 41 (13): 79-82, 85-86 [®] 29 ref.

Bate-Smith, E.C. y Rasper, V. 1969. Tannins of grain Sorghum. Luteoforol (Leucoluteolinidin) 3', 4, 4', 5, 7 Pentahydroxyflavan. Journal of Food Science 34: 203-209.

Beck, E. y Ziegler, P. 1989. Biosynthesis and degradation of starch in higher plants. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 40:

Blakely, M.E., Rooney, L.W., Sullins, R.D. y Miller, F.R. 1979
Microscopy of the pericarp and the testa of different
genotypes of Sorghum. Crop Science 19:837-842.

Burns, R.E. 1971. Method for estimation of tannin in grain
Sorghum. Agronomy Journal 63: 511-512.

Butler, L.G., Riedl, D.J., y Lebryk, D.G. 1983. Interaction of
proteins with sorghum tannins: mechanism, specificity and
significance. Journal of the American Oil Chemists Society 60
(4): 730.

Chibber, B.A.K., Mertz, E.T. y Axtell, J.D., 1978. Effects of
dehulling on tannin content protein distribution and quality
of high and low tannin Sorghum. J. Agric. Foods Chem. 26 (3):
679-683.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Cohen, R.S. y Tanksley, J.R., T.D. 1972. Energy and protein
digestibility of Sorghum grain with different endosperm
textures and starch types in growing swine. Texas A&M Univ.
Agr. Exp. Sta. Consolidated PR-3047.

Cummins, D.G. 1971. Relationships between tannin content and
forage digestibility in Sorghum. Agronomy Journal 63: 500-502.

Daniel, W.W. 1977. Bioestadística Ed. Limusa. pp. 1-485.

Deosthale, Y.G., Mohan, V.S. y Rao, K.W. 1970. Varietal differences in protein, lysine, and leucine content of grain sorghum, J. Agr. Food Chem. 18 (4): 644-646.

Doherty, C., Faubion, J.M. y Rooney, L.W. 1982. Semiautomated determination of phytate in sorghum and sorghum products. Cereal Chem.

Duffus, D. y Slaughter, C. 1985. Las semillas y sus usos. AGT Editor, s.a. PP 1-188.

Earp, C.F. y Rooney, L.W. 1982. Scanning electron microscopy of the pericarp and testa of several sorghum varieties. Food Microstructure 1:125-134.

Ejeta, G. y Axtell, J.D. 1987. Dry-matter accumulation and carbohydrate composition in developing normal and high lysine Sorghum grain. J. Agric. Food Chem. 35: 981-985. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El-Tuhami, M.M.K. 1982. Development of tannin in different parts of the Sorghum plant (*Sorghum bicolor* L. Moench). Sorghum Newsletter 25:100.

Fahn, A. 1978. Anatomía vegetal Ed. Blume pp. 1-643.


Featherston, W.R. y Rogler, J.C. 1975. Influence of tannins on

the utilization of sorghum grain by rats and chicks. Nutrition Reports International 11 (6): 491-497.

Glennie, C.W., Harris, J., y Liebenberg, N.V.D.W. 1983. Endosperm modifications in germinating sorghum grain. Cereal Chemistry 60 (1) 27-31.

Glennie, C.W., Liebenberg, N.V.D.W., y Van Tonder, H.S. 1984. Morphological development in sorghum grain. Food Microbiology 3: 141-148.

Hahn, D.H., McDonough, C., Rosenow, D.T., Miller, F.R., Rooney, L.W. y Meckenstock, D. 1984. Shawaya: A "Black" Sorghum from the Western Sudan. Sorghum Newsletter 27: 51-52.

Hahn, D.H., Rooney, L.W., y Faubion, J.M. 1983. Effect of genotype on content and distribution of sorghum phenols. Cereal Foods World 28 (9): 559-560. (Abstract). 

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Hamaker, B.R., Kirleis, A.W., Mertz, E.T. y Axtell, J.D. 1986. Effect of cooking on the protein profiles and in vitro digestibility of sorghum and maize. J. Agric. Food Chem. 34: 647-649.

Harris, H.B., Cummins, D.G. y Burns, R.E. 1970. Tannin content and digestibility of sorghum grain as Influenced by bagging.

Agronomy Journal 62: 633-635.

Hibber, C.A., Wagner, D.G., Schemm, R.L., Mitchell, E.D.JR., Weibel, D.E., y Hintz, R.L. 1982. Digestibility characteristics of isolated starch from Sorghum and corn grain. Journal of Animal Science 55 (6): 1490-1497.

Hoshino, I., Duncan, R.R. 1981. Factors contributing to variation in the vanillin-HCL analysis method for sorghum grain tannin. Bulletin of the Chugoku National Agricultural Experiment Station A 29: 71-80.

House, L.R. 1980. A Guide to Sorghum breeding. International Crops Research Institute for the Semi Arid Tropics ICRISAT. Patancheru P.O. Andhra Pradesh, India 502324 pp: 1-238.

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. 1968. Tabla de composición de pastos y forrajes y otros alimentos de Centro América y Panamá. Publicación No. INCAP E-440. Primera edición pp. 1-153.

International Board for Plant Genetic Resources IBPGR. 1980. Sorghum descriptors Roma. Italia.

Johansen, D.A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill Book Company, INC New York and London. pp. 126-154.

Kock, J.L.F., Groenewald, E.G., Kruger, G.H.J., Eloff, J.N., y Lategan, P.M. 1985. Extraction of polyphenols and hidrolisis of bird proof sorghum starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 36 (11): 1140-1144.

Leucere, J.N. 1982. Polyphenols in grain sorghum Chemistry and nutritional adversities of condensed tannins. *Abstracts of papers of the American Chemical Society* 183: 21.

Lux, A., y Ruiz, J.O. 1987. Manual de microscopía electrónica ultraestructura y citología vegetal. *Fac. de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León (U.A.N.L.)* 1: 1-70.

Maiti, R. 1986. Morfología, crecimiento y desarrollo del sorgo. *Facultad de Agronomía, U. A. N. L., Marín, Nuevo León, México* pp. 3-419.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Maxon, E.D., Clark, L.E., Rooney, L.W. y Johnson, J.W. 1972. Factors affecting the tannin content of sorghum grain as determined by two methods of tannin analysis. *Crop Science* 12: 233-235.

Maxon, E.D. y Rooney, L.W. 1972. Two methods of tannin analysis for *Sorghum bicolor* (L) Moench grain, *Crop Science* 12: 253-254.

Maxon, E.D., Rooney, L.W. Lewis, R.W., Clark, L.E. y Johnson, J.W. 1973. The relationship between tannin content enzyme inhibition rat performance, and characteristics of sorghum grain. *Nutrition Reports International*. 8 (2): 145-152.

McGrath, R.M., Kaluza, W.Z., Daiber, K.H., Riet, W.B., Van Der., y Glennie, C.W. 1982. Polyphenols of sorghum grain, their changes during malting and their inhibitory nature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 30 (3): 450-456.

Meyer, R.D., y Gorbet, D.W. 1984. Waxy and normal grain sorghums with varying tannin contents in diets for young pigs. *Sorghum Newsletter* 27:51.

Meyer, R.D., Gorbet, D.W. y Combs, G.E. 1985. Nutritive value of high and low-tannin grain sorghums harvested and stored in the high-moisture state for growing-finishing swine. *Sorghum Newsletter* 28

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Murray, D.R., Ed. 1984. *Seed Physiology*. Vol. 1 Development. Academic Press. Sydney pp. 1-279.

Neucere, N.J. y Sumrell, G. 1979. Protein fractions from five varieties of grain sorghum: aminoacid composition and solubility properties. *J. Agric. Food Chem.* 27 (4): 809-812.

Neucere, N.J. y Sumrell, G. 1980. Chemical composition of different varieties of grain sorghum. J. Agric. Food Chem. 28: 19-21.

Ogunlela, V.B. y Ologunde, O.O. 1982. Effect of nitrogen fertilization and plant density on sorghum grain nitrogen and crude protein contents. Sorghum Newsletter 25:22-23.

Okoh, P.N., Obilana, A.T., Njoku, P.C., y Aduku, A.O. 1982. Proximate analysis, aminoacid composition and tannin content of improved Nigerian Sorghum varieties and their potential in poultry feeds. Animal Feed Science and Technology 7: 353-364.

Osagie, A.U. 1987. Total lipids of Sorghum grain. J. Agric. Food Chem. 35: 601-604.

Reichert, R.O. Fleming, S.F. y Schwab, D.J. 1980. Tannin deactivation and nutritional improvement of sorghum by anaerobic storage of water-HCl or NaOH treated grain. Sorghum Newsletter 23: 112.

Rodríguez de Mora, D. 1982. Efecto de los polifenoles sobre la digestibilidad in vivo e in vitro de la proteína del frijol. Tesis de maestría del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá de la Fac. de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. pp 1-66.

Rooney, L.W. y Clark, L.E. 1968. The chemistry & processing of Sorghum grain. Cereál Science Today. 13 (7): 258-286.

Rooney, L.W. 1979. Sorghum for food: oportunities, problems and potential. Reprinted from thirty-fourth Annual Corn and Sorghum Research Conference: 180-187.

Rooney, L.W., Khan, M.N. y Earp, C.F. 1980. The technology of Sorghum products chapter in recent progressin cereal chemistry: Cereals for Food and Beverages. Inglett, G. (ed). Acadmic Press Inc. New York, In Press 513-554.

Rooney, L.W. y Murty, D.S. 1982. Evaluation of Sorghum food quality. In: Sorghum in the eighties. Proceedings of the International Symposium on Sorghum Vol. 2 House, L.R.,

Mughogho, L.K. y Peacock, J.M. (Ed.). The International Crops Research Institute for the Semi Arid Tropics (ICRISAT)

Patancheru, A.P. India pp 571-588

Sanders, E.H. 1955. Developmental morphology of the kernel in grain Sorghum. Cereal Chem. 32: 12-25.

Sarani, S., Kovak, K., Teeter, R.G., y Hibberd, C.A. 1983. Feeding value of reconstituted high-tannin Sorghum in a practical ration in a chick trial. Animal Science research report. Stillwater, Oklahoma USA: Oklahoma State University,

Animal Science Department pp 255-257.

Schelling, G.T., Rooney, L.W., y Ellis, W.C. 1981. The complete order of limiting amino acids in sorghum grain. Presented at the Meeting of the American Society of Animal Science, Southern Region, 1-4 February 1981, Atlanta, Georgia, USA. (Abstract).

Sheuring, J. F., Sidibe, S., Rooney, L. W. y Earp, C. F. 1983. Sorghum pericarp thickness and its relation to decortication in a wooden mortar and pestle. Cereal Chemistry 60 (1): 86-89.

Sell, D. R., Fogler, J.C., y Featherston, W.R. 1983. The effects of sorghum tannin and protein level on the performance of laying hens maintained in two temperature environments. Poultry Science 62 (12): 2420-2423.

Sikka, K.C. y Johari, R.F. 1979. Comparative nutritive value and amino acid content of different varieties of Sorghum and effect of lysine fortification. J. Agric. Food Chem. 27 (5): 962-965.

Slack, C.R. y Browse, J.A. 1984. Synthesis of storage lipids in developing seeds. In: Seed Physiology (Ed. Murray, D.R.). Academic Press Sydney pp 209-240.

Strumeyer, D.H. y Malin, M.J. 1975. Condensed Tannins in grain Sorghum: Isolation, fractionation, and Characterization. J. Agric. Food Chem. 23 (5): 909-914.

Subramanian, V., Butter, L.G., Jambunathan, R., y Rao, K.E.P. 1983. Same agronomic and biochemical characters of brown sorghums and their possible role in bird resistance. Journal of Agricultural and Food Chemistry 31 (6): 1303-1307.

Sullins, R.D., Rooney, L.W. y Rosenow, D.T. 1975. Endosperm structure of high lysine Sorghum. Crop Science 15: 599-600.

Tanksley, J.R., y Brzozowski, G .R. 1972. Effects of four methods of processing sorghum grain on the energy and protein digestibility in growing swine. Texas A & M Univ. Agr. Exp. Sta. Consolidated PR-3046.

Tanksley, J.R.N., T.D. y Osbourn, L.k. 1972. Four methods of processing sorghum grain for growing finishing swine. Texas A & M Univ. Agr. Exp. Sta. Consolidated PR-3045.

Taylor, J.R.N., Novellie, L. y Liebenberg, N.v.d.W. 1984. Sorghum protein body composition and ultraestructure. Cereal Chem. 61 (1): 69-73.

Taylor, J.R.N., Novellie, L. y Liebenberg, N.V.D.W. 1985.

Protein body degradation in the starchy endosperm of germinating Sorghum. *Journal of Experimental Botany* 36 (169): 1287-1295.

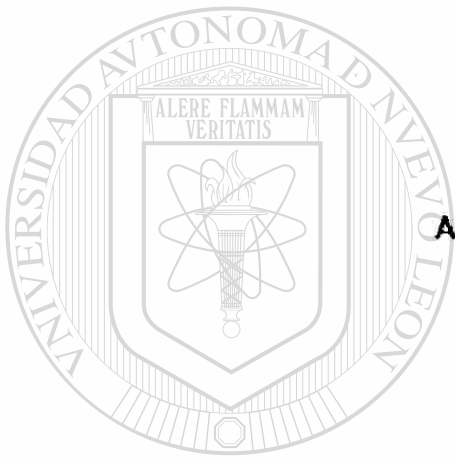
Wagner, D.G. 1981. Improving Sorghum grain. *Feed management* 32 (12): 12-16.

Watson, S.A., Sanders, E.H., Wakely, R.D. y Williams, C. B. 1955. Peripheral cells of the endosperms of grain Sorghum and corn and their influence on starch purification. *Cereal Chem.* 32: 165-82.

WU, Y.V. y Stringfellow, A.C. 1981. Protein concentrate from air classification of flour and horny endosperm from high-lysine Sorghum. *Journal of Food Science* 46 (1): 304-305.

Yadav, S.P., y Rana, B.S. 1983. Tannin content at different stages of grain development in some bird susceptible and resistant sorghums. *Current Science* 52 (17): 804-806.

Zeleznak, K. y Varriano-Marston, E. 1982. Pearl Millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) and grain Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ultrastructure. *Amer. J. Bot.* 69 (8): 1306-1313.



A P E N D I C E

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 80. Fotomicrografía de microscopio óptico de un corte transversal semifino del grano de la variedad Te-y-101-R, mostrando las Células del Epicarpio (CE), Mesocarpio (M), Almidón del Mesocarpio (AM), Endocarpio (E), Células de Cruz (CC), Células del Tubo (CT), Células de Aleurona (CA), y Endospermo Periférico (EP). Colorante Fucsina básica y Azul de Toluidina. Aumento 390 X.



Figura 81. Fotomicrografía de microscopio óptico de un corte transversal semifino del grano de sorgo de la variedad Victoria, mostrando las Células del epicarpio (CE), Mesocarpio (M), Células del Mesocarpio (CM), Almidón del Mesocarpio (AM), Endocarpio (E), Células de la Aleurona (CA), Endospermo Periférico (EP), Endospermo Córneo (EC). Colorante Fucsina básica y Azul de toluidina. Aumento 390 X.

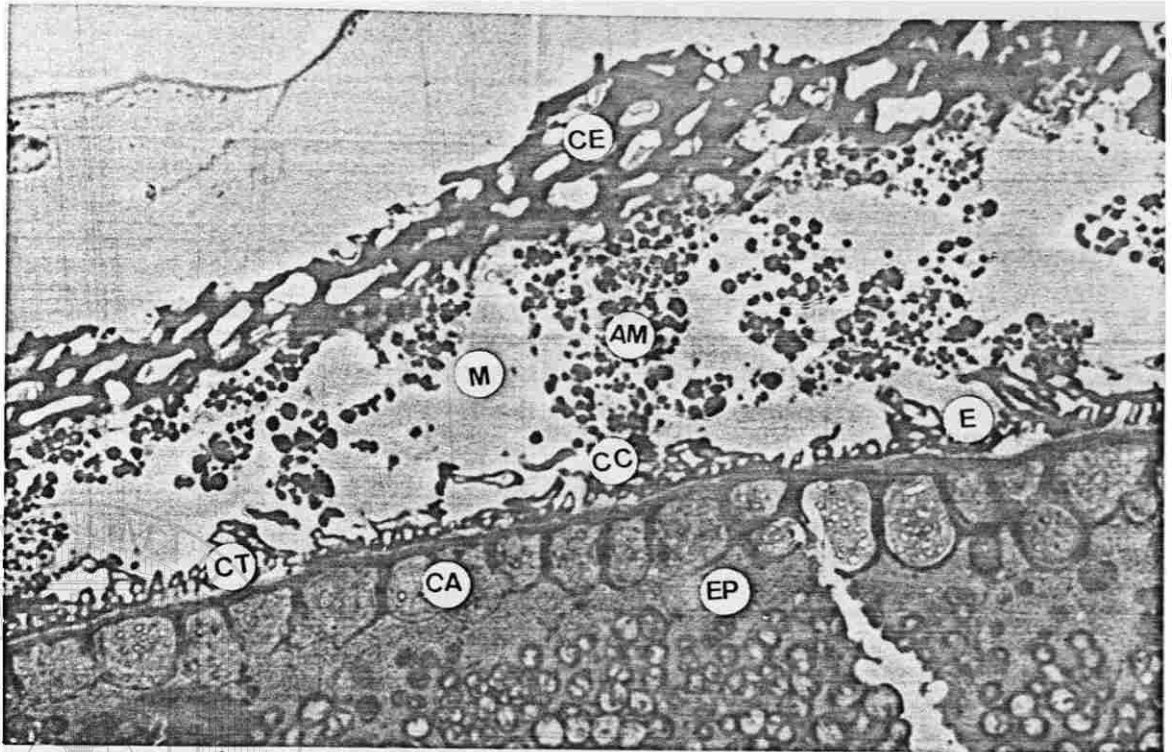


Figura 80.

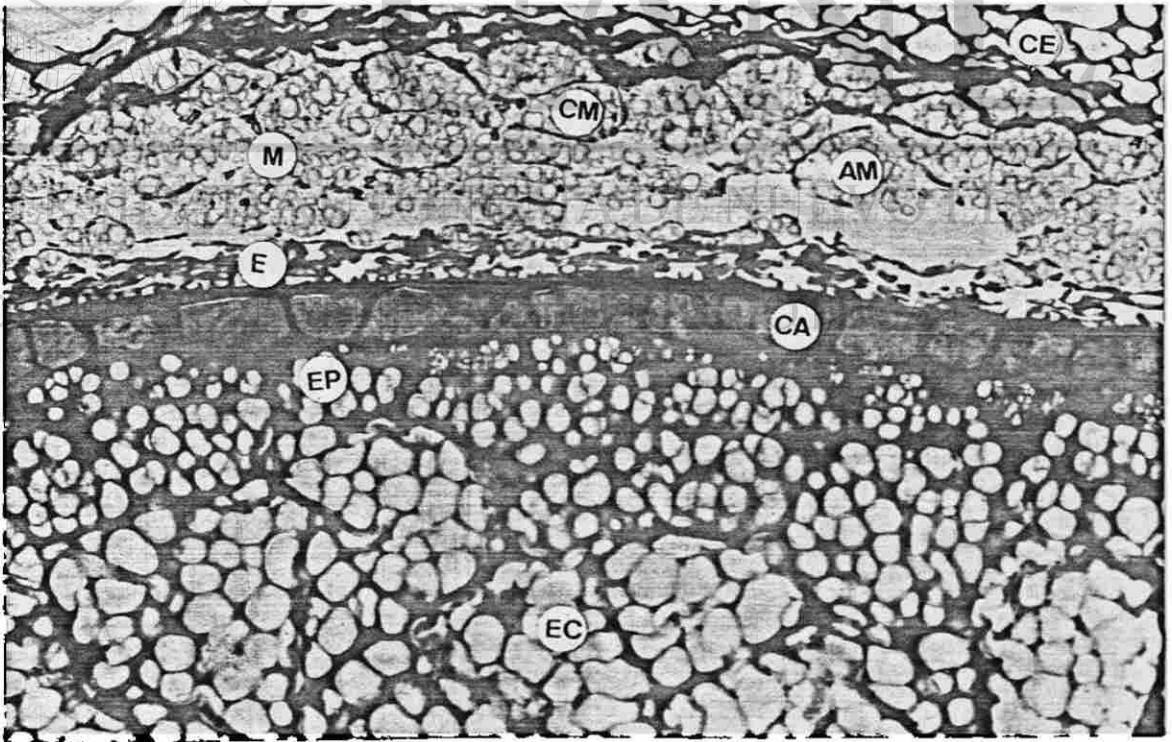
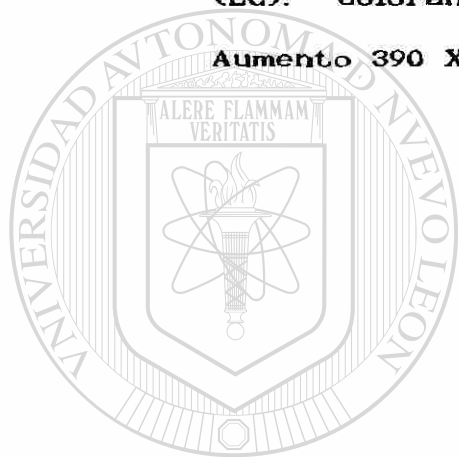


Figura 81.

Figura 82. Fotomicrografía de microscopio óptico de un corte transversal semifino del grano de la variedad Te-y-101-R, que muestra el Endocarpio (E), Células de la Aleurona (CA), Endospermo Periférico (EP) y Endospermo Córneo (EC). Colorante Fucsina básica y Azul de toluidina. Aumento 390 X.



U A N L

Figura 83. Fotomicrografía de microscopio óptico de un corte transversal semifino del grano de la variedad Victoria, mostrando las Células de la Aleurona (CA), Endospermo Periférico (EP) y Endospermo Córneo (EC). Colorante Fucsina básica y Azul de toluidina. Aumento 390 X.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

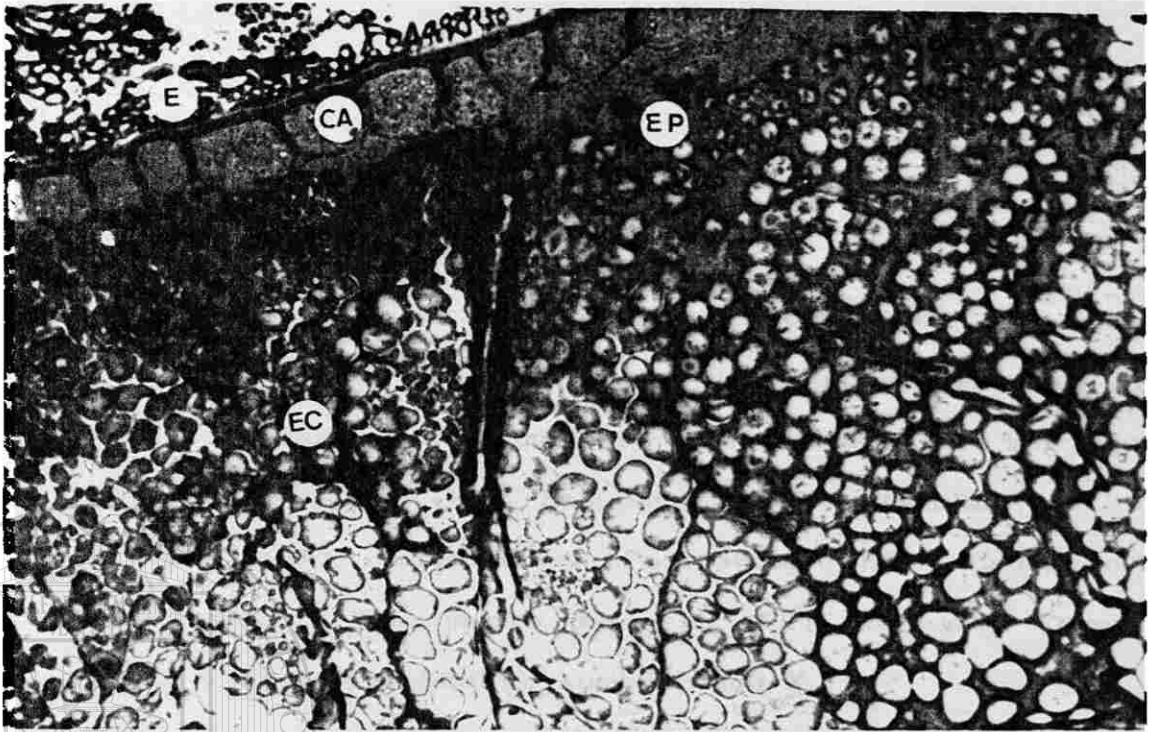


Figura 82.

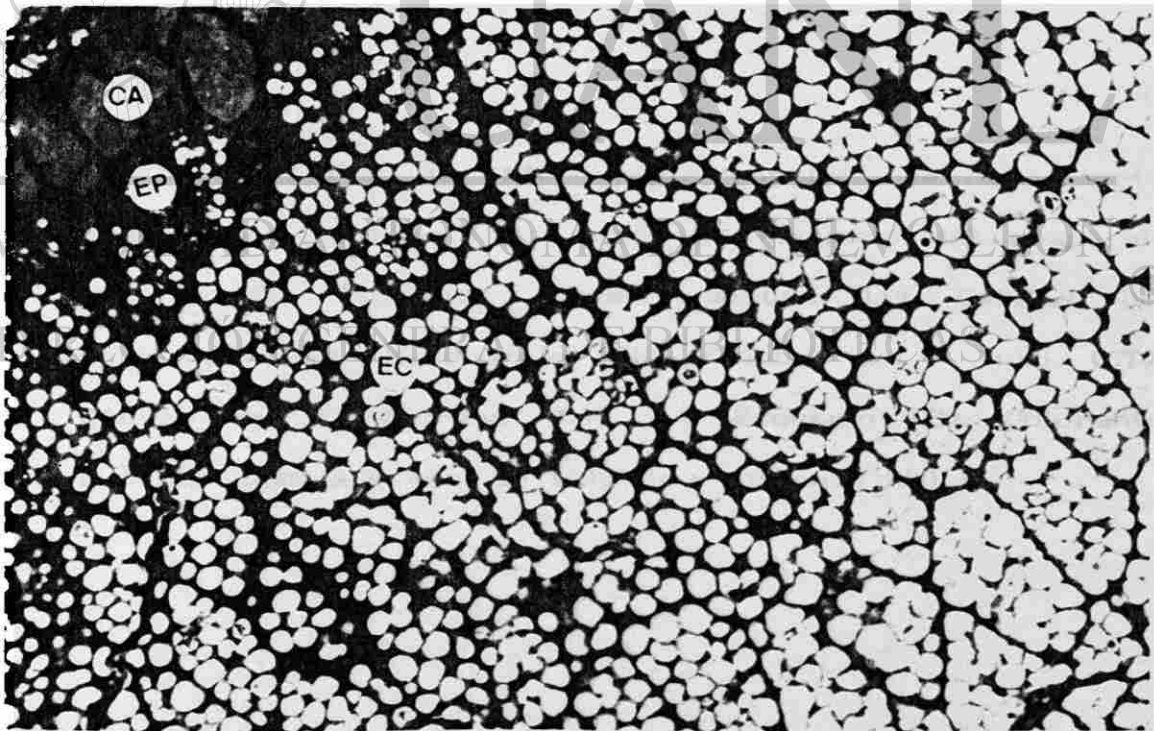
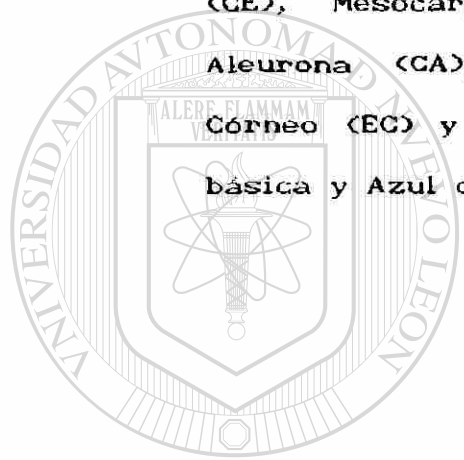


Figura 83.

Figura 84. Fotomicrografía de microscopio óptico de un corte transversal semifino a nivel del Endospermo en la variedad Victoria, que muestra las Células del Epicarpio (CE), Mesocarpio (M), Endocarpio (E), Células de la Aleurona (CA), Endospermo Periférico (EP), Endospermo Córneo (EC) y Endospermo Harinoso (EH). Colorante Fucsina básica y Azul de toluidina. Aumento 160 X.



U A N L

Figura 85. Fotomicrografía de Microscopio óptico de un corte transversal semifino a nivel de escutelo del grano de la variedad Victoria, que muestra las Células del Epicarpio (CE), Mesocarpio (M), Células del Tubo (CT), Células de la Aleurona (CA) y Escutelo (E). Colorante Fucsina básica y Azul de toluidina. Aumento 390 X.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

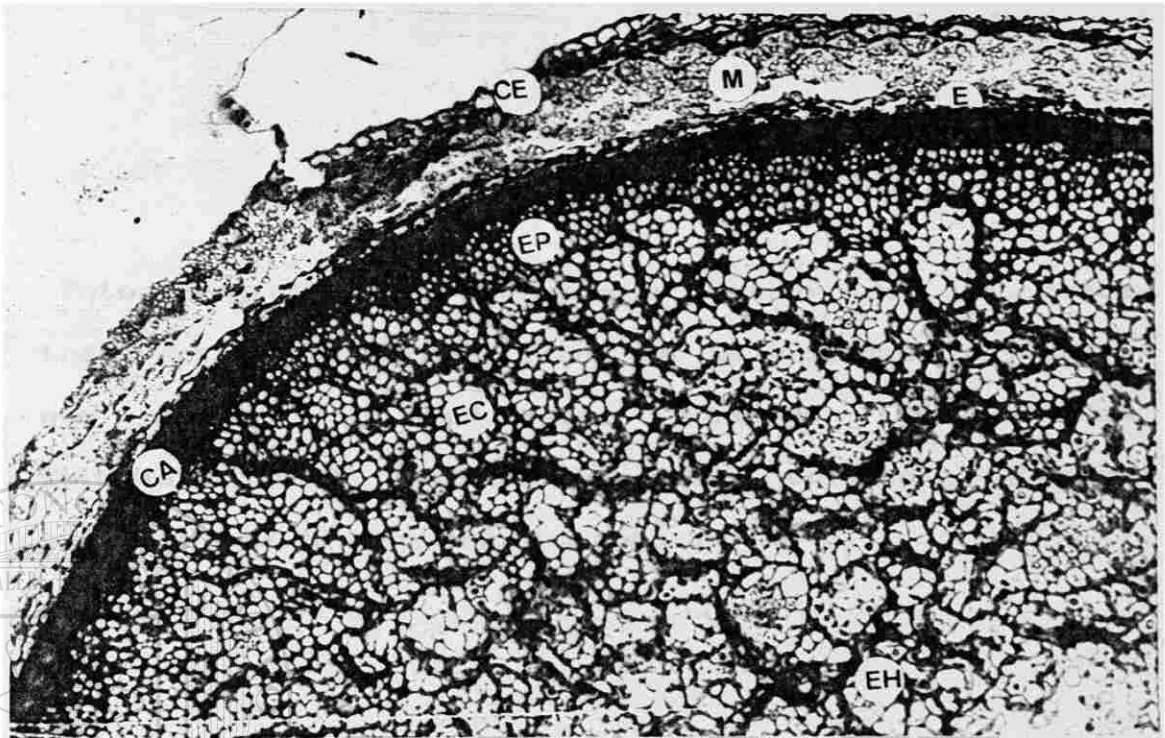


Figura 84.

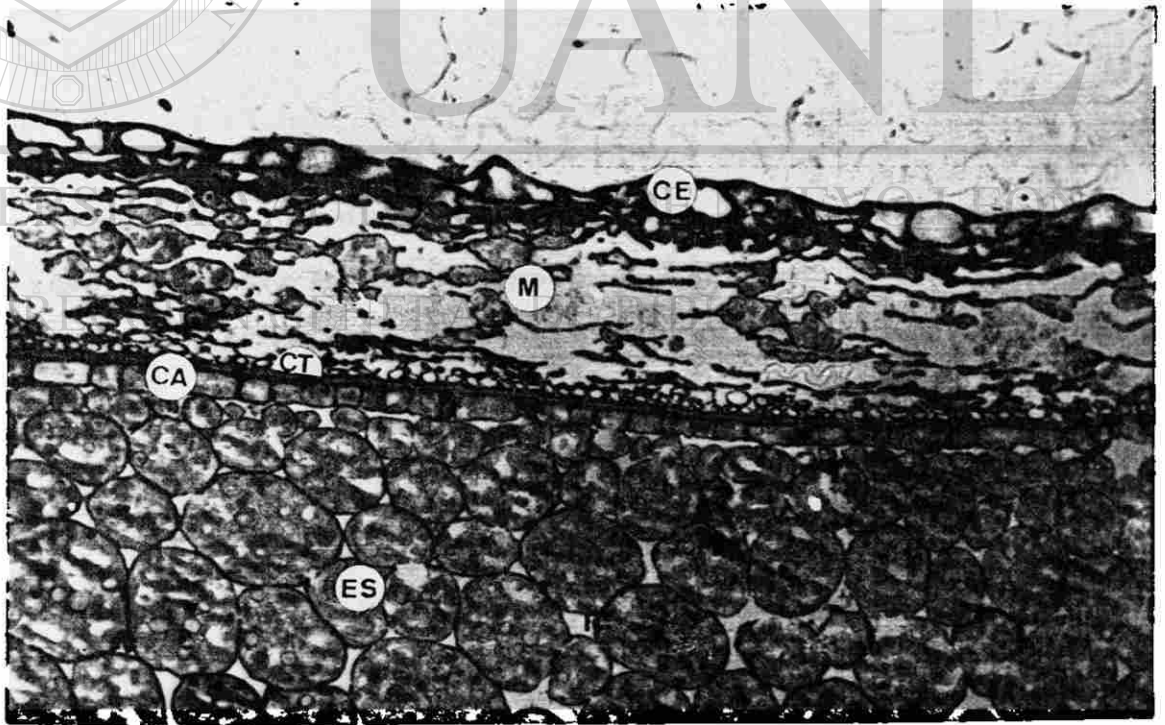
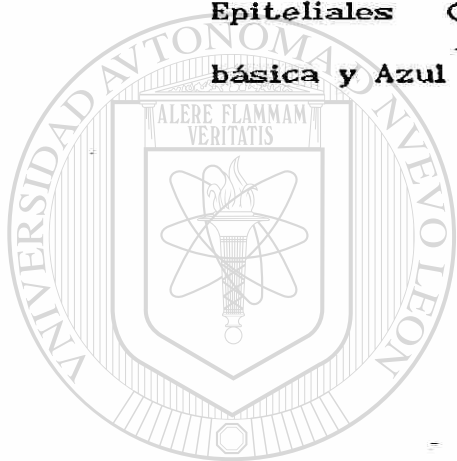


Figura 85.

Figura 86. Fotomicrografía de microscopio óptico de un corte transversal semifino del grano de la variedad Te-y-101-R, que muestra el Endospermo Harinoso (EH), Células Epiteliales (CE) y Escutelo (ES). Colorante Fucsina básica y Azul de toluidina, Aumento 390 X.



UANL

Figura 87. Fotomicrografía de microscopio óptico de un corte transversal semifino del grano de la variedad Victoria, que muestra el Endospermo Harinoso (EH), Células epiteliales (CE) y Escutelo (E). Colorante Fucsina básica y Azul de toluidina. Aumento 390 X.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

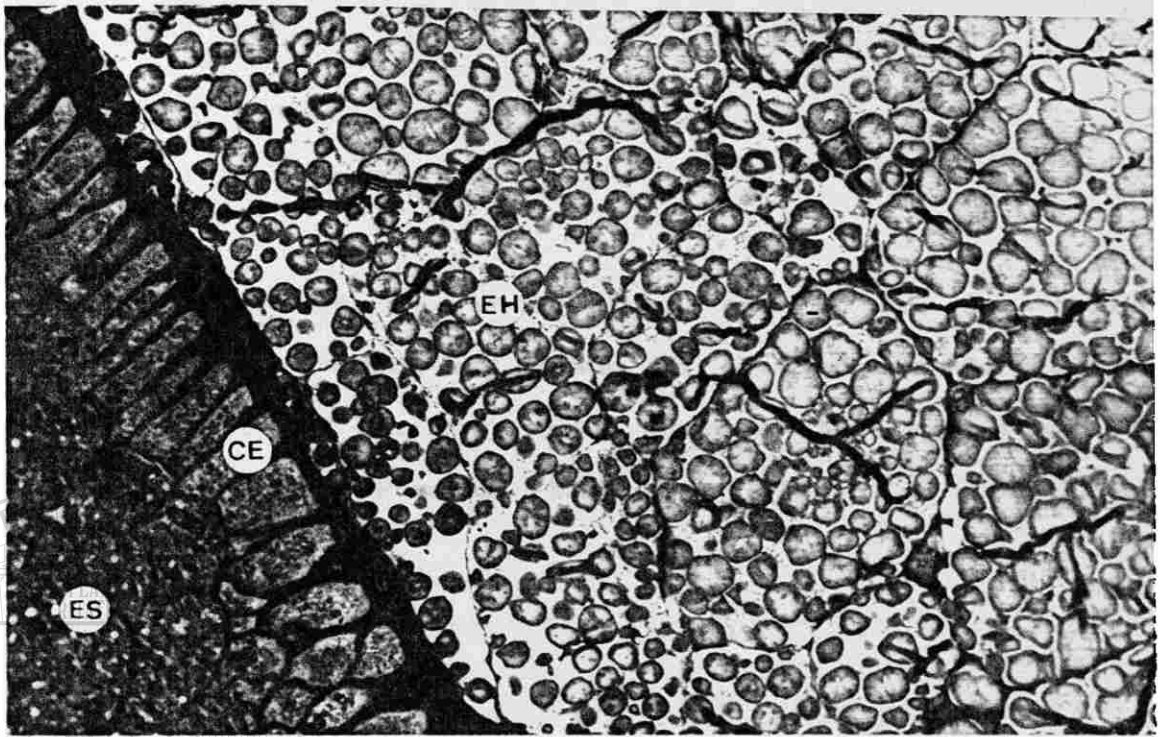


Figura 86.

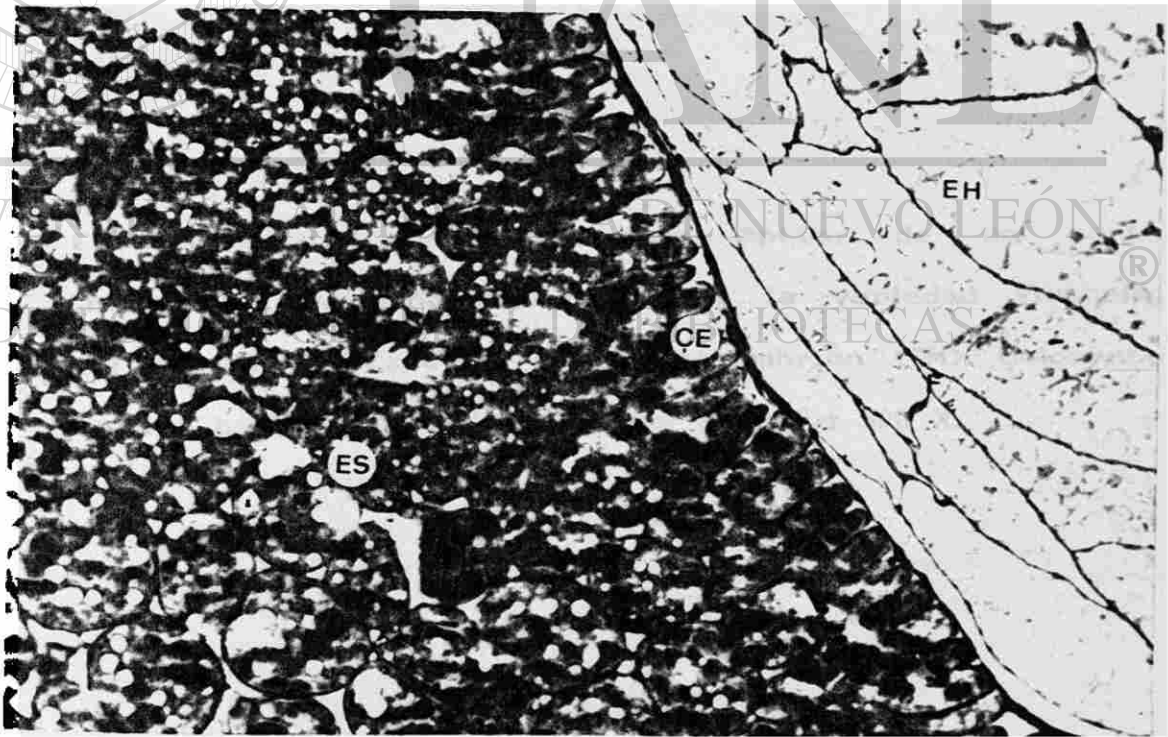
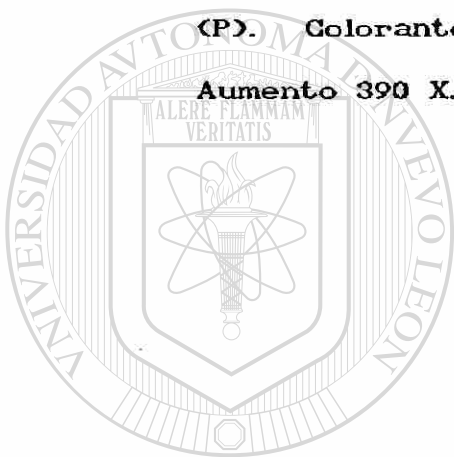


Figura 87.

Figura 88. Fotomicrografía de microscopio óptico de un corte transversal semifino del grano de la variedad Te-y-101-R, que muestra el Escutelo (ES), Embrión (EM) y Procámbium (P). Colorante Fucsina básica y Azul de toluidina.

Aumento 390 X.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Figura 89. Fotomicrografía de microscopio óptico de un corte transversal semifino del grano de la variedad Victoria, que muestra el Escutelo (ES) y el Embrión (EM). Colorante Fucsina básica y Azul de toluidina. Aumento 390 X.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

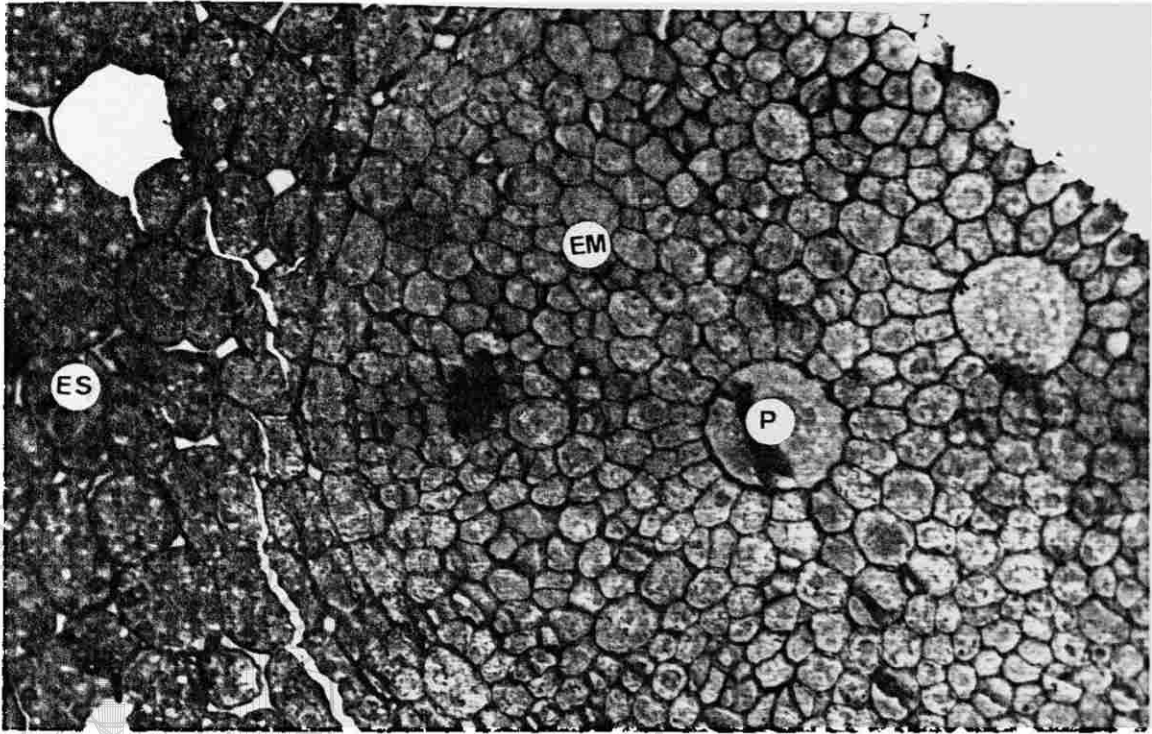


Figura 88.

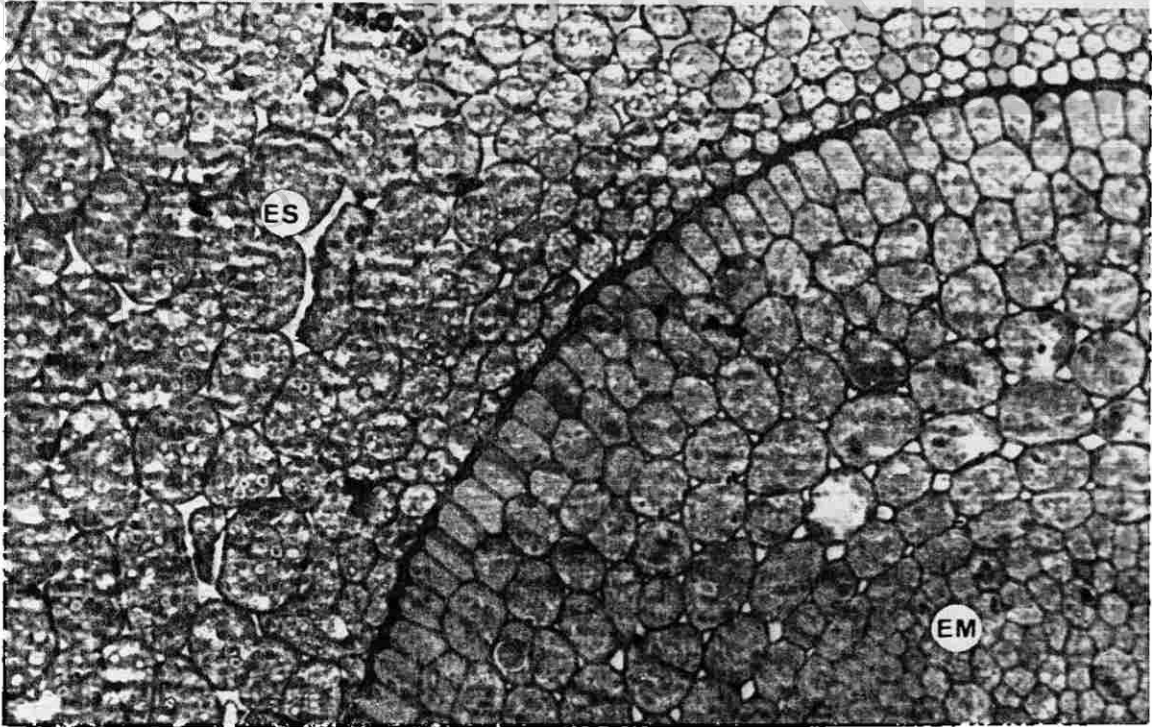
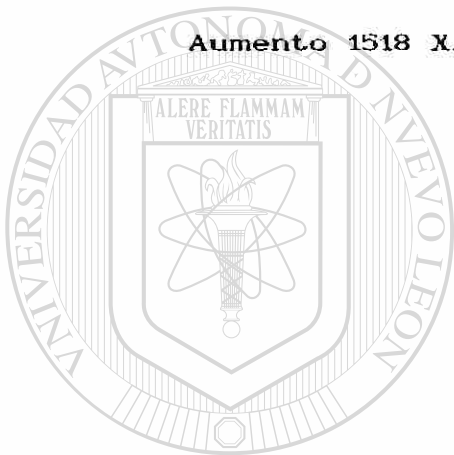


Figura 89.

Figura 90. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Victoria, que muestra las Células del Epicarpio (CE) y Células del Mesocarpio con gránulos de almidón (CM).

Aumento 1518 X.



UANL

Figura 91. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad BI-83, mostrando las Células del Epicarpio (CE), Células del Mesocarpio con gránulos de almidón (CM), Células de Cruz del Endocarpio (CC) y parte del Endospermo Periférico (EP). Aumento 1518 X.

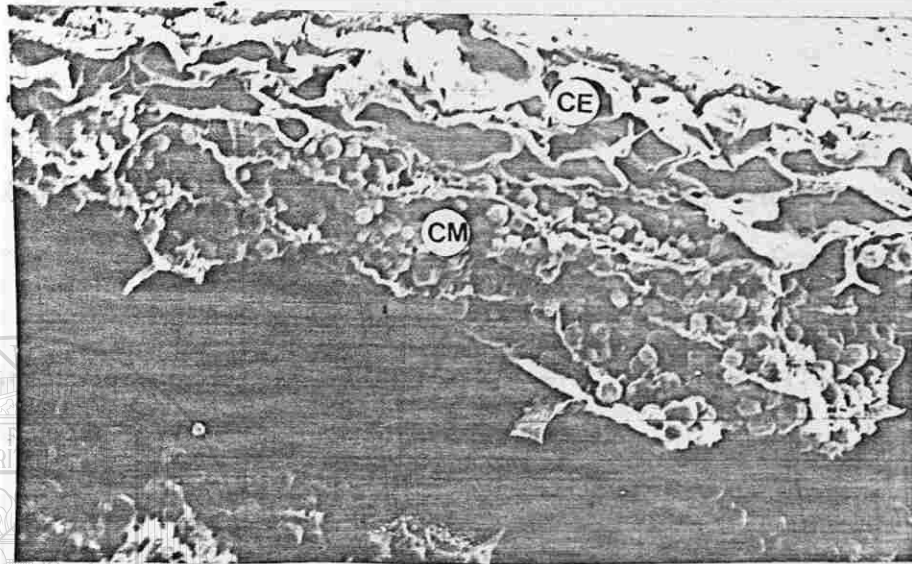


figura 90.

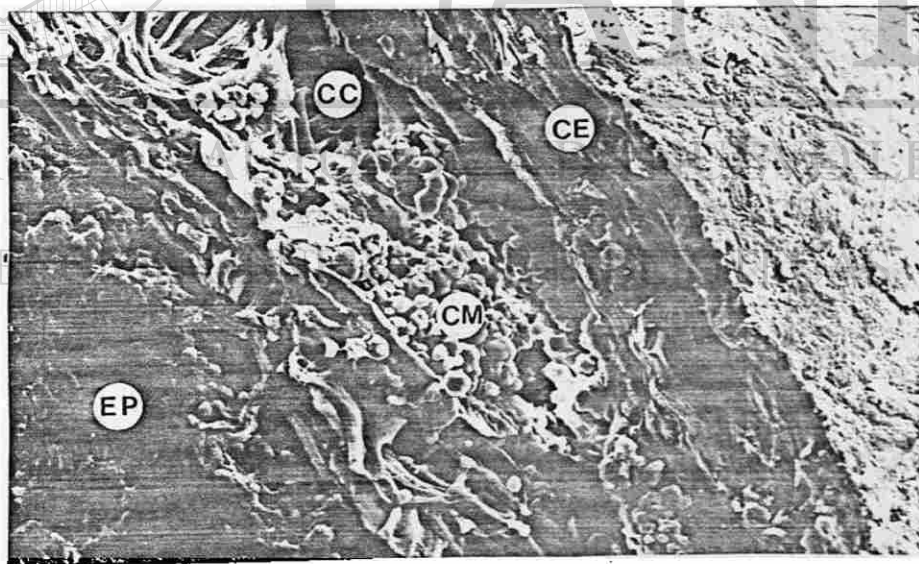
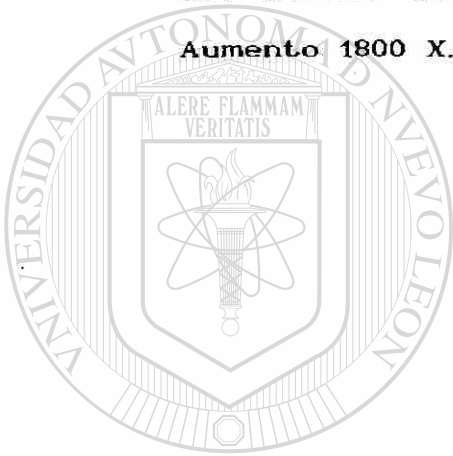


Figura 91.

Figura 92. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-y-101-R, que muestra las Células de Epicarpio (CE) y las Células del Mesocarpio con gránulos de almidón (CM).

Aumento 1800 X.



U A N L

Figura 93. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-dinero, mostrando Células del Epicarpio (CE) y Células del Mesocarpio con gránulos de almidón (CM). Aumento 3780 X.

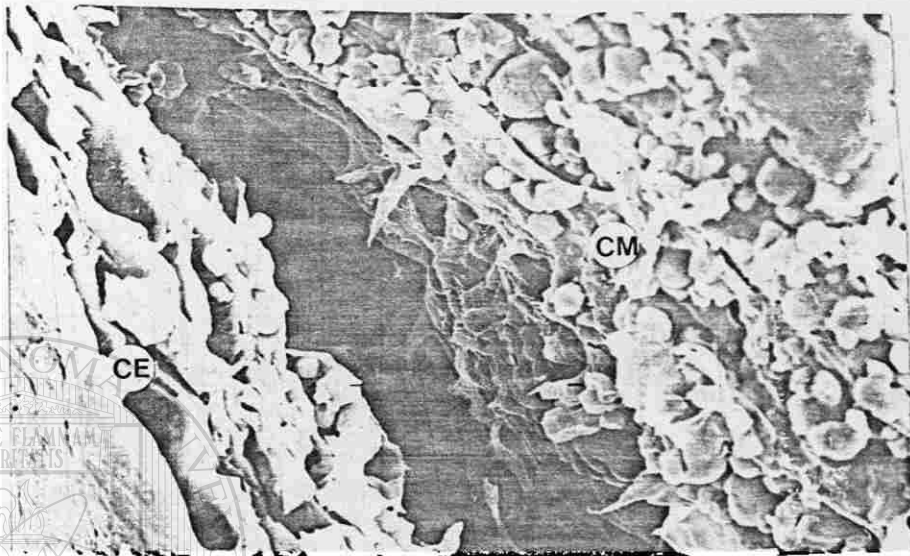


Figura 92.

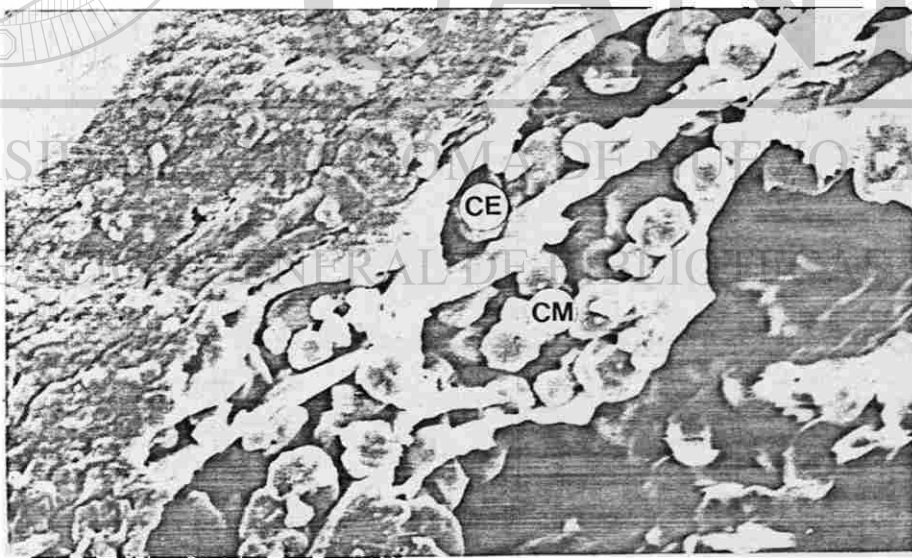
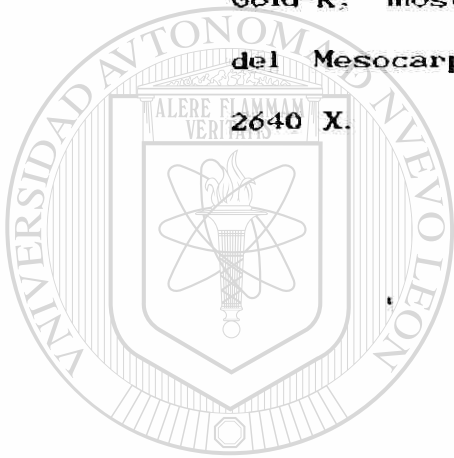


Figura 93.

Figura 04. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Gold-R, mostrando Células del Epicarpio (CE) y Células del Mesocarpio con gránulos de almidón (CM). Aumento



2640 X.

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

Figura 05. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad 911-R, mostrando Células del Epicarpio (CE) y Células del Mesocarpio con gránulos de almidón (CM). Aumento 1518 X.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

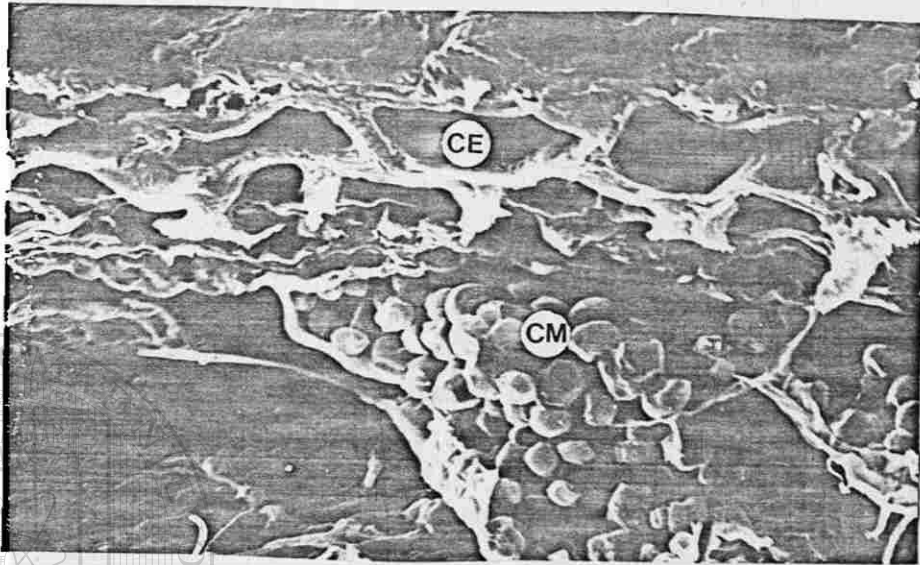


Figura 94.

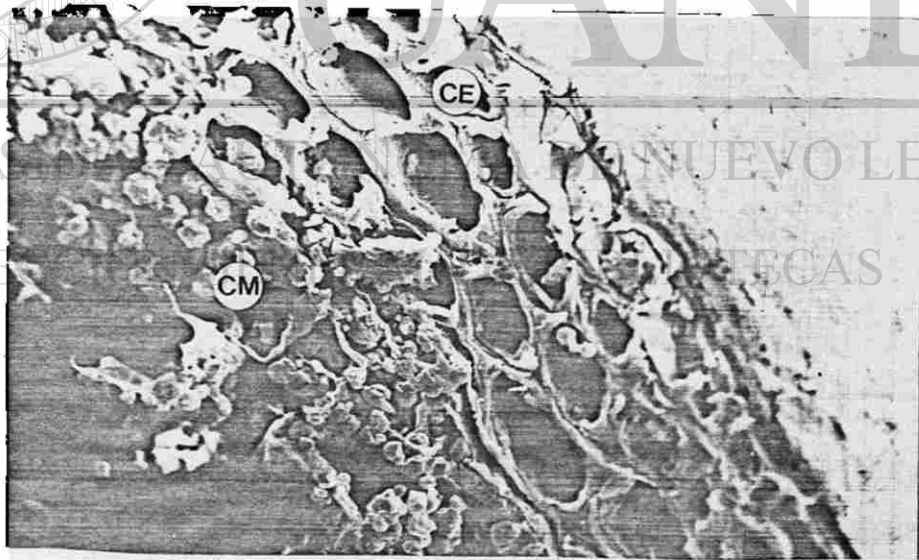


Figura 95.

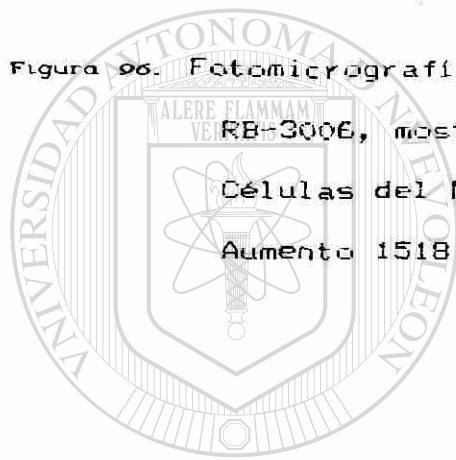


Figura 96. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad RB-3006, mostrando las Células del Epicarpio (CE) y Células del Mesocarpio con gránulos de almidón (CM). Aumento 1518 X.

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 97. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad RB-3030, mostrando las Células del Epicarpio (CE) y las Células del Mesocarpio con gránulos de almidón (CM). Aumento 2640 X.

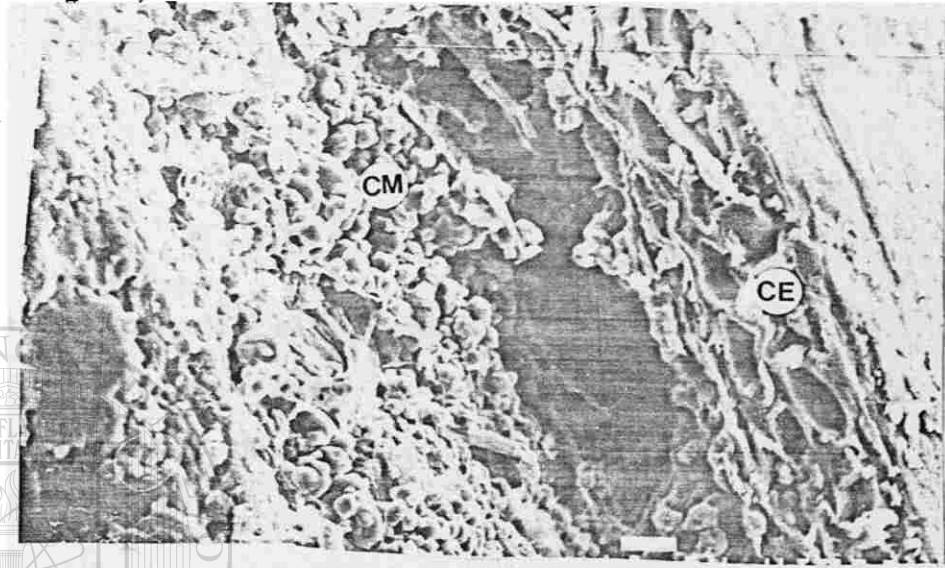


Figura 96.

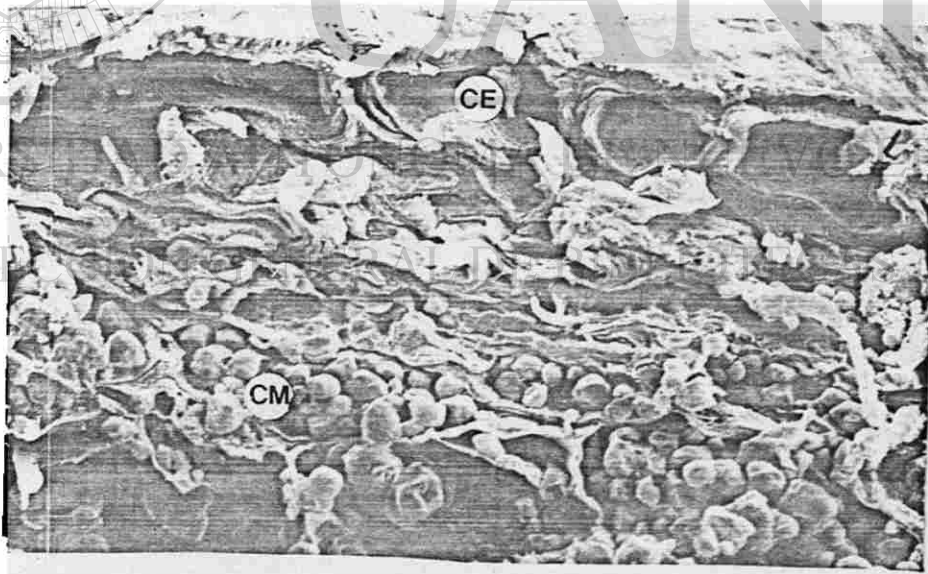


Figura 97.

Figura 98. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-y-75, mostrando las Células del Epicarpio (CE) y las Células del Mesocarpio con gránulos de almidón (CM). Aumento 1518 X.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 99. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-y-77, mostrando las Células del Epicarpio (CE) y las Células del Mesocarpio con gránulos de almidón (CM). Aumento 1518 X.

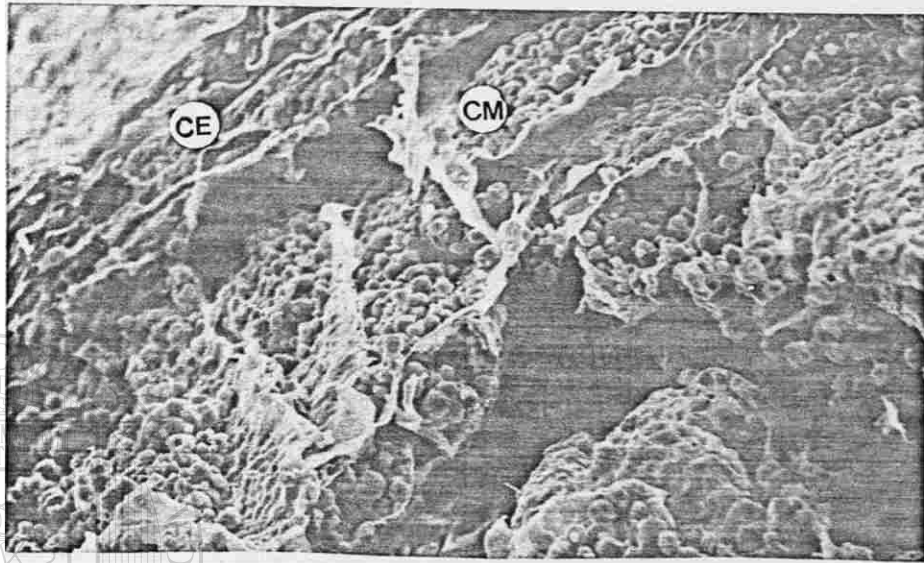


Figura 98.

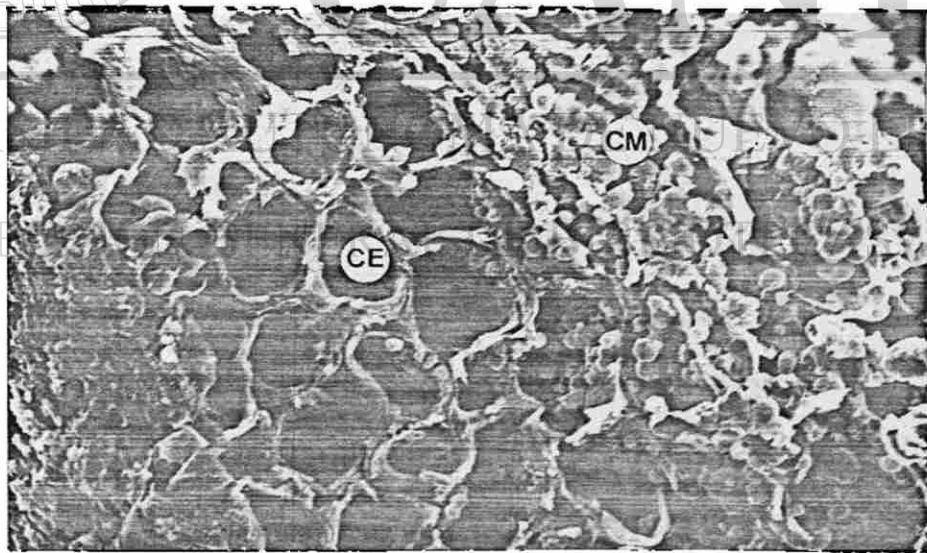
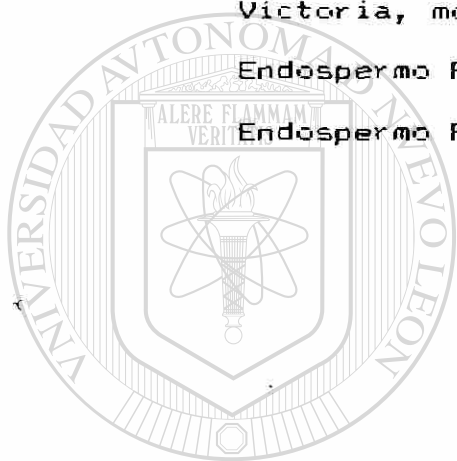


Figura 99.

Figura 100. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Victoria, mostrando las Células de la Aleurona (CA), Endospermo Periférico (EP) y Gránulos de almidón del Endospermo Periférico (GA). Aumento 2640 X.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Figura 101. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad BI-83, mostrando las Células de la Aleurona (CA), Endospermo Periférico (EP) y Cuerpos de Proteína del Endospermo Periférico (CP). Aumento 2760 X.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

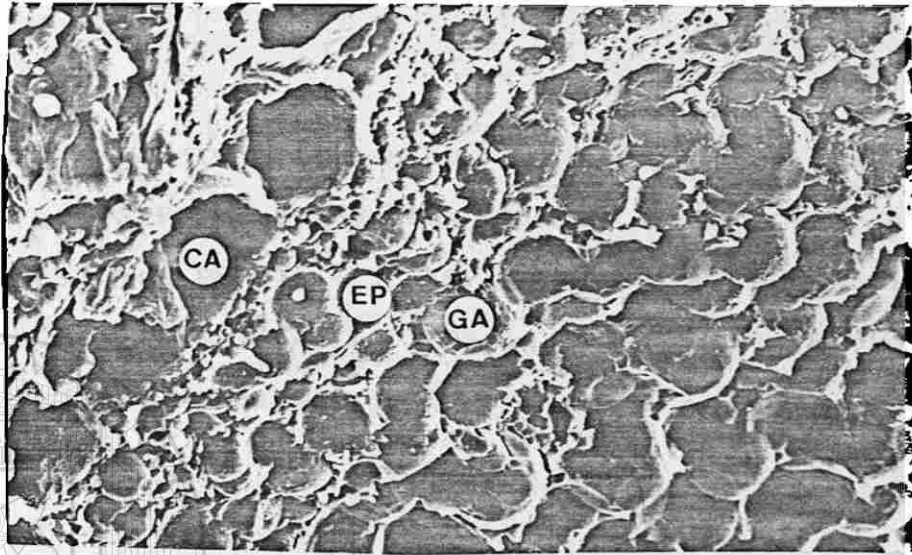


Figura 100.

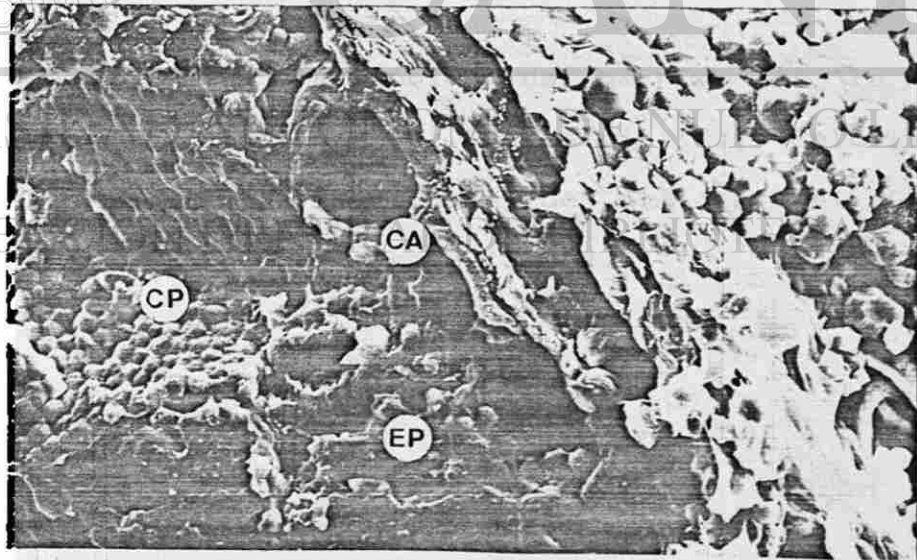
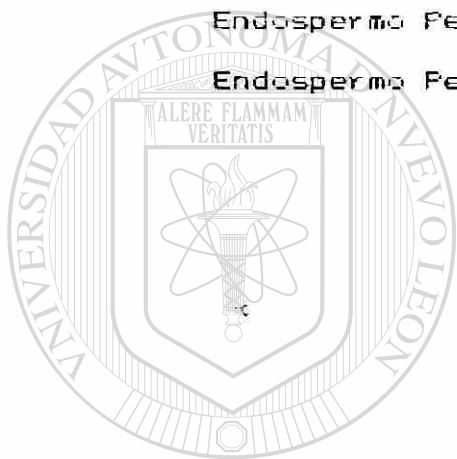


Figura 101.

Figura 102. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-y-101-R, mostrando las Células de la Aleurona (CA), Endospermo Periférico (EP), Gránulos de almidón del Endospermo Periférico (GA) y Cuerpos de Proteína del Endospermo Periférico (CP). Aumento 2760 X.



UANL

Figura 103. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-dinero, mostrando el Endocarpio (E), Células de la Aleurona (CA) y Gránulos de almidón del Endospermo Periférico (GA). Aumento 1518 X.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

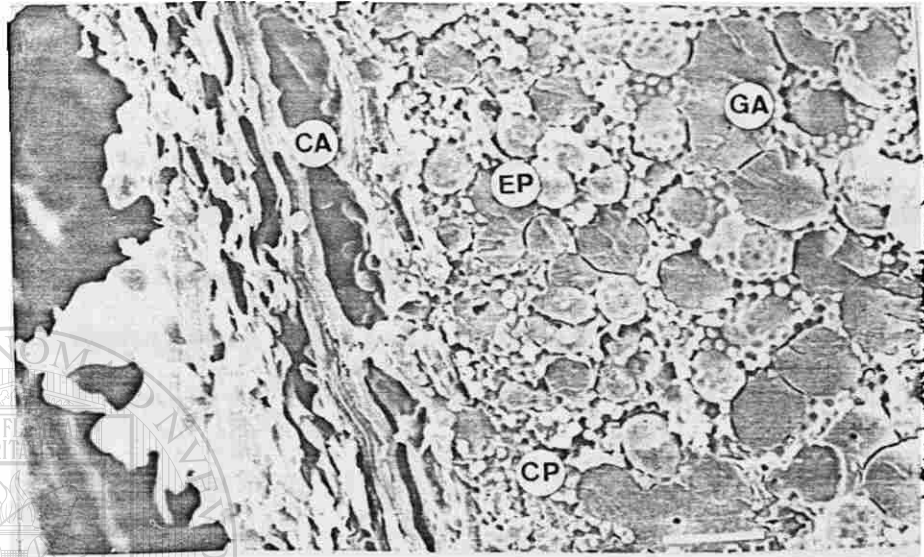


Figura 102.

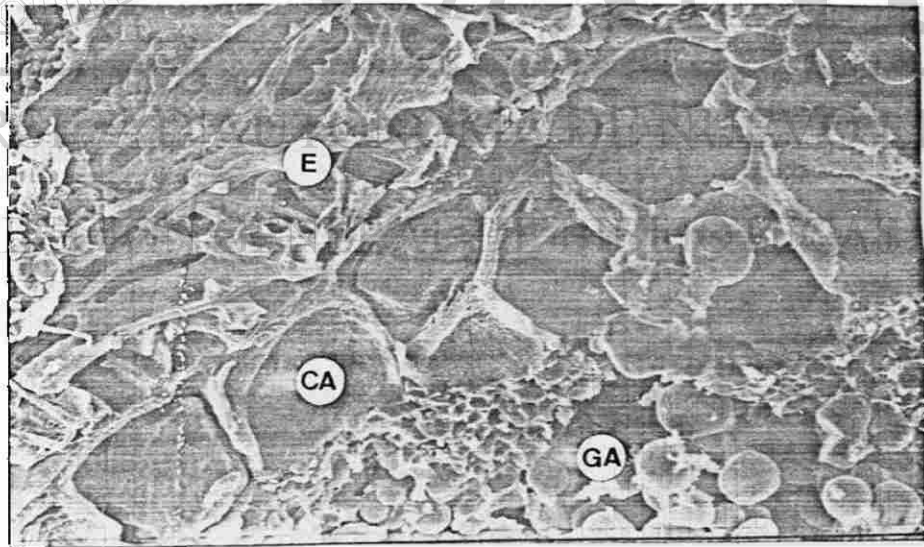


Figura 103.

Figura 104. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Gold-R, mostrando las Células de Cruz del Endocarpio (CC), Células de la Aleurona (CA), Cuerpos de Proteína del Endospermo Periférico (CP), y Gránulos de Almidón del Endospermo Periférico (GA). Aumento 2640 X.



UANL

Figura 105. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad 911-R, mostrando las Células de Cruz del Endocarpio (CC), Células de la Aleurona (CA) y Cuerpos de Proteína del Endospermo Periférico (CP). Aumento 2760 X.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

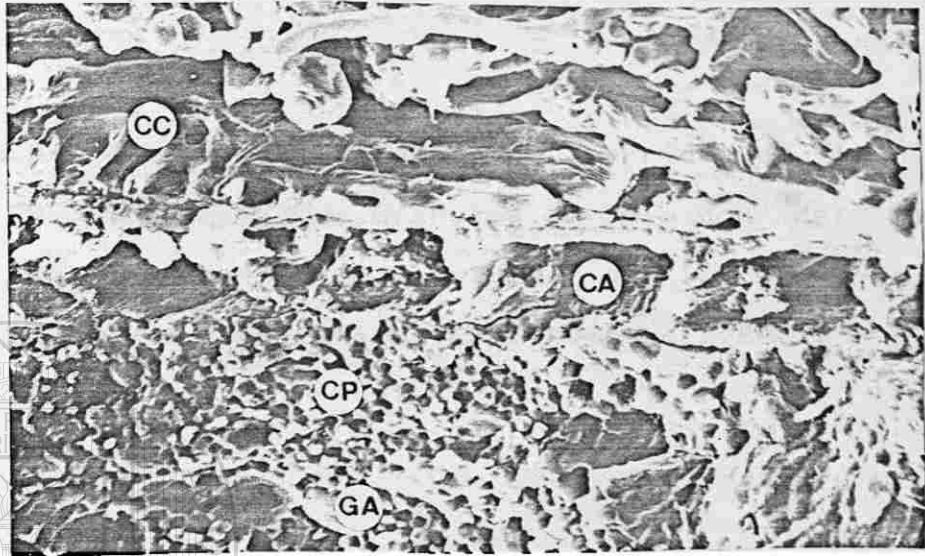


Figura 104.

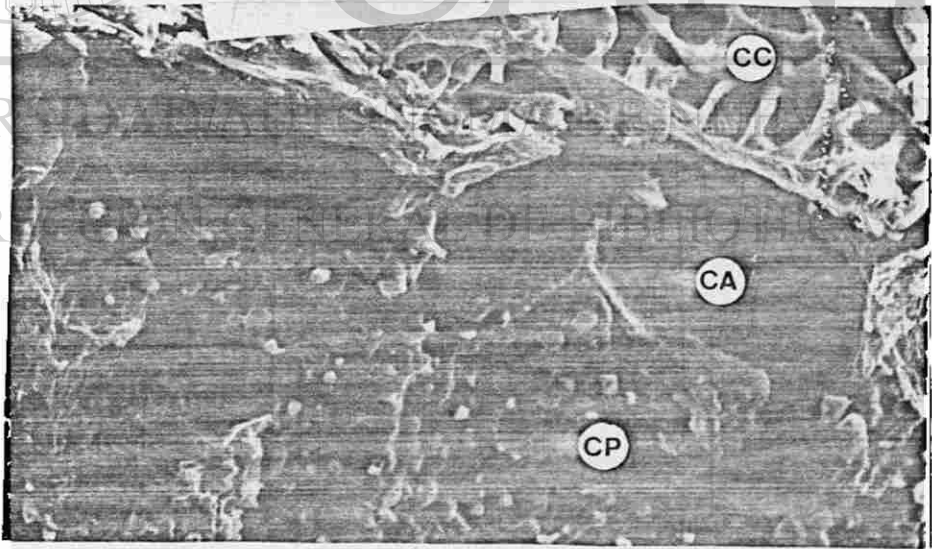
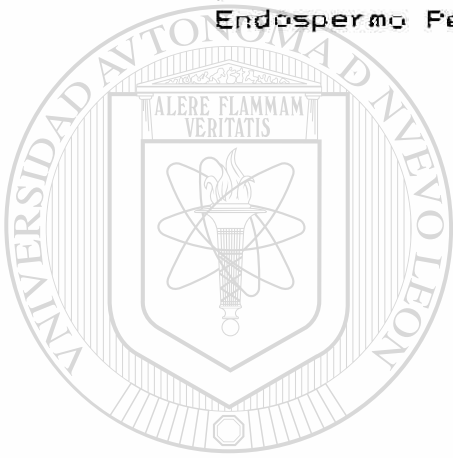


Figura 105.

Figura 106. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad RB-3006, mostrando Gránulos de Almidón del Mesocarpio (GA), Endocarpio (E), Células de la Aleurona (CA) y Endospermo Periférico (EP). Aumento 2760 X.



UANL

Figura 107. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad RB-3030, mostrando Gránulos de Almidón del Mesocarpio (GA), Células de la Aleurona (CA) y Endospermo Periférico (EP). Aumento 2640 X.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

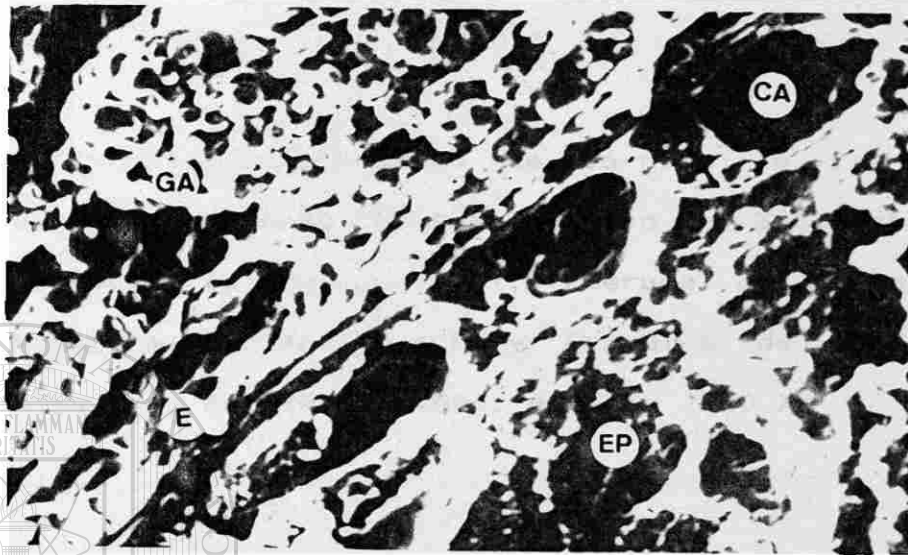


Figura 106.

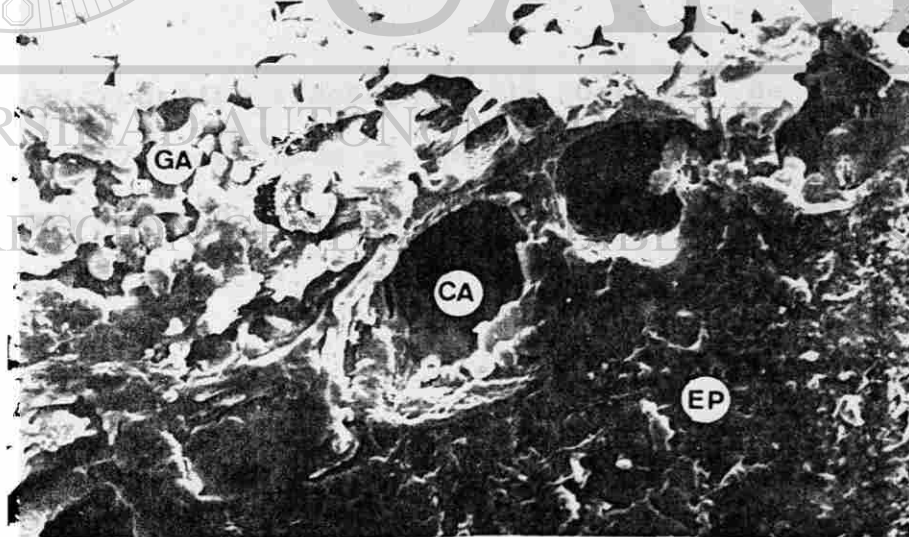
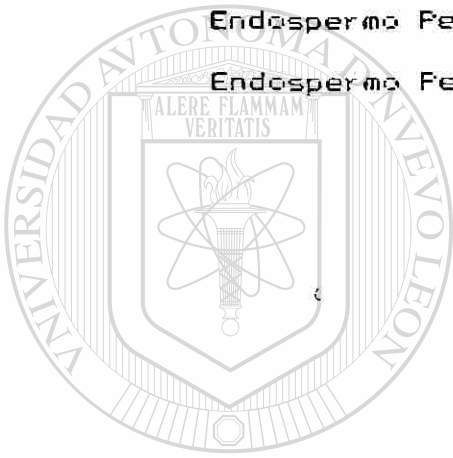


Figura 107.

Figura 108. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-y-75, mostrando Células del Tubo del Endocarpio (CT), Células de la Aleurona (CA), Cuerpos de Proteína del Endospermo Periférico (CP) y Gránulos de Almidón del Endospermo Periférico (GA). Aumento 2760 X.



UANL

Figura 109. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-y-77, mostrando el Mesocarpio (M), Células de la Aleurona (CA) y Cuerpos de Proteína del Endospermo Periférico (CP). Aumento 2760 X.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

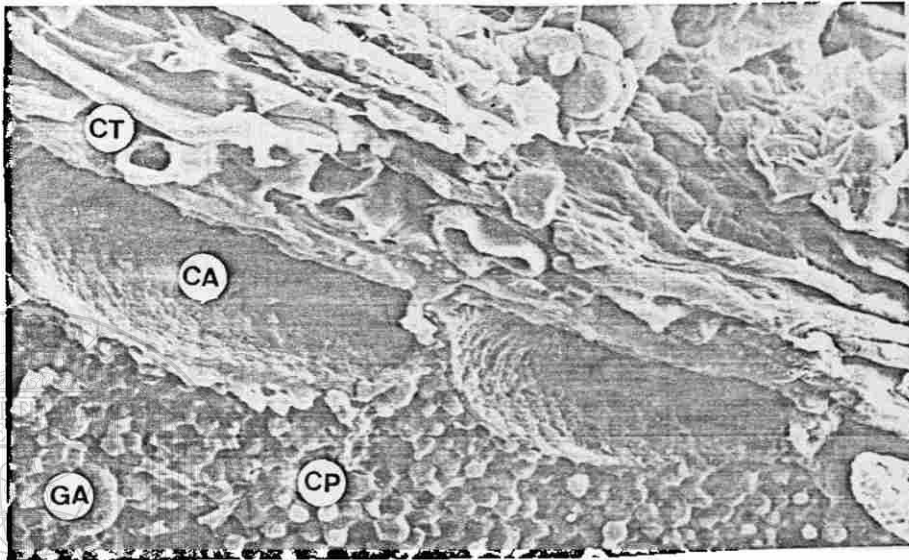


Figura 108.

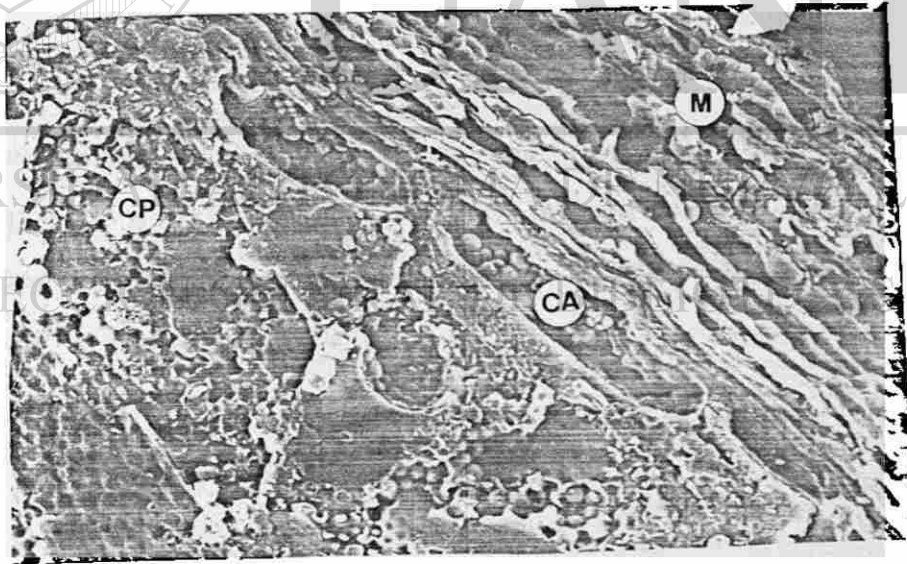
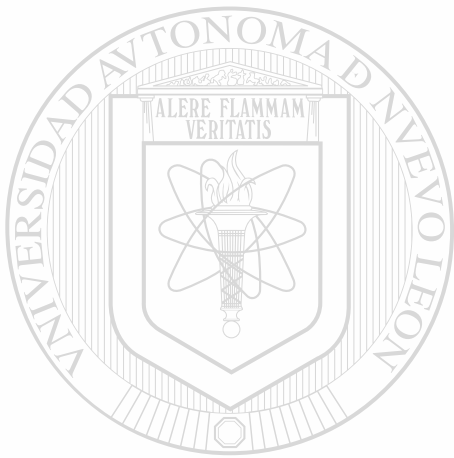


Figura 109.

Figura 110. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Victoria, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Córneo (GA). Aumento 2640 X.



UANL

Figura 111. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad BI-83, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Córneo (GA), Cuerpos de Proteína del Endospermo Córneo (CP). Aumento 2640 X.

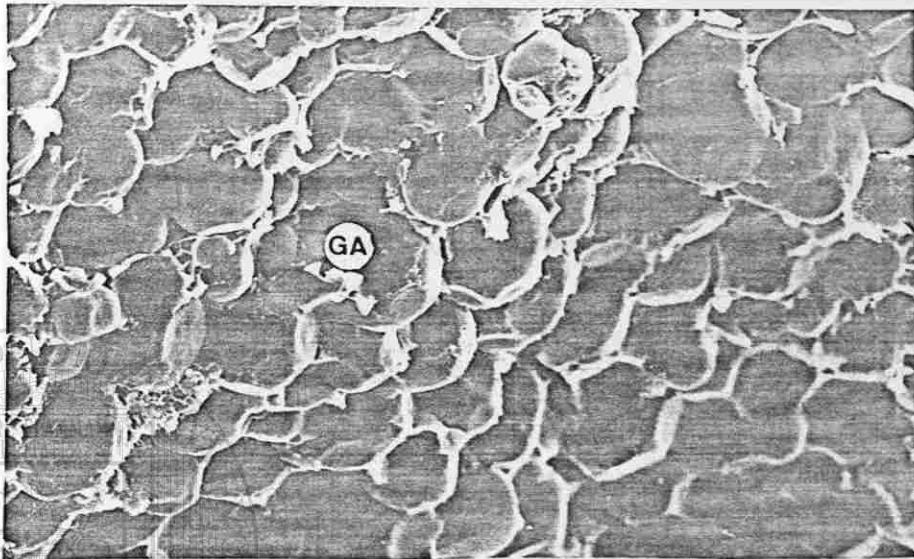


Figura 110.

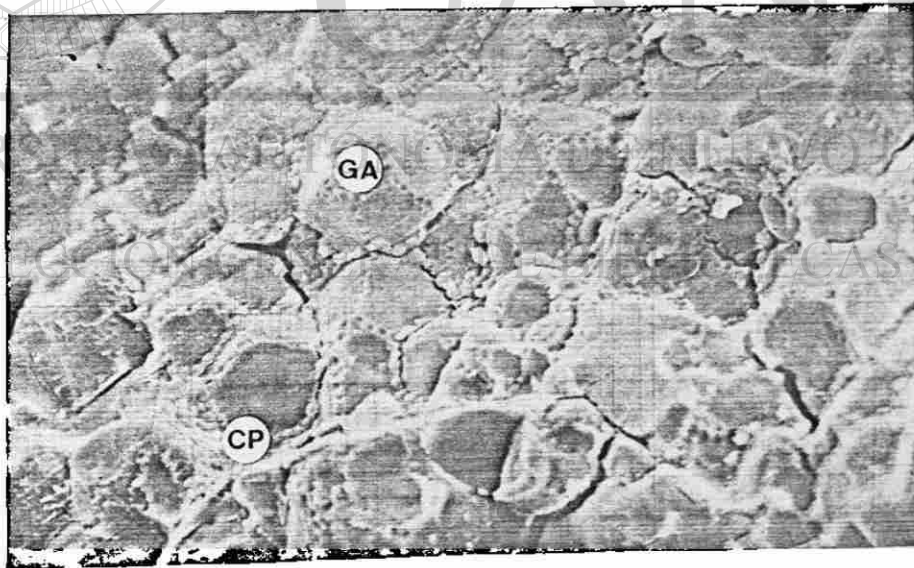
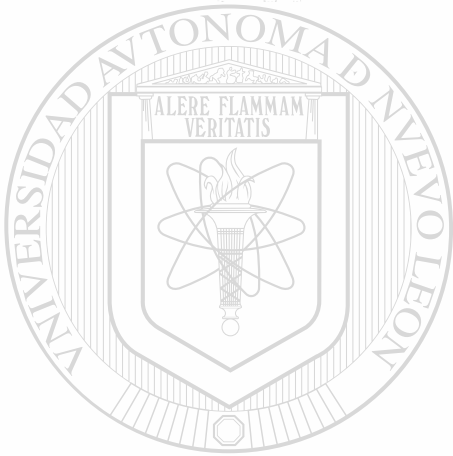


Figura 111.

Figura 112. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-y-101-R, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Córneo (GA). Aumento 2760 X.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Figura 113. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-dinerc, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Córneo (GA) y Cuerpos de Proteína del Endospermo Córneo (CP). Aumento 2760 X.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

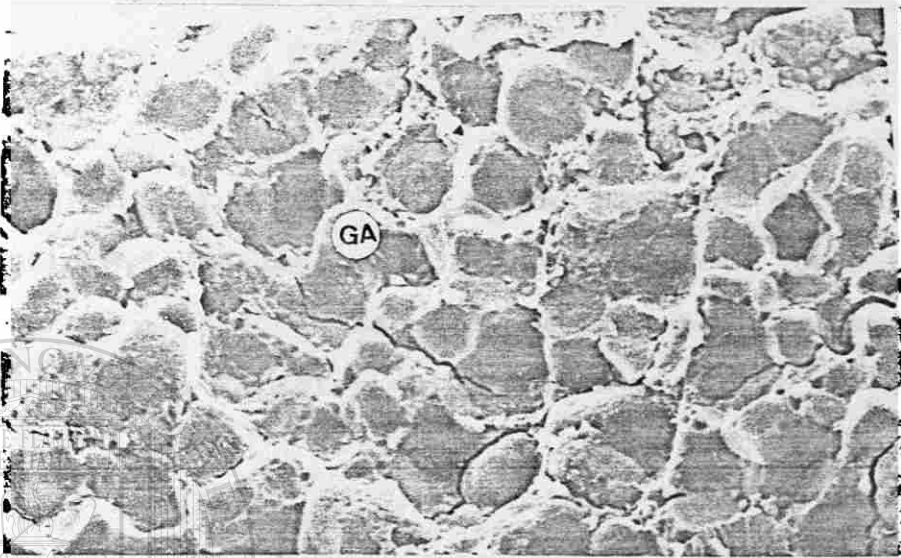


Figura 112.

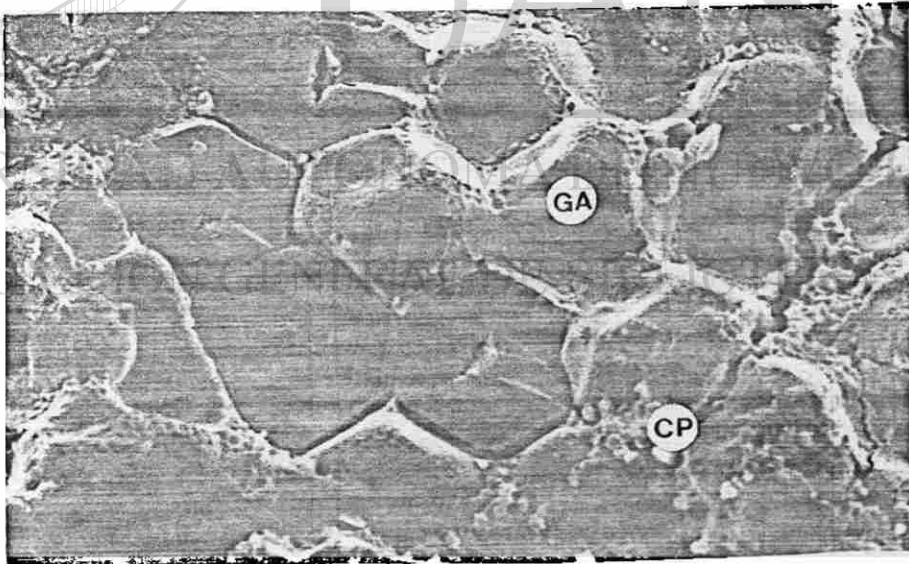


Figura 113.

Figura 114. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Gold-R, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Córneo (GA) y Cavidades donde estaban incrustados los Cuerpos de Proteína del Endospermo Córneo (CCP). Aumento



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

Figura 115. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad 911-R, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Córneo (GA) y Cuerpos de Proteína del Endospermo Córneo (CCP). Aumento 2760 X.

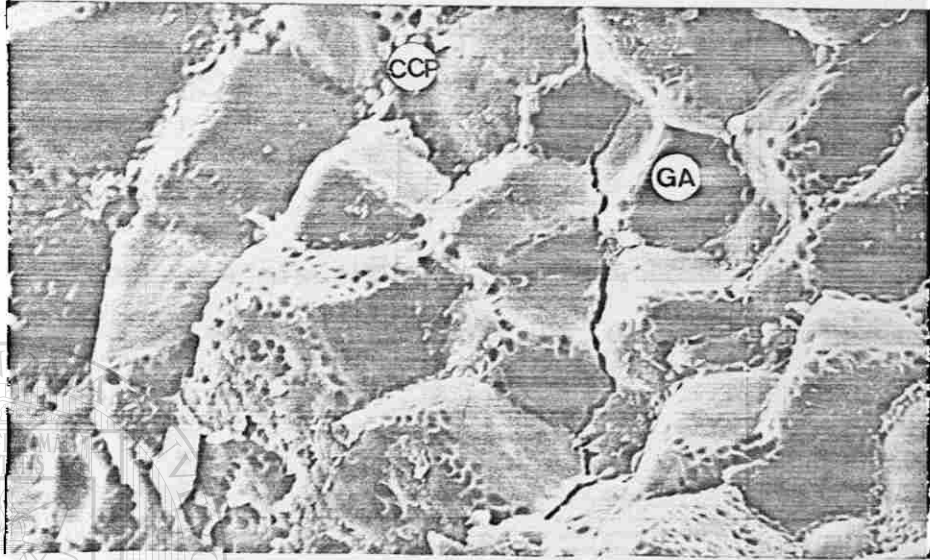


Figura 114.

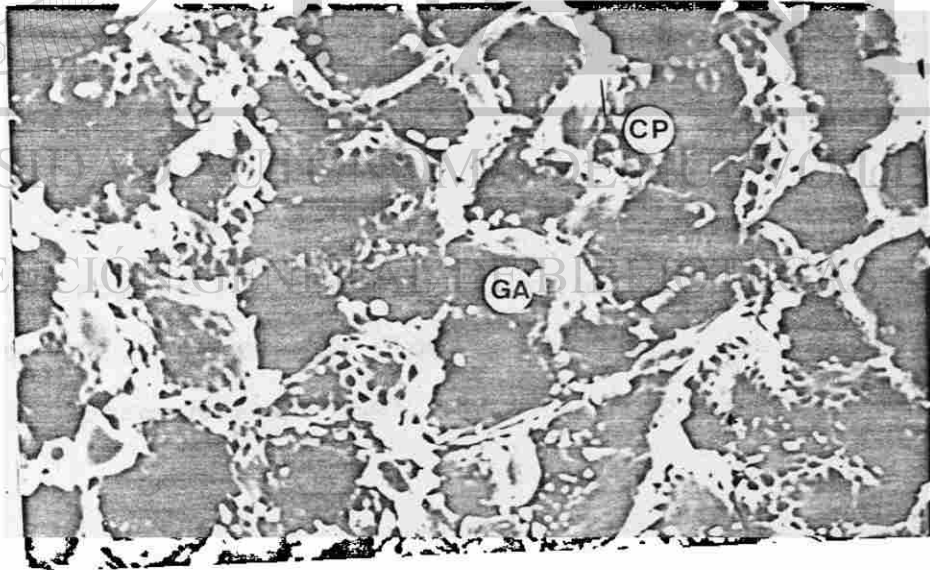
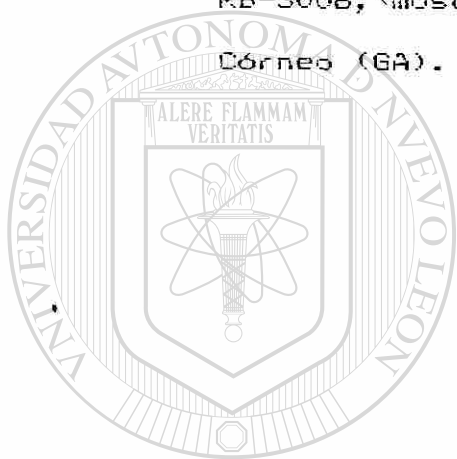


Figura 115.

Figura 116. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad RB-3006, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Córneo (GA). Aumento 2760 X.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 117. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Rb-3030, mostrando los Gránulos de Almidón del Endospermo Córneo (GA). Aumento 2640 X.

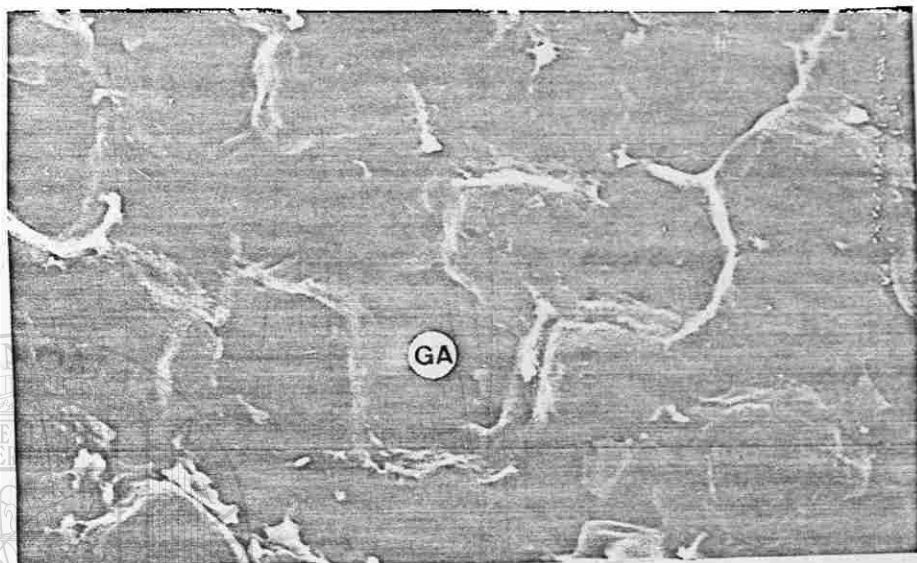


Figura 116.

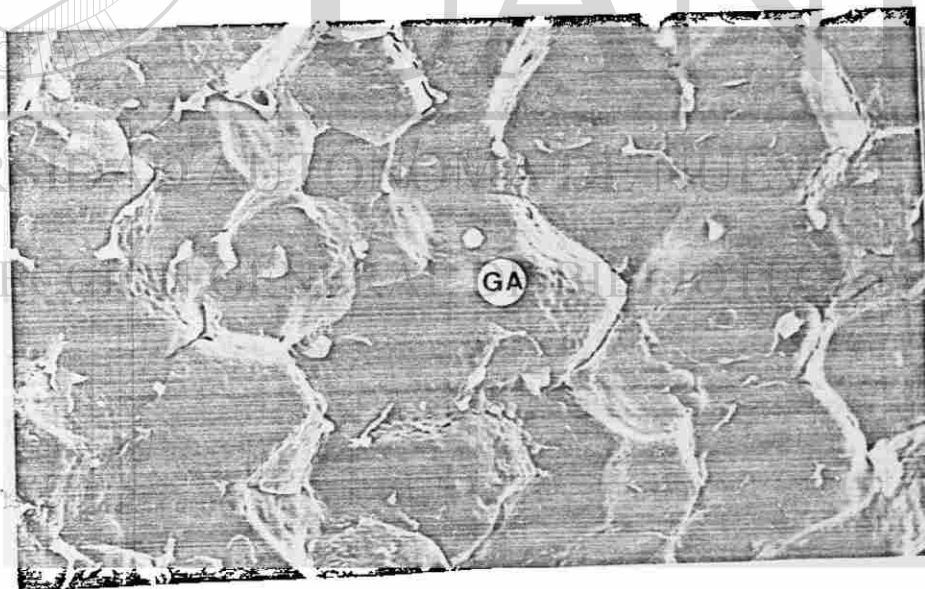
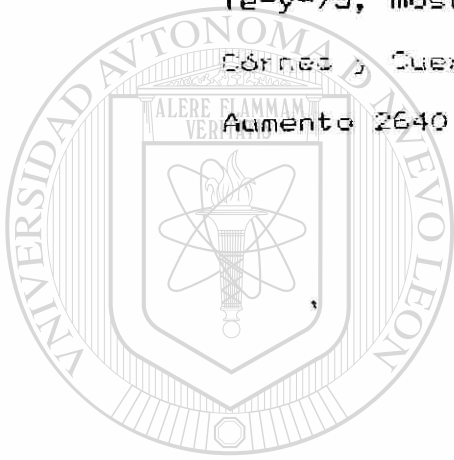


Figura 117.

Figura 118. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-y-75, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Córneo y Cuerpos de Proteína del Endospermo Córneo (CP). Aumento 2640 X.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 119. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-y-77, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Córneo (GA) y Cuerpos de Proteína del Endospermo Córneo (CP). Aumento 2760 X.

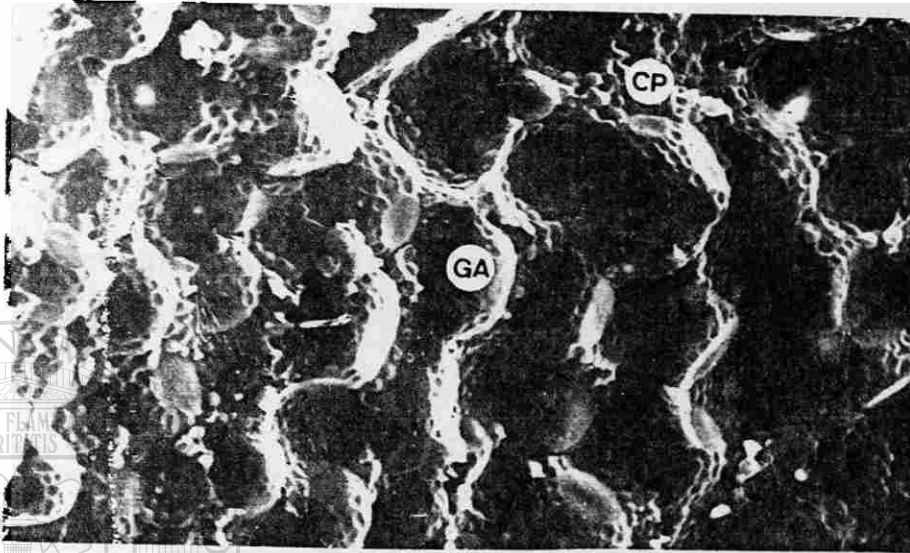


Figura 118.

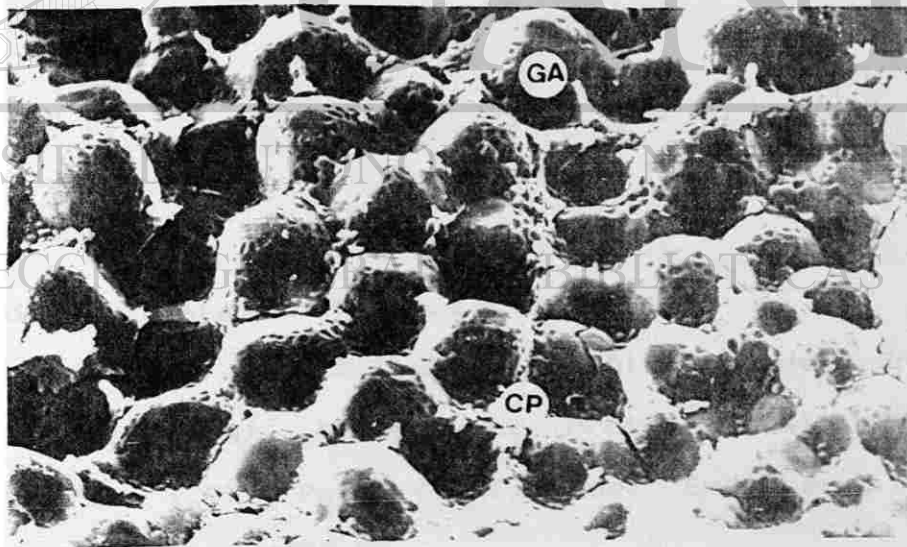
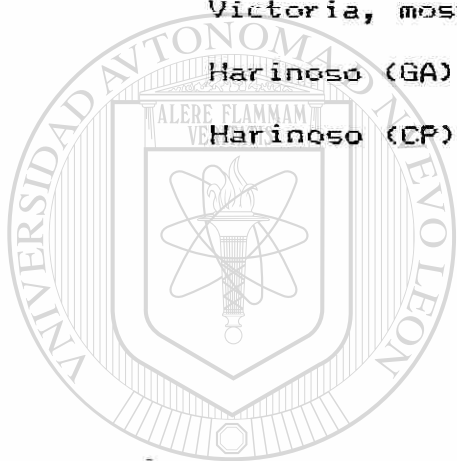


Figura 119.

Figura 120. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Victoria, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Harinoso (GA) y Cuerpos de Proteína del Endospermo Harinoso (CP). Aumento 2640 X.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 121. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad BI-83, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Harinoso (GA), Cuerpos de Proteína del Endospermo Harinoso (CP) y Pared Celular del Endospermo Harinoso (PC). Aumento 2760 X.

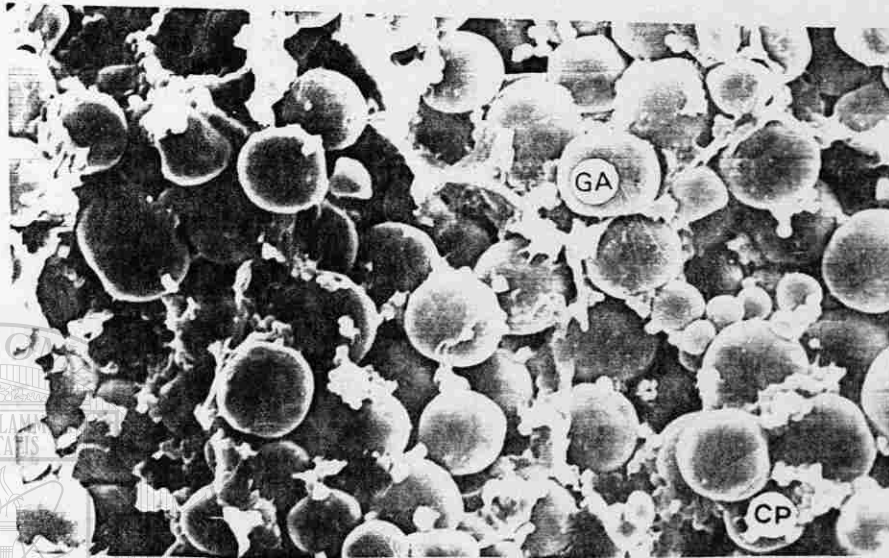


Figura 120.

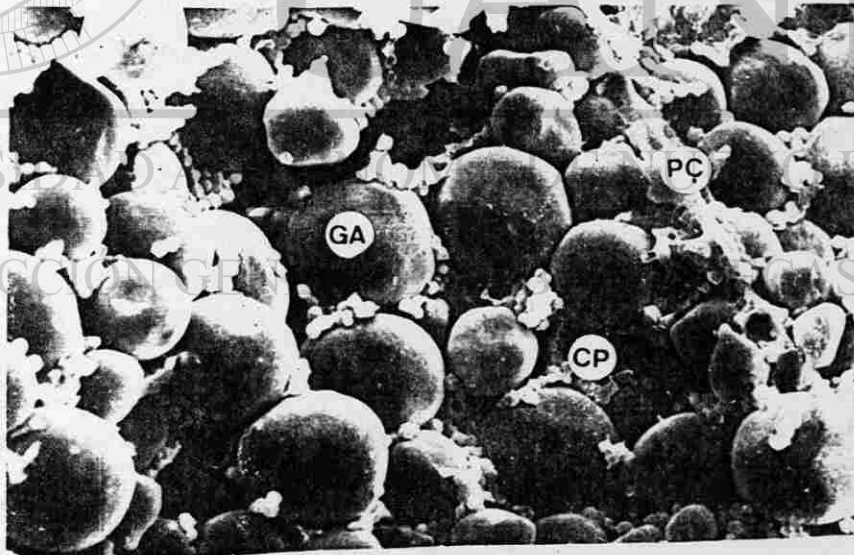
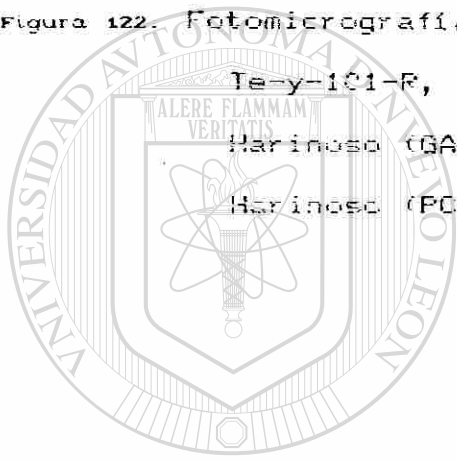


Figura 121.

Figura 122. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-y-101-R, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Harinoso (GA) y Pared de las Células del Endospermo Harinoso (PC). Aumento 2760 X.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 123. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-dinero, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Harinoso (GA), y Cuerpos de Proteína del Endospermo Harinoso (CP). Aumento 2640 X.

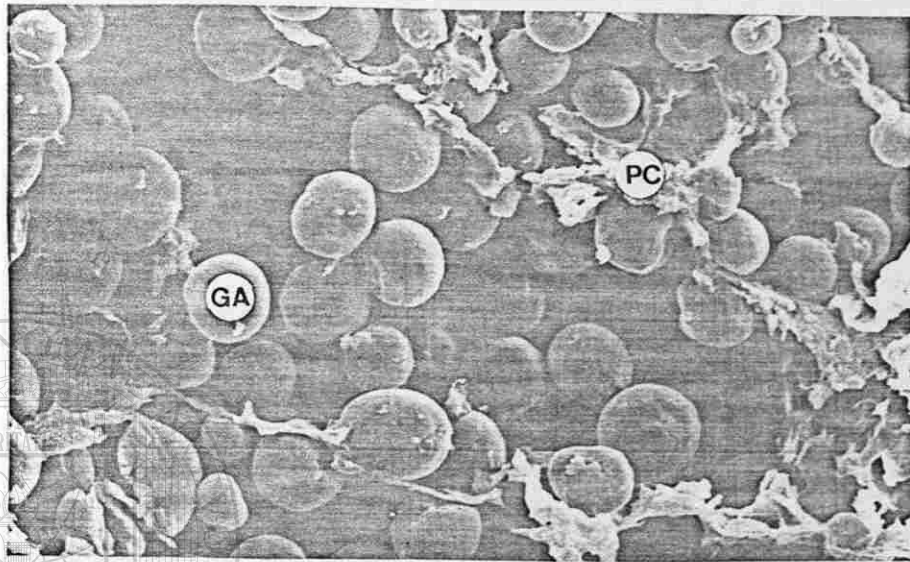


Figura 122.

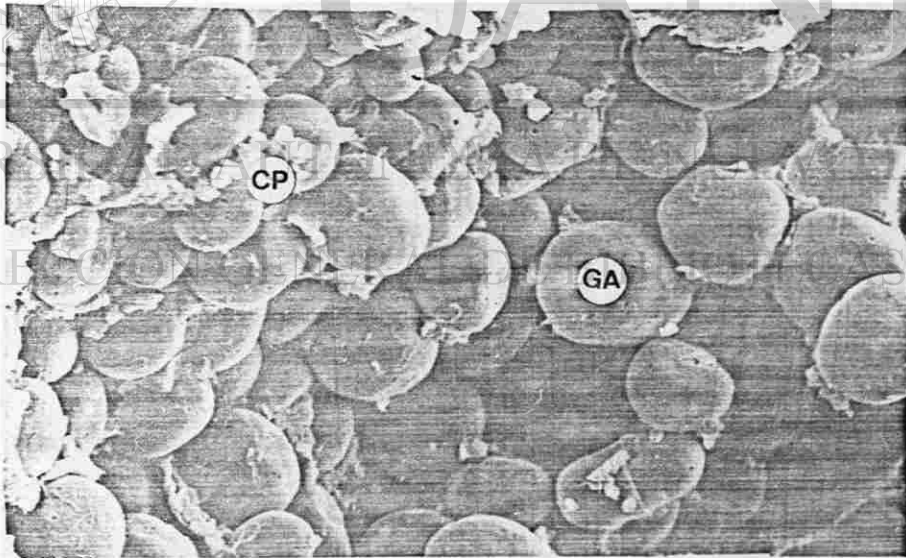
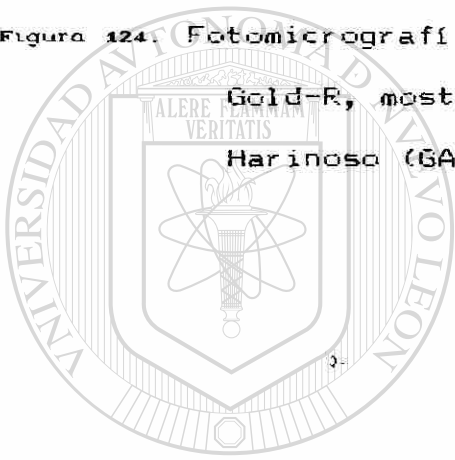


Figura 123.

Figura 124. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Gold-R, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Harinoso (GA). Aumento 2640 X.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 125. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad 911-R, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Harinoso (GA). Aumento 2760 X.

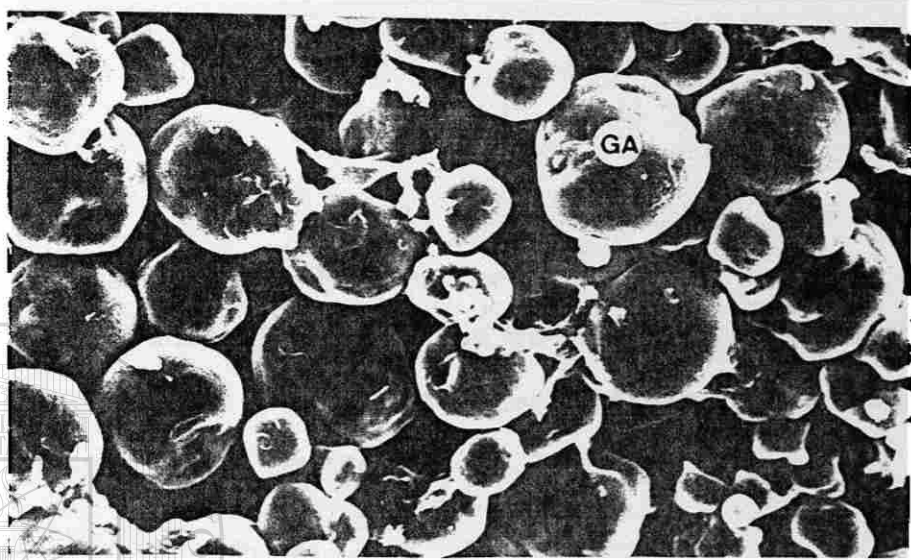


Figura 124.

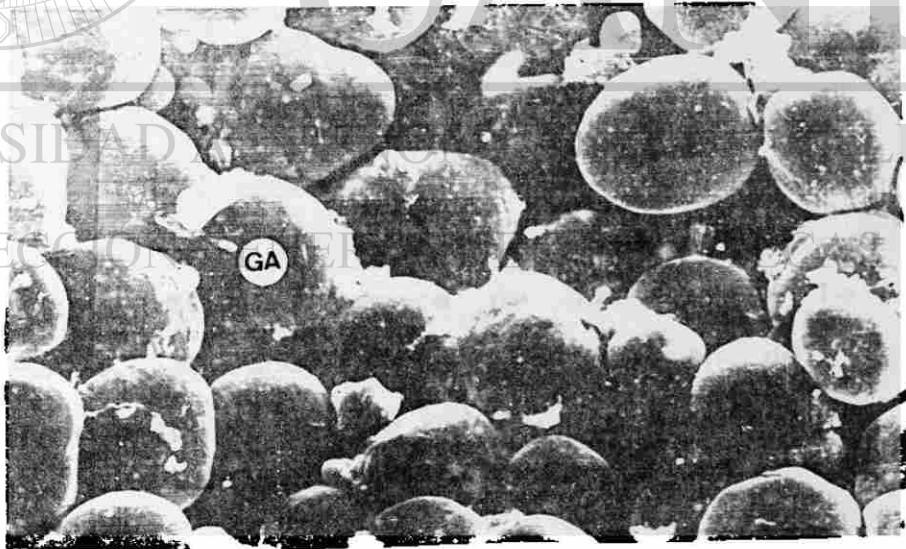
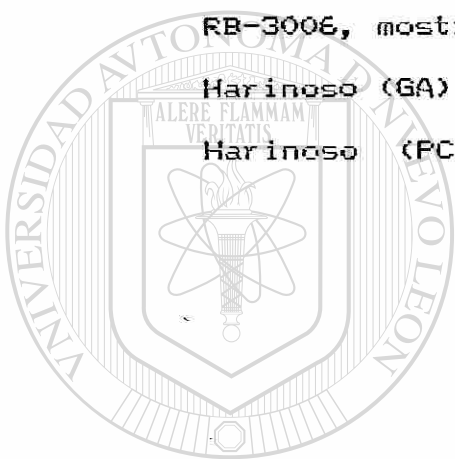


Figura 125.

Figura 126. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad RB-3006, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Harinoso (GA) y Pared de las Células del Endospermo Harinoso (PC). Aumento 2760 X.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 127. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad RB-3030, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Harinoso (GA). Aumento 2640 X.

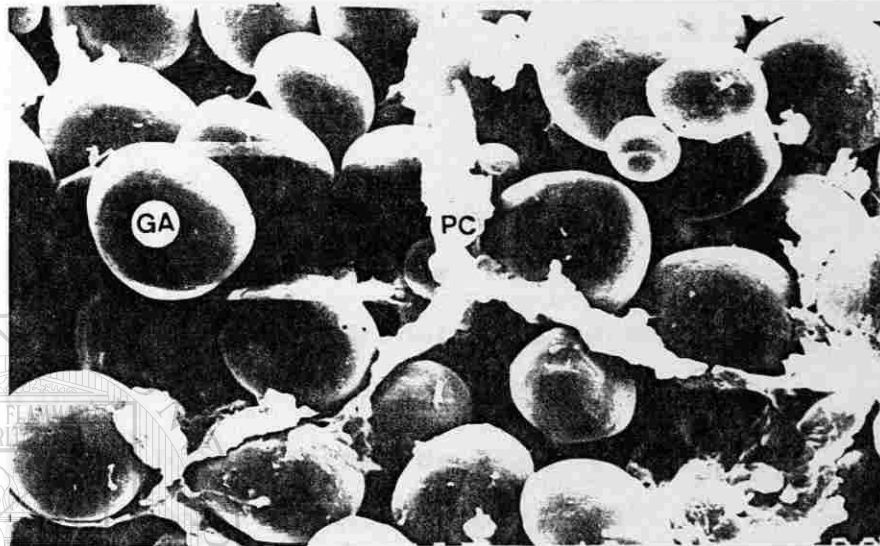


Figura 126.

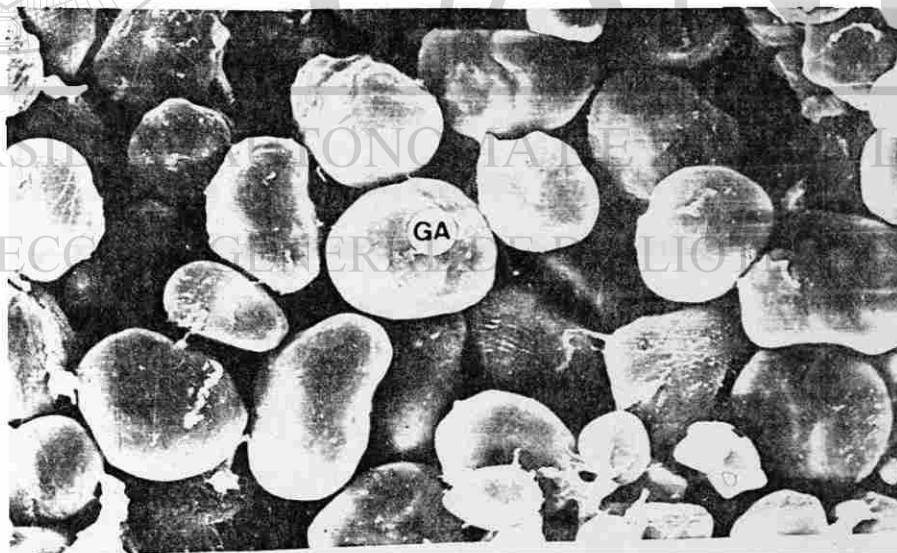
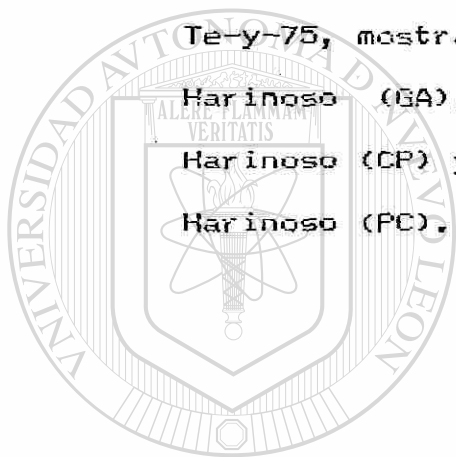


Figura 127.

Figura 128. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-y-75, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Harinoso (GA), Cuerpos de Proteína del Endospermo Harinoso (CP) y Pared de las Células del Endospermo Harinoso (PC). Aumento 2640 X.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Figura 129. Fotomicrografía electrónica de barrido de la variedad Te-y-77, mostrando Gránulos de Almidón del Endospermo Harinoso (GA). Aumento 2760 X.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

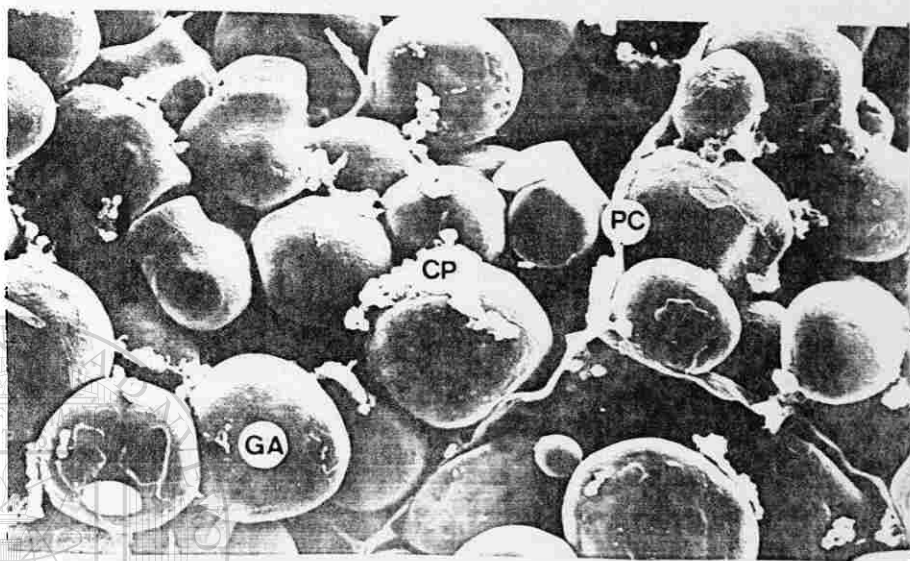


Figura 128.

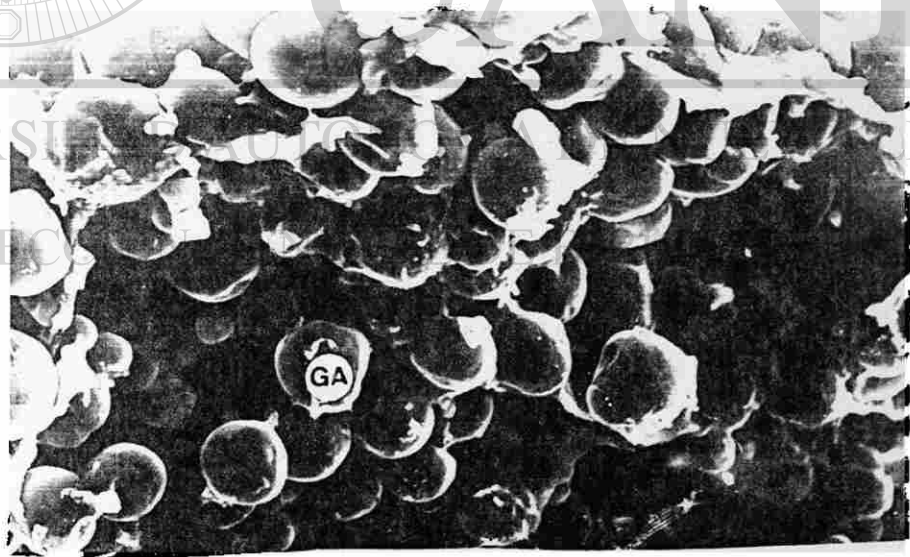


Figura 129.

