

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



"ESTUDIO QUÍMICO Y ANATÓMICO DE DOS VARIEDADES DE  
MIJO PERLA (Pennisetum americanum (L.) Loebke) EN TRES ETAPAS  
DE DESARROLLO BAJO DOS CONDICIONES DE  
FERTILIZACIÓN Y RIEGO."

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD EN ALIMENTOS

PRESENTA

HILDA SONIA OLIVARES MIRELES

MONTERREY, N. L.

JUNIO DE 1994

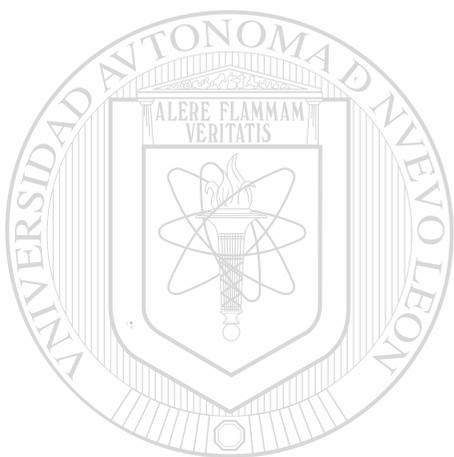
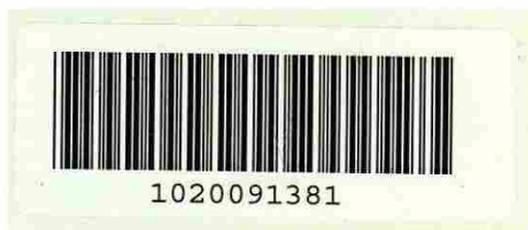
TM

25320

FCB

1994

04



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



"ESTUDIO QUÍMICO Y ANATÓMICO DE DOS VARIEDADES DE  
MIJO PERLA (Pennisetum americanum (L) Leake) EN TRES ETAPAS  
DE DESARROLLO BAJO DOS CONDICIONES DE  
FERTILIZACIÓN Y RIEGO."

**TESIS**

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD EN ALIMENTOS

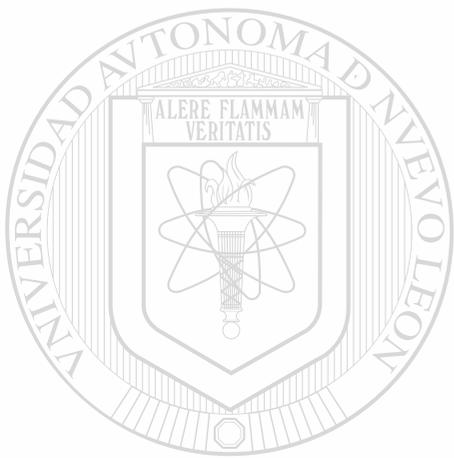
PRESENTA

HILDA SONIA OLIVARES MIRELES

MONTERREY, N. L.

JUNIO DE 1994

TM  
25320  
FCB  
1994  
04



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

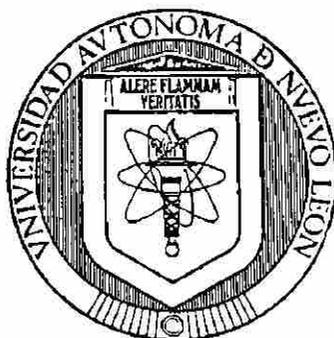
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO TESIS

62746

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



“ Estudio químico y anatómico de dos variedades de mijo perla  
(*Pennisetum americanum* (L) Leake) en tres etapas de desarrollo  
bajo dos condiciones de fertilización y riego.”

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el título de Maestro en  
Ciencias con Especialidad en Alimentos.

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

PRESENTA

HILDA SONIA OLIVARES MIRELES

Monterrey, Nuevo León

Junio de 1994

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

“ Estudio químico y anatómico de dos variedades de mijo perla  
(*Pennisetum americanum* (L) Leeke) en tres etapas de desarrollo  
bajo dos condiciones de fertilización y riego.”

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el título de Maestro en  
Ciencias con Especialidad en Alimentos.

PRESENTA

HILDA SONIA OLIVARES MIRELES

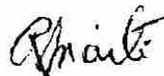
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS  
COMISION DE TESIS

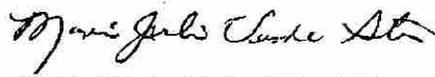
PRESIDENTE: DR. BALTAZAR CUEVAS HERNANDEZ



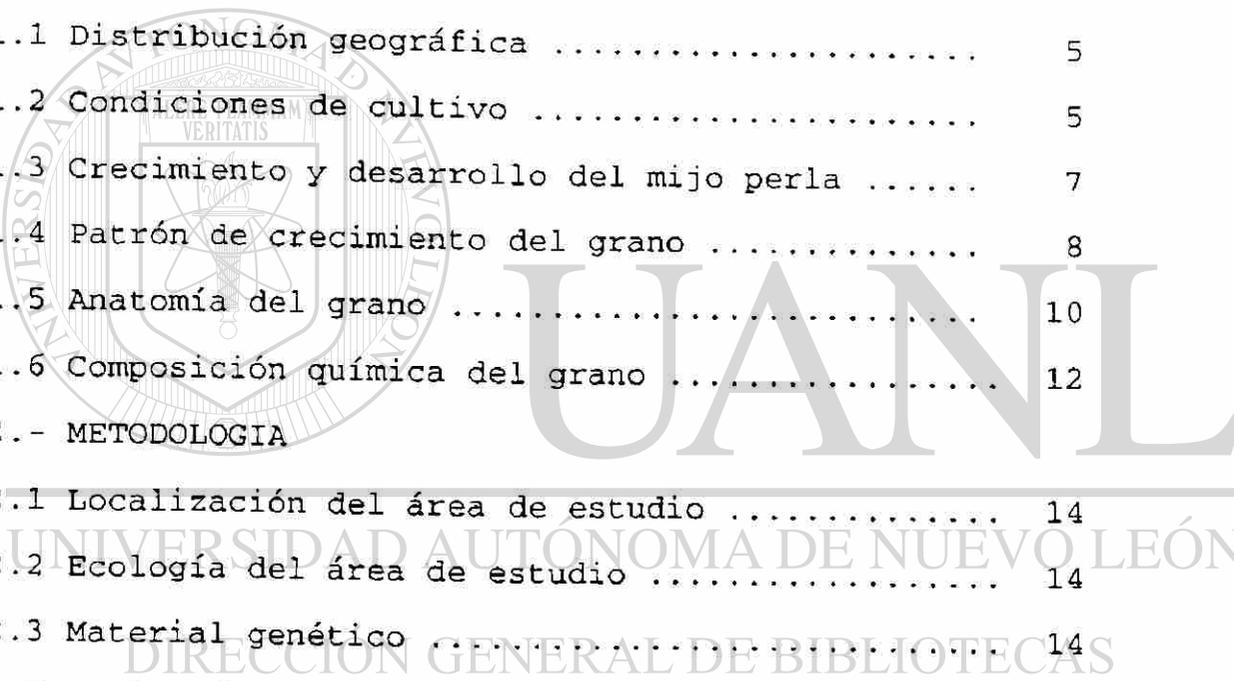
SECRETARIO: DR. RATIKANTA MAITI



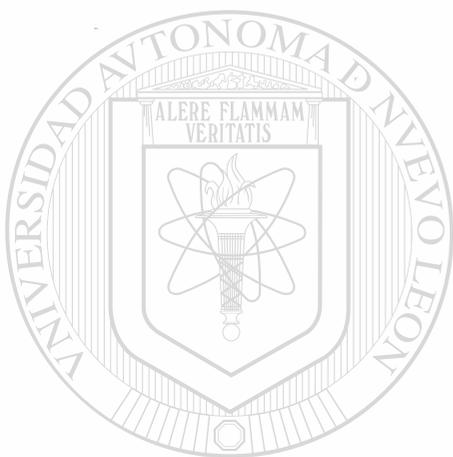
VOCAL: DRA. JULIA VERDE STAR



CONTENIDO:	Página
AGRADECIMIENTOS	-
RESUMEN	
INTRODUCCION .....	1
HIPOTESIS .....	3
ORIGINALIDAD .....	3
1.-ANTECEDENTES .....	5
1.1 Distribución geográfica .....	5
1.2 Condiciones de cultivo .....	5
1.3 Crecimiento y desarrollo del mijo perla .....	7
1.4 Patrón de crecimiento del grano .....	8
1.5 Anatomía del grano .....	10
1.6 Composición química del grano .....	12
2.- METODOLOGIA	
2.1 Localización del área de estudio .....	14
2.2 Ecología del área de estudio .....	14
2.3 Material genético .....	14
2.4 Fechas de colecta .....	15
2.5 Condiciones de cultivo y muestreo .....	15
2.6 Metodología utilizada .....	17
2.7 Diseño experimental .....	18
3.-RESULTADOS	
3.1 Análisis químicos .....	19
3.2 Análisis Anatómicos .....	24



4.- DISCUSION .....	31
5.- BIBLIOGRAFIA .....	37
6.- APENDICE	
6.1 TABLAS	
6.2 FIGURAS	



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



DEDICATORIA

A MIS PADRES: Arturo Olivares Garza

Rosalinda M. de Olivares.

Con cariño y agradecimiento por su apoyo constante e inspiración  
continua.

A MIS HERMANOS, HERMANOS POLITICOS Y SOBRINOS: Por ser parte  
importante en mi vida.

A MI ESPOSO: Manuel del Río Armendariz

A MIS HIJOS: Sonia Yajaira

Hilda Yazmin

Luis Manuel

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Por su Amor, Apoyo y Paciencia y sobre todo por darme la  
oportunidad de superarme y sentirme realizada completamente como  
ser humano.

**MI AGRADECIMIENTO POR SIEMPRE A:**

**A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**U.S.D.A. - A.R.S. - B.C.P.R.U., WESLACO, TX**

**Al Dr. Baltazar Cuevas Hernandez .-** Por la dirección y apoyo constante a esta tesis y sobre todo por su amistad.

**Al Dr. Ratikanta Maiti.-** Por la Co-dirección acertada y apoyo constante para esta investigación y sobre todo por su confianza y paciencia.

**A la Dra. Julia Verde Star.-** Por la asesoría y ayuda brindada a este trabajo y por ser una gran amiga.

**Al Dr. Arturo Olivarez** por la asesoría brindada en la parte estadística de esta tesis.

**Al M.C. Jorge Hernandez P.** Por la ayuda otorgada en la parte de microscopía de barrido.

**A la Dra. Guadalupe Alanís de García y Ing. Carlos García** por el apoyo brindado para este trabajo y por la amistad que siempre me han manifestado.

**Al Personal de los Departamentos de Alimentos, Botánica e Histología** por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo.

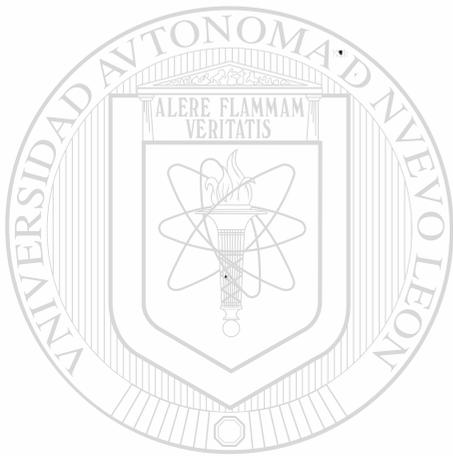
**Al Dr. Urlico López** por su ayuda para la obtención del grano.

**Al Dr. Antonio A. Guerra** por darme la oportunidad de encontrar nuevos amigos y formar parte de su equipo de trabajo y sobre todo

el apoyo continuo para terminar este trabajo.

A MIS COMPAÑEROS DEL AREA DE BIOQUIMICA: Por la amistad y  
compañerismo de siempre.

A todas aquellas personas que de una manera u otra han hecho  
posible este trabajo.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## RESUMEN

Considerando la importancia del mijo perla como fuente protéico-calórica en la alimentación humana y animal, en el presente trabajo se estudió el efecto de las condiciones de cultivo sobre la composición química y estructural de 2 variedades de grano de mijo perla en tres etapas de desarrollo (lechoso, masoso y maduro).

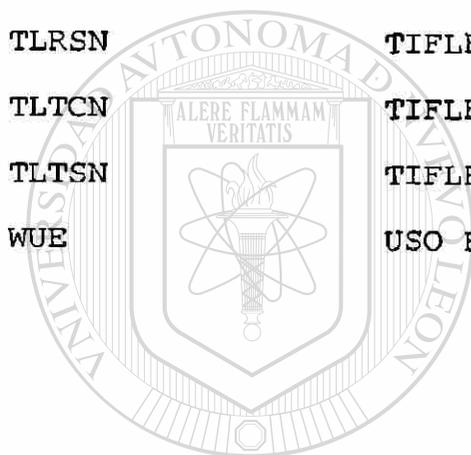
En general los resultados indicaron que al fertilizar con nitrógeno existe una tendencia a incrementarse el contenido protéico del grano en estado lechoso, aunque no se observaron diferencias estadísticas. Sin embargo todos los componentes químicos del grano en las 2 variedades no registraron efectos significativos al fertilizar el suelo, en ambas condiciones de humedad (riego y temporal).

Con relación a las etapas de desarrollo se observó que las proteínas, lípidos, y digestibilidad de la proteína se incrementan conforme se madura el grano y el resto de los componentes químicos no mostraron marcadas diferencias. También las condiciones de cultivo no mostraron efectos marcados sobre la anatomía del grano aunque existe diferencias estructurales entre las diferentes etapas de desarrollo del grano.

Se considera que la alcalinidad del suelo (pH=8.1) influyeron marcadamente en los resultados obtenidos debido a la deficiente absorción del nitrógeno y otros nutrientes del suelo bajo estas condiciones.

**ABREVIATURAS UTILIZADAS EN ESTE MANUSCRITO:**

CPRCN	COMPLEJO POBLACIONAL DE RIEGO CON NITROGENO
CPRSN	COMPLEJO POBLACIONAL DE RIEGO SIN NITROGENO
CPTCN	COMPLEJO POBLACIONAL DE TEMPORAL CON NITROGENO
CPTSN	COMPLEJO POBLACIONAL DE TEMPORAL SIN NITROGENO
TLRCN	TIFLEAF DE RIEGO CON NITROGENO
TLRSN	TIFLEAF DE RIEGO SIN NITROGENO
TLTCN	TIFLEAF DE TEMPORAL CON NITROGENO
TLTSN	TIFLEAF DE TEMPORAL SIN NITROGENO
WUE	USO EFICIENTE DEL AGUA



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**INTRODUCCION:**

El hombre utiliza como principal componente de su alimentación a los granos y sus derivados. En los países en vías de desarrollo, alrededor del 85% de la alimentación depende de los productos agrícolas; en los países desarrollados, solo el 40%. En términos generales se considera que la dieta del hombre consiste en 70% de productos vegetales, principalmente granos, y en un 30% de productos de origen animal. Además hay que tener en cuenta que los productos pecuarios se obtienen alimentando a los animales con grano y concentrados proteínicos que provienen de aceites de semillas como las de soya, girasol, ajonjolí, cártamo y algodón. Por consiguiente, los granos en forma directa o indirecta, constituyen la fuente principal de alimentación del hombre. (Moreno,1984).

Aún cuando México presenta un potencial muy alto, tanto en el campo agrícola como en el ganadero y pesquero para cubrir la demanda nacional, en especial la de granos básicos, se ve limitada por factores diversos: escasez de agua y tierras, mala organización de las pequeñas unidades de producción, deficiente capacitación de campesinos y técnicos, insuficiencia de insumos agrícolas, entre ellos de semillas mejoradas, y daños provocados por plagas y enfermedades, (Moreno,1984). En general, debido a los problemas antes mencionados, se considera de gran interés buscar alternativas agrícolas adaptadas a las condiciones de temporal con escasa precipitación anual que parcialmente pueda sustituir los cultivos tradicionales como lo son el maíz, sorgo,

trigo, avena, etc..

En varios estudios realizados en México, se ha encontrado que el mijo perla es un cultivo que se puede adaptar bien en el noreste del país para la producción de granos y forrajes. También se han realizado estudios sobre la composición química y nutricional del grano maduro, pero no existe información en cuanto a sus cambios estructurales y nutricionales en diferentes etapas del desarrollo del grano bajo diferentes condiciones de cultivo.

El objetivo general del presente estudio fué:

Contribuir al conocimiento de la anatomía y composición química y de 2 variedades de mijo perla (*Pennisetum americanum*) durante el desarrollo del grano bajo diferentes condiciones de cultivo.

Esperando complementar los datos ya reportados con nuevos conocimientos en relación a los cambios químicos y anatómicos del grano de mijo perla en diferentes condiciones de cultivo nos marcamos los siguientes objetivos específicos:

- 1.-Evaluar la composición química y de dos variedades de mijo perla en diferentes etapas de desarrollo bajo diferentes condiciones de fertilización y humedad.
- 2.- Estudiar la estructura del grano de mijo perla en diferentes etapas de desarrollo bajo diferentes condiciones de fertilización y humedad.

## HIPOTESIS

Existe variación en la composición química y la anatomía de dos variedades del grano de mijo perla durante sus diferentes etapas de desarrollo y bajo diferentes condiciones de cultivo.

## ORIGINALIDAD

Aún cuando el mijo se ha estudiado extensivamente a nivel mundial y los resultados señalan que éste es un cultivo que se puede adaptar a una gran diversidad de suelos (sobre todo aquellos en zonas áridas), y que puede ser utilizado como alimento tanto para consumo humano como animal, ya que su calidad nutricional es muy similar a la del sorgo y el maíz; hasta ahora no se han realizado estudios donde se señalen las relaciones que hay entre las diferentes etapas del desarrollo del grano con respecto a los cambios estructurales y las variaciones de los compuestos químicos. Por lo que consideramos de sumo interés realizar este estudio aunque se tienen referencias en otro tipo de cultivos como el sorgo y el trigo.

## ANTECEDENTES

### 1.1 Distribución geográfica.

Esta planta crece y se desarrolla en ambientes similares en la región semiárida del noreste de México. Se adapta a localidades que reciben precipitaciones entre los 250 y 800 mm de agua sobre el periodo de crecimiento, llegando a producir rendimientos aceptables (Brunker et al, 1977; Frere,1984).

En México el cultivo de mijo perla es poco conocido y las experiencias que se tienen son principalmente en la producción de forrajes, sobre todo en zonas de poca disponibilidad de agua, pero en Africa, India, China, Corea, Japón, Rusia, los mijos se cultivan extensivamente para la alimentación humana y animal principalmente en las zonas áridas y semiáridas bajo condiciones de temporal (Maiti R., Lopez U.,1994).

En México lo errático de las lluvias y su mala distribución, frecuencia y duración generan severas sequías que afectan los rendimientos de los granos y forraje. El *Pennisetum americanum* conocido como mijo perla es originario de los trópicos semiáridos de Africa y actualmente se encuentra distribuido en la India, Paquistán, Ceilan, Bangladish, Burma, Sri Lanka y otros países como Estados Unidos y Argentina.

### 1.2 Condiciones de cultivo.

En India y Africa, el mijo se cultiva en suelos alfisoles con un pH que varía de 6.2 a 7.7. Las necesidades térmicas que este cultivo requiere, fluctúan entre los 10° y los 45°C. generalmente requiere de altas temperaturas para lograr crecimiento rápido,

sobre todo en las etapa finales de desarrollo Frere, 1984).

Al comparar el mijo perla con otros cultivos como el maíz o el sorgo, se observa, que el primero es una especie vegetal con hábito de crecimiento anual, con un ciclo vegetativo con amplio rango según las variedades, algunas tan precoces con alrededor de 80 días, hasta las más tardías con aproximadamente 200 días desde la siembra hasta la cosecha. En general se puede decir que las variedades de mejor rendimiento son las que tienen un ciclo de 100 a 140 días; menos de 100 días se obtiene poca producción de grano o de forraje y las variedades de más de 140 días no son recomendables para producción de grano pero pueden utilizarse para forraje.

Las condiciones edáficas de crecimiento son: Temperatura de 25° a 30°C; la temperatura promedio máxima de 40°C es perjudicial en el periodo de fertilización en regiones de alta humedad relativa. Con respecto a la humedad, las diferentes variedades pueden crecer o desarrollarse en áreas de precipitaciones desde 400 a 500 mm durante el ciclo vegetativo. Bajo condiciones de riego, en términos generales se recomienda un riego por siembra y 3 riegos de auxilio, que en total dan 500 mm de agua. Con relación a la altitud, se cultiva con buenos rendimientos desde el nivel del mar hasta alrededor de 2500 metros de altura, a mayor altura se afecta mas el cultivo (Ogden, 1977, citado por Seetharama, 1984).

El mijo perla es una especie facultativa de vía corta. Bajo un fotoperíodo de menos de 12 horas la planta florece temprano, mientras que bajo fotoperíodos largos el genotipo y la

temperatura pueden afectar la floración y en algunas, ésta puede ser retrasadas bajo fotoperíodos de 14 a 16 Hs.

### **1.3.-Crecimiento y desarrollo del mijo perla.**

En general, el crecimiento y desarrollo del mijo perla, se basa en tres etapas principales: La etapa vegetativa (EC1), incluye desde la emergencia hasta la formación de panícula en el tallo principal. La segunda etapa (EC2) o desarrollo de la panícula, esta etapa incluye desde la iniciación de la panícula hasta la floración del tallo principal. La tercera etapa (EC3), que implica la floración de la panícula hasta el período de llenado del grano (esta etapa marca el período de maduración fisiológica del la planta) (Maiti & Bidinger, 1981).

La fase del llenado de grano (EC3) comienza con la fertilización de la flor en la panícula del tallo principal y continúa hasta la maduración de la planta. Los incrementos de ~~peso seco total de la planta en este período~~ ocurren principalmente en el grano aunque algunas variedades se pueden presentar incrementos en algunos organos vegetativos. El final de esta etapa, está determinado por el desarrollo de una pequeña capa oscura en la región del hilio en el grano.

Un estudio detallado de las etapas de crecimiento del mijo perla (HB-3) divide el ciclo de vida de la planta en 9 etapas morfológicas distintas; (Maiti y Bidinger, 1981)

El proceso de formación de la panícula consiste en una serie de procesos, uno para cada uno de las diferentes estructuras florales, las cuales se inician desde la base hasta la punta de la panícula.

#### 1.4 Patrón de crecimiento del grano.

El aumento de peso seco en los granos de cada panícula sigue un patrón sigmoide normal. Existe un período de tardanza inicial de 5 a 6 días durante el cual existe una división celular activa en el endospermo, pero hay poco aumento de peso seco en el grano. En seguida hay un período mas largo de acumulación de peso seco hasta que se desarrolla la capa negra, después de lo cual ya no hay aumento de peso seco en el grano, la taza mayor de crecimiento de peso seco en el grano ocurre de este modo durante los estados lechoso y masoso.

Existe una variación tanto en el tamaño del grano como en el tiempo para la madurez fisiológica entre los diferentes gránulos de la panícula, tanto en el centro como en el ápice. Existe también una variación considerable en el tamaño del grano entre diferentes variedades desde 3 a 4 gramos por 100 granos hasta 10 a 12 gr por 100 granos. Los granos maduros varían un poco en la forma, siendo generalmente redondeados en la parte superior y estrechos en la región hilar. Los colores varían desde el blanco al gris o café. La capa obscura se localiza justamente arriba de la región hilar en el lado basal abgerminal y el embrión en la parte opuesta.

La aparición de una zona negra sobre la superficie abgeminal externa del grano de mijo perla es un indicador útil del máximo peso seco (Fussel y Pearson, 1978). Este conocimiento sugiere que la región negra puede estar asociada con la vía de translocación del grano, en una forma similar a la encontrada en

el maíz (Kieselbach y Walker, 1952) y sorgo (Eastin et al; 1973); Giles et al; 1975). Los estudios sobre morfología del grano de mijo perla fueron proporcionados por algunos autores. (Matsuda, 1941; Nayaranaswami, 1953; Maití y Bidinger, 1981). Fussel (1980), encontró que durante el crecimiento del embrión y desarrollo de grano hay una formación de células transferidas al endospermo basal y la acumulación subsecuente de material pigmentado en esta región que induce a la formación de la capa negra. La aparición de la región negra en la superficie abgeminal basal del grano del mijo perla al tiempo de logrado el máximo peso seco del grano, es causado por una acumulación de pigmentos en las células de la chalaza. La naturaleza química del pigmento es aparentemente del tipo fenólico (Feder y O'Brien, 1968). La acumulación de este pigmento parece ser causado por la deposición rápida y abundante de pigmentos, ya que estos compuestos se depositan en la abertura entre los integumentos y la compresión de estos, dejando una capa de quitina alrededor del endospermo; se considera que su deposición sea una medida de protección del grano contra plagas y enfermedades y además es un indicador de la obtención del peso máximo en el grano.

Algunos autores (Fussel y Pearson, 1978) han señalado que existe variabilidad genotípica en la fase de acumulación del peso seco del grano, también observaron que los híbridos lograron mayores tasas de llenado de grano en las líneas emparentadas y que el nivel de almacenamiento de carbohidratos y proteínas solubles y extraíbles con NaOH se incrementaron junto con el incremento de peso seco del grano. Las hojas y las partes

florales fueron más grandes en los híbridos, comparados con los otros, por lo cual la producción mas alta de grano se obtiene de los híbridos. La selección para alta tasa de llenado de grano puede lograr mejores rendimientos y variedades mejor adaptadas.

### **1.5 Anatomía del grano.**

En un corte transversal del cariósipide maduro, la estructura de la testa de la semilla y el endospermo se distinguen visiblemente. Una gruesa cutícula cubre la epidermis. El pericarpio consiste de epicarpio, hipocarpio y mesocarpio. El epicarpio consiste en células epidérmicas alargadas. Las células del hipocarpio están obliteradas, por la misma compresión, las células del mesocarpio, que son de dos o tres capas, han perdido su contorno en algunos lugares. Debajo del mesocarpio existe una sola capa de células grandes, cúbicas y rectangulares, orientadas regularmente, llamada la capa de aleurona. (McDonough, 1986).

Debajo de la capa de aleurona está el endospermo córneo periférico, una sola capa de células bien delimitadas con gránulos de almidón y proteínas compactamente arregladas. Las células de esta capa son cúbicas, alargadas pequeñas y firmemente aplastadas contra la capa de aleurona. Debajo de esta capa periférica se presenta el endospermo harinoso cuyas células no están compactas, de tamaño grande, alargadas, cúbicas, angulares. Los gránulos de almidón y las proteínas se hacen menos compactos hacia el centro del endospermo.

La anchura del pericarpio en la región del hilio es muy reducida. Las células de aleurona en esta región son muy pequeñas, compactas y de forma regular. Las células del

endospermo entre la capa de aleurona y el escutelo son compactas, las células del escutelo son alargadas y forman una sola capa que rodea al embrión. Las células en el embrión son muy compactas, especialmente en la región hiliar. Las células fuera de la capa negra en la región hiliar, están también muy compactadas. La capa negra muestra un anillo semilunar de células vacuoladas, las cuales parecen cortar la conexión vascular con el pedicelo del grano. (Figura 1).

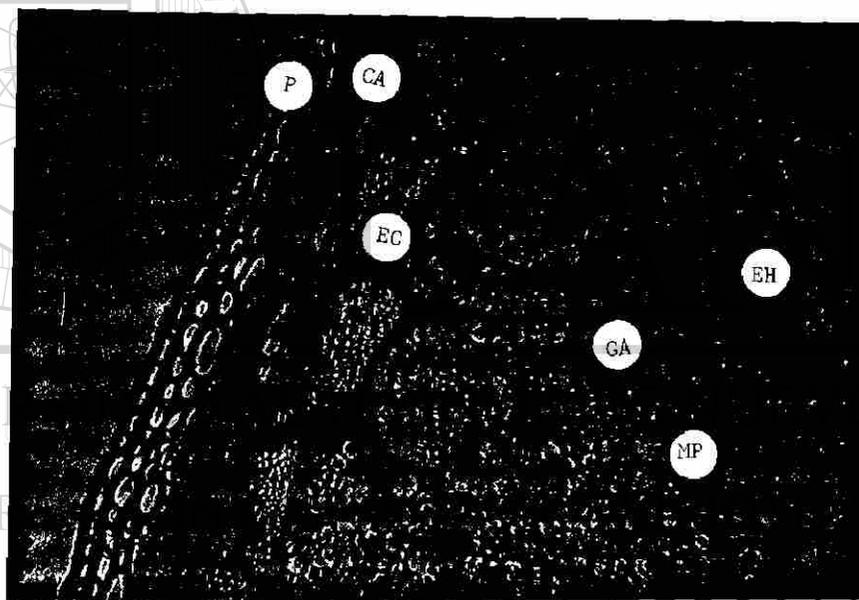


Figura No.15 .- Microfotografía mostrando la variedad tifleaf bajo condiciones de riego y sin fertilización con las siguientes estructuras: Endospermo córneo EC, gránulos de almidón GA, membrana proteínica MP, capa de aleurona CA y células del pericarpio P.40x.

## 1.6 Composición química del grano

La composición química del mijo en fase de floración de acuerdo a los resultados obtenidos por Goswami et al (1970) el mijo presenta de 6.8 a 12 % de proteína cruda, 0.9 al 1.8% de grasa, 29% a 34% de fibra cruda y de 41 a 52% de extracto libre de nitrógeno. En cuanto a minerales de 0.29 a 0.60% de calcio y de 0.47 a 0.048% de fósforo.

Los reportes en las diferentes variedades de mijo perla, señalan que el contenido de proteínas varía de 6.68 a 20.00%, dependiendo de la variedad (Sawhenry y Naik, 1969); se le considera como una buena fuente de aminoácidos esenciales con la excepción de la lisina (Johnson y Raymond, 1964); cenizas de 2.00 a 4.81% ; grasa de 2.6 a 5.8 % (Krishnawamy, 1962), materia seca 89.4%, fibra cruda 72%, minerales: calcio 0.1% , fósforo 0.27% (Cullison, 1983; Dhillon, 1982 ). Extracto libre de nitrógeno 64.98 71.30% (Dhindsa, 1982;); humedad 62-82.25%; contenido de ácidos grasos saturados: ácido estearico 0.75 a 9.92%, ácido palmítico 10.5 a 28%. Los ácidos grasos insaturados: ácido oléico de 14 a 40%, ácido linolénico de 0.3 a 6%, trazas de decanóico, láurico, mirístico, araquidónico (Singh, 1982) Los azúcares reductores que se encuentran predominantemente son : Maltosa de 50 a 54mg, sucrosa 188 a 239 mg, xilosa, manosa y glucosa (Emiola y de la Rosa, 1981) rafinosa, sacarosa y fructosa (Subramanian et al; 1981).

La composición química de la pared celular en algunas variedades de mijo perla se mostraron que esta es similar a la de

la mayoría de las gramíneas, predominando gluconoarabinosas (Carpita *et al*; 1985).

Las proteínas que se han reportado generalmente son: Albúmina de 10.09 a 19.17%, Globulinas de 10 a 23.98%, prolaminasa de 30.73 a 33.51%, glutelinas de 30.7 a 33.16% (Dhillon *et al*;, 1982).

El mijo presenta un contenido muy alto de proteína cruda, cenizas, fósforo y potasio, comparada con otras plantas y zacates. Wesche-Ebeling *et al.* (1991), estudiaron el contenido y tipos de compuestos fenólicos en 15 variedades de mijo perla, demostrando variabilidad entre los genotipos, se encontraron compuestos fenólicos tipo hidroxilos fenólicos y cumarinas.

Cuevas-Hernández (1992) al comparar la composición química del maíz, sorgo y mijo perla encontró que la proteína era mayor en el mijo que en el maíz y el sorgo, así como un contenido mayor de ácidos grasos de los cuales el linoléico era el más abundante, con relación a los aminoácidos la leucina, fenilalanina y el ácido glutámico fueron los más abundantes y la tirosina se encontró en menor cantidad. Con respecto al maíz; la composición proximal es la siguiente: Materia seca 84.1; Extracto etéreo 4.83; Nitrógeno 1.29; proteína 8.06; fibra cruda 1.58; cenizas 1.28; carbohidratos 70.04 (Bressani *et al*; 1960).

## MATERIALES Y METODOS

### 2.1 Localización del estudio:

Los estudios químicos y anatómicos se realizaron en la Facultad de Ciencias Biológicas, las muestras de los granos del mijo perla estudiado se obtuvieron de los campos experimentales de la Facultad Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

### 2.2 Ecología del área y características físico-químicas del suelo:

Las características ecológicas del área de estudio son las mismas reportadas por Lopez U., (1992). Las análisis del suelo de la estación experimental al momento del estudio fueron las siguientes: pH: 8.1 (moderadamente alcalino), Conductividad eléctrica: 0.4 (no salino), Textura: arcillosa, Color: café grisáceo y Materia orgánica: 2.1 (media).

### 2.3 Material Genético:

Las variedades de mijo perla estudiadas fueron: **Complejo poblacional** (que es una población lograda de 15 líneas seleccionadas para propósito forrajero e introducidos del ICRISAT) y **Tifleaf** proporcionados por el INIA-SARH de Torreón, Coah.

#### 2.4 Fechas de colecta:

- 1.- Lechoso : Octubre 8, 1988
- 2.- Masoso : Octubre 20, 1988
- 3.- Maduro : Octubre 31, 1988.

#### 2.5 Descripción de las condiciones de cultivo:

**Densidad de siembra:** Se seleccionó la de 175,000 plantas por hectárea (cada plántula estaba sembrada a una distancia de 8 cm). **Riego:** A los experimentos de riego se les aplicó el agua dependiendo de la necesidad del cultivo, mientras que los de temporal, únicamente recibieron el riego de presiembra.

**Fertilización:** la dosis de nitrógeno (0-100 kg) se aplicó en dos ocasiones, la primera al momento de la siembra y la segunda, cuando las plantas tenían una altura de 40 y 50 cm. Se aplicó una sola dosis de fósforo al momento de la siembra. Como fuente de nitrógeno se utilizó la urea y como fuente de fósforo el superfosfato triple de calcio.

#### 2.6 Obtención de las muestras:

Las muestras de los granos de mijo en los diferentes estadios se obtuvieron de un conjunto de bloques de parcelas divididas y distribuidas al azar, en las cuales se encontraban las dos variedades estudiadas y las dos repeticiones bajo las dos diferentes condiciones de humedad y fertilización.

La obtención de las muestras se hizo completamente al azar para todos los tratamientos en las diferentes parcelas. Para los análisis químicos y de peso se cortaron las panojas completas (de

5 a 10 panojas dependiendo del estadio).

El material obtenido se trasladó a la Facultad de C. Biológicas donde se procedió a secarlo en estufa de corriente de aire a 60°C durante 24 a 48 hs. Posteriormente el grano se obtenía manualmente y se guardaba en frascos limpios y secos perfectamente cerrados, almacenandolos en lugares frescos y secos hasta el momento de realizar los análisis.

Para los análisis anatómicos se tomaron las muestras frescas directamente de la panoja y se colocaron en tubos de ensayo con AFA (Ac. acético-Formol-Alcohol Etílico) (Johansen. 1940) con el propósito de fijar el material antes de procesarlo.

Para las observaciones y cuantificaciones de las estructuras, se realizaron cortes transversales del grano, utilizandose inclusión de parafina, siguiendo el método de Johansen, 1940).

Las diferentes estructuras anatómicas estudiadas fueron las siguientes: **Pericarpio, capa de aleurona, endospermo córneo y endospermo harinoso**; para valorar cada uno de ellos se hicieron las siguientes mediciones en micrómetros: Número de capas, diámetro de células, tamaño de células, número de granos de almidón y diámetro de granúlos de almidón. En cada corte con 5 semillas se trataron de realizar al menos 10 mediciones de cada una de las diferentes estructuras.

Para el análisis de microscopía de barrido se utilizaron semillas secas en estado maduro. Para este estudio se fracturó la semilla y se montó sobre bases de aluminio y cubriéndose con

una capa conductiva de oro. Las observaciones fueron realizadas en un mini-SEM ISI con un voltaje de aceleración de 15 KV y las imágenes captadas en película Polaroid 664. Las fotografías se tomaron a un aumento de 700X y 2000X.

## 2.7 Metodología utilizada:

1.- La calidad nutricional de las semillas en las diferentes etapas se evaluó en base a las siguientes determinaciones:

Parámetros	Fuente	Sección	Página
HUMEDAD	A.O.A.C.	7.001	129
CENIZAS	A.O.A.C.	7.010	130
PROTEINAS	A.O.A.C.	2.048	15
LIPIDOS	A.O.A.C.	7.045	135
		7.046	
FIBRA CRUDA	A.O.A.C.	7.546	137
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO.	Por diferencia		

\* A.O.A.C.= ASSOCIATION OFFICIAL OF ANALYTICAL CHEMISTRY, U.S.A. (1990)

2) Determinación de digestibilidad "in vitro" con pepsina (AOAC, 1990)

3) Determinación de Aminoácidos libres: (Rosen, 1957).

0.01g de muestra se colocan en 5 ml de solución salina, posteriormente se toman 0.5 ml de muestra y se le agrega 1 ml de

alcohol isopropílico, se centrifuga a 14,000 rpm/ 4min., se toma 1 ml del sobrenadante y se le agregan .5 ml de CN-Acetato, 0.5 ml de ninhidrina y se pone a calentar durante 15 min. a 100°C., 5ml de alcohol isopropílico, se agita se deja enfriar y se lee en colorímetro a 570 mμ. (Spectronic 20.)

4) Se determinó el peso seco de 100 semillas.

### 2.8 Diseño experimental:

Para el cultivo de las variedades se utilizó el diseño de parcelas divididas con bloques distribuidos al azar y los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza de tres vías, siguiendo modelos lineales generales, (SAS, 1991) la comparación de medias se hizo mediante la Prueba de Shaffé.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**RESULTADOS:****ANÁLISIS QUÍMICOS**

Los resultados del análisis químico proximal, se muestran en la tabla No. 1; la digestibilidad y concentración de aminoácidos libres se muestran en la tabla 2. En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en el peso de 100 semillas. Los datos obtenidos en los diferentes tratamientos, se les realizó primeramente un análisis estadístico descriptivo (tablas 4-8) ver apéndice y posteriormente un análisis de varianza de 3 vías, usando las variables experimentales: Estado, variedad y clima considerando por separado la presencia o ausencia de nitrógeno (tablas 9-25) ( $p < 0.5$ ). Las medias fueron analizadas utilizando la Prueba de Sheffé (ver apéndice).

**HUMEDAD:**

Complejo Poblacional: Entre los diferentes tratamientos no se observó diferencia marcada del porcentaje de humedad pero entre los diferentes estadios se observó un incremento del estado lechoso al masoso para posteriormente disminuir en el estado maduro. (Figura 2).

Tifleaf: Se observó la misma tendencia que la variedad anterior. (Figura 2).

El análisis de varianza mostró diferencia significativa entre los diferentes estadios ( $p < 0.01$ ), la Prueba de Schaffé muestra significancia ( $p < 0.05$ ) entre los estados masoso y maduro y los estados masoso y lechoso. (Tablas 10 y 11).

**CENIZAS:**

Complejo Poblacional: Entre los diferentes tratamientos de esta variedad y en cada uno de los estadíos no se observaron variaciones, la tendencia es a disminuir a medida que madura la semilla. (Figura 3).

Tifleaf: Presentó la misma tendencia que la variedad anterior aunque observamos una cantidad ligeramente mayor que el complejo poblacional (Figura 3).

El análisis de varianza no mostró ninguna significancia entre los diferentes tratamientos. (Tablas No. 12 y 13).

**PROTEINAS:**

Complejo poblacional: En la etapa lechoso los diferentes tratamientos mostraron un promedio de 15.33% de proteína, este porcentaje disminuyó en el estado masoso (10.84%) se incrementó ligeramente en el estado maduro (12.6%). (Figura 4).

Tifleaf: En todas las etapas de desarrollo del grano en esta variedad se observó una concentración mayor que en el complejo poblacional; la tendencia de los tratamientos entre los diferentes estadíos fue similar que la variedad anterior (lechoso: 20.34%; masoso: 13.12% y Maduro: 15.03%). (Figura 4).

Aunque se observaron diferencias entre los tratamientos de las dos variedades, estadísticamente no se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza realizados (Tablas No. 14 y 15).

**LIPIDOS:**

Complejo poblacional: el porcentaje de lípidos entre los diferentes estadios mostró una tendencia ascendente del estado lechoso al maduro (3.23% - 5.51%), (Figura 5)

Tifleaf: Al igual que el complejo poblacional la concentración de lípidos se incrementó con la maduración de la semilla (2.44% - 5.77%). (Figura 5).

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los diferentes estadios, ( $p < 0.001$ ) así como en la variable riego cuando las muestras se encontraban en ausencia de nitrógeno ( $p < .01$ ). La diferencia significativa que se encontró por la prueba de Schaffé fue entre los estados masoso y maduro y entre el estado maduro y lechoso ( $p < .05$ ). (Tablas 16 y 17).

**FIBRA:**

Complejo Poblacional: La fibra en esta variedad presentó una tendencia a disminuir conforme se lograba la maduración de la semilla. (5.02% - 3.03%). (Figura 6)

Tifleaf: En esta variedad se observó muy poco cambio entre los tres estadios (lechoso: 2.76%, masoso: 2.74% y maduro: 2.52%). (Figura 6).

El análisis estadístico mostró solo diferencia significativa entre las dos variedades en los tratamientos no fertilizados ( $p < .05$ ). (Tablas No. 18 y 19).

**EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO:**

Complejo Poblacional.-Los resultados obtenidos por diferencia en los tres estadios no mostraron cambios notables.

Tifleaf.-En los tres estadios no se observaron diferencias marcadas.

Estadísticamente no hubo diferencias significativas.

(Figuras 8) (Tablas 20 y 21)

**DIGESTIBILIDAD:**

Complejo Poblacional: Solo se le determinó a los estados masoso y maduro y se observó un incremento de la digestibilidad conforme maduraba la semilla. (Figura 7)

Tifleaf: Esta variedad se comportó igual que el complejo poblacional. (Figura 7).

El análisis estadístico no mostró ninguna diferencia significativa. (Tablas No. 22 y 23).

**AMINOACIDOS LIBRES:**

Complejo Poblacional: Al igual que el parámetro anterior solo se le determinó al estado masoso y maduro observandose un incremento con la maduración de la semilla. (Figura 9)

Tifleaf: De manera similar que la variedad anterior la concentración de los aminoácidos libres aumento con la maduración de la semilla. (Figura 9).

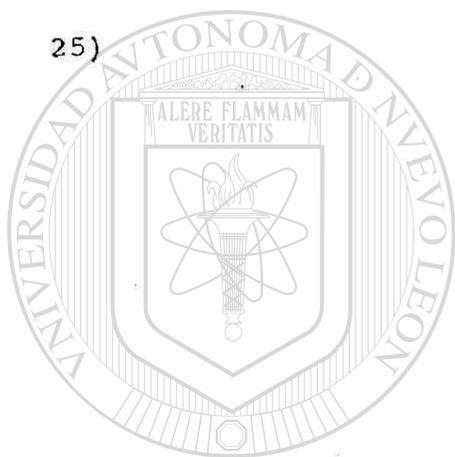
El análisis estadístico no mostró ninguna significancia. (tablas No. 24).

**PESO SECO:**

Complejo Poblacional: El peso seco de las semillas entre los diferentes tratamientos se incrementó con la maduración de la semilla.

Tifleaf: Al igual que la variedad anterior se observó un incremento al madurar la semilla. (Figura 9a).

Estadísticamente no hubo diferencias significativas. (Tabla No. 25)



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**RESULTADOS ANATOMICOS:****A) MICROSCOPIA OPTICA**

Los parámetros estructurales del grano de mijo perla que se consideraron para este estudio fueron: pericarpio, capa de aleurona, endospermo córneo y endospermo harinoso.

Los resultados obtenidos referentes a las características anatómicas y sus dimensiones en los diferentes tratamientos se describen a continuación. (Tabla No 26).

**COMPLEJO POBLACIONAL DE RIEGO CON NITROGENO**

**OBSERVACIONES.**- Pericarpio con 3 o 4 capas de células cuadradas y alargadas, con un diámetro promedio de  $22.5\mu$  . La capa de aleurona se presenta bien definida con células rectangulares de  $12/22\mu$ . El endospermo córneo y el harinoso no se distinguieron con claridad en este corte; las células en esta región median

$39/83.3\mu$  aproximadamente, conteniendo cada una un promedio de 20 gránulos de almidón cuyo diámetro fue aproximado  $8\mu$ . (Figura<sup>®</sup> 10).

**COMPLEJO POBLACIONAL DE RIEGO SIN NITROGENO**

**OBSERVACIONES:** El pericarpio se presenta con 2 a 3 capas de células de forma rectangular de  $24\mu$  . La capa de aleurona con sus células características presentó un espesor de  $16/36\mu$ . El endospermo córneo no se observó bien definido y sus células presentaron un diámetro promedio de  $20-54\mu$ . El endospermo harinoso presentó células de  $55-79\mu$  con un contenido promedio de

69 gránulos de almidón por célula, el diámetro promedio de ellos fue 6  $\mu$ . (Figura 11).

#### COMPLEJO POBLACIONAL DE TEMPORAL CON NITROGENO

OBSERVACIONES.- Pericarpio de 2 a 3 capas de células en empalizada de 26.8  $\mu$ . Las células rectangulares de aleurona presentaron un tamaño de 12.5-38  $\mu$ . El endospermo córneo presentó una sola capa de células cuyo espesor fué 18.5-50  $\mu$  aproximadamente, cuyos gránulos de almidón midieron de 2-3  $\mu$  de diámetro. En el endospermo harinoso las células varían en forma; rectangulares, pentagonales y hexagonales, y su tamaño aproximado entre 65 y 81.5  $\mu$ . (Figura 12)

#### COMPLEJO POBLACIONAL DE TEMPORAL SIN NITROGENO

OBSERVACIONES.- Pericarpio de 2 a 3 células de forma irregular con un diámetro promedio de 31  $\mu$ . La capa de aleurona, poco definida cuyo espesor aproximado fue de 14-34  $\mu$ . El espesor del endospermo córneo fue de 37 a 39  $\mu$ , el diámetro de los gránulos de almidón fue 4  $\mu$  aproximadamente. En el endospermo harinoso las células fueron de mayor tamaño, irregulares, entre 45 y 68  $\mu$  de diámetro, presentando un promedio por célula de 70 gránulos de almidón cuyo diámetro fue de 6  $\mu$ . (Figura 13)

#### TIF LEAF DE RIEGO CON NITROGENO

OBSERVACIONES.- Pericarpio contiene dos a tres capas de células de forma casi cuadrada con un grosor aproximado de 40.2  $\mu$ . La

capa de aleurona se observó con células rectangulares cuyo tamaño fue de 33-19  $\mu$ . El endospermo córneo presentó de dos a tres capas de células redondeadas de 32-36  $\mu$  y cada célula con un número promedio de gránulos de almidón de 53 cuyo diámetro osciló entre 2 y 3  $\mu$ . Las células del endospermo harinoso variaron en forma desde rectangulares hasta poligonales, su tamaño promedio fue de 79 a 103  $\mu$  con 65 gránulos por célula aproximadamente y diámetro de 8  $\mu$ . (Figura 14)

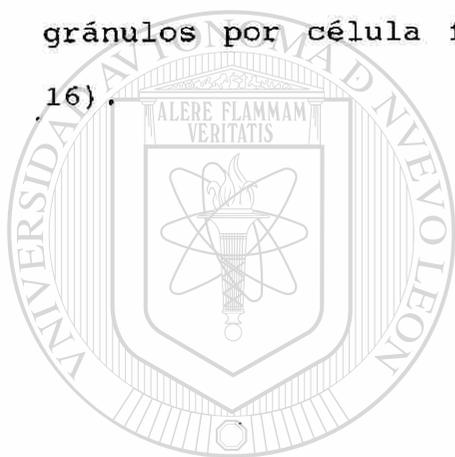
#### TIF LEAF DE RIEGO SIN NITROGENO

OBSERVACIONES.- Pericarpio presenta 3 o 4 capas de células con diferentes formas, las dos primeras capas de forma cuadrada y las otras elongadas, esta capa presenta un grosor aproximado de 34  $\mu$ . La capa de aleurona presenta células con un tamaño aproximado de 22 a 51  $\mu$ . La capa de endospermo córneo se observó gruesa y difusa, el tamaño de sus células fue de 31 a 33  $\mu$ , el número aproximado de gránulos de almidón por célula fue de 61 y su diámetro de 2.6  $\mu$ . Las células que se encuentran en el endospermo harinoso presentaron forma irregular que va desde cuadradas hasta hexagonales variando en tamaño de 52 a 42  $\mu$ . El número de gránulos de almidón fue de 51 con un diámetro de 8.5  $\mu$ . (Figura 15).

#### TIF LEAF TEMPORAL CON NITROGENO

OBSERVACIONES.- Pericarpio con células muy aplanadas con un

espesor de 19.37  $\mu$ . Capa de aleurona muy densa, poco definida con células cuyo tamaño osciló entre 13 y 39  $\mu$ . El endospermo córneo presentó una o dos capas de células pequeñas con una longitud de 22 a 59  $\mu$  estas presentan aproximadamente 53 gránulos de almidón por célula y con un diámetro aproximado de 3  $\mu$ . La capa del endospermo harinoso se observan muy amplia, el tamaño de las células fue de 54 a 110  $\mu$ , aproximadamente, el promedio de gránulos por célula fue de 53 con un diámetro de 8  $\mu$ . (Figura 16).



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## ULTRAESTRUCTURA DEL GRANO DE MIJO PERLA EN DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO.

Se estudio la ultraestructura de los principales componentes anatómicos del grano de dos variedades de mijo perla en diferentes etapas de desarrollo, las observaciones obtenidas se describen a continuación y en la tabla No. 27 se muestran algunas mediciones realizadas a las diferentes estructuras.

### **Etapa Lechoso.**

En esta etapa las células del endospermo y gránulos de almidón se observaron en diferentes fases de desarrollo, la pared del endospermo no esta completa en la mayoría de las células, los gránulos de almidón presentan diferentes tamaños y formas (de redondo a hexagonal) y se encuentran muy separados entre si, los gránulos de proteína no se observaron claramente en esta fase de desarrollo. (Figuras 17 y 18).

### **Etapa Masoso**

El número de gránulos de almidón se incrementó en las células del endospermo, estos se observaron más compactos cuando pasan del estado lechoso al masoso (Figuras 19,20 y 21). Los gránulos de proteína no se observan muy marcados en esta etapa.

### **Etapa Maduro**

Las características generales de la ultraestructura de grano observadas en esta etapa, son muy similares a las observadas en

microscopía óptica.

### **Complejo Poblacional**

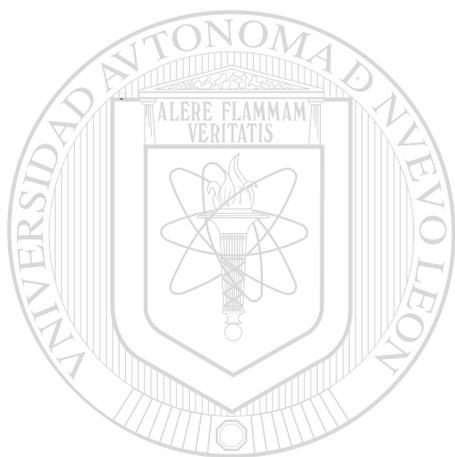
Podemos apreciar la ultraestructura del grano que no se muestra variación muy marcada entre los cultivares y entre los diferentes tratamientos, las células del epicarpio se observan de forma rectangular, el grosor del pericarpio se observa de un tamaño mayor en el complejo poblacional temporal sin nitrógeno y en el complejo poblacional de riego con nitrógeno (Figuras 22 y 23). Los gránulos de proteína son más compactos en las células del endospermo en la etapa madura, se observó diferencia en la acumulación de estos cuerpos alrededor de los gránulos de almidón, por ejemplo en el complejo poblacional de temporal con nitrógeno se observó un número mayor de estos, un número intermedio en el complejo poblacional de temporal sin nitrógeno y en los tratamientos de riego con nitrógeno y sin nitrógeno una acumulación más baja (Figuras 24 a 29)

### **Tifleaf**

En esta variedad observamos que la ultraestructura del grano es muy similar entre los diferentes tratamientos. El grosor del pericarpio no varió en los diferentes tratamientos. Los gránulos de almidón se observaron muy compactos en esta etapa y presentan una forma predominantemente hexagonal.

Bajo las mismas condiciones de riego, se observaron mas gránulos de almidón cuando se fertilizó con nitrógeno.

Bajo las condiciones de temporal se observó que el número de gránulos de proteína fue mayor en los tratamientos con nitrógeno que los que no lo tienen, no se observaron diferencias marcadas en el tamaño y forma entre los diferentes gránulos de almidón (Figuras 30 a 37).



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## DISCUSION

Considerando que nuestro país tiene grandes extensiones de tierras de temporal y que las actividades agrícolas y ganaderas representan gran parte del trabajo poblacional, por lo cual existe una continua necesidad de buscar nuevas fuentes de granos y forrajes con alta producción y valor nutricional, adaptados a las condiciones semiáridas de México, varios trabajos han demostrado que el cultivo del mijo perla tiene alto potencial de producción de grano y forraje asociado al alto valor nutricional (Maiti et al 1991., López-Domínguez 1991., Cuevas-Hernández 1992., Maiti y López 1993), por lo cual este trabajo contribuye al estudio de la estructura y composición química del grano en diferentes condiciones de cultivo.

Los resultados estadísticos con respecto a la composición química indicaron que no existe variación entre los diferentes tratamientos a excepción de humedad, lípidos y fibra. Con respecto a las proteínas se observaron generalmente mas altas en la etapa lechoso ( 14 a 24 % ) en ambas variedades con respecto a la etapa masoso ( 10 a 14 % ) y maduro (11 a 15 % ), también se demostró que las condiciones de cultivo tienen efectos sobre el contenido de proteína. En general al fertilizar con nitrógeno se observa incremento en el contenido de proteína especialmente en la etapa lechoso, que no se encuentra esta tendencia en etapas masoso y maduro, esto pudiera deberse al incremento en la cantidad enzimática que requiere el grano. Tambien se observó que las condiciones de riego y temporal no tienen efecto marcado en

el nivel proteínico del grano sobre todo en la etapa lechoso, en la etapa de masosos no hay diferencia en el contenido de proteínas tanto en riego como en temporal, tampoco al fertilizar se observaron cambios. En la etapa maduro se observó la misma tendencia especialmente en complejo poblacional. Probablemente lo anterior se deba al efecto que ejerza la variedad ya que tifleaf tiene mayor capacidad para almacenar la proteína que el complejo poblacional. Trabajos similares (Cassandra. 1986 y Cuevas-Hernandez. 1992) con relación a la composición química de diferentes variedades de mijo perla, a este respecto el primer autor reporto una variación del contenido protéico de 10 a 14% entre variedades de mijo perla y Cuevas reporta 15 % de proteínas.

Con relación a los lípidos se observó un incremento en el grano a medida que se desarrollaba de etapa lechoso (1.94 a 3.65%) masoso (4.41 a 5.07%) a maduro. (5.26 a 6.14), estos resultados indican un incremento en la ruta de síntesis de ácidos grasos conforme se desarrolla el grano, lo anterior obedece a las reservas energéticas que debe tener el grano para la beta oxidación de ácidos grasos en la germinación. El extracto etéreo fue alrededor de 5% del peso seco, esto concuerda con los resultados de Rooney (1978), NRC (1982). A este respecto Cuevas-Hernández (1992) encontró que de los lípidos presentes el ácido linoléico representa la mayor cantidad. Con relación a la fibra no se observó una tendencia clara. Se requieren mayores estudios a este respecto ya que no se encontraron referencias al respecto.

Existe variación en composición química entre las diferentes variedades de mijo perla. ( Cullison 1983., Dhillon et al; 1982., Dhindsa et al;1982 y Singh , 1982 ) así como los contenidos de azúcares reductores (Subramanian et al;1981).

Con respecto a la digestibilidad de la proteína este estudio se concentró a la etapa masoso ( 74.5 a 82.6% ) a maduro ( 89.9 a 92.5% ) y los resultados indicaron que conforme se desarrolla el grano la digestibilidad se incrementa, lo anterior es probablemente a que existen inhibidores proteolíticos (de tripsina y quimiotripsina) de naturaleza protéica más abundantes en la etapa masoso que en la madura. No se observaron efectos marcados de las condiciones de cultivo sobre la digestibilidad de la proteína.

Este estudio no mostró los resultados que se esperaban con respecto al incremento de la proteína en el grano al fertilizar

con nitrógeno. Se ha reportado que la respuesta del mijo perla a la fertilización con N y P es altamente dependiente de la precipitación y de la densidad de siembra ( Christiansen et al; 1990; Bationo et al; 1990b). El fosfato generalmente no se moviliza en el suelo facilmente por lo cual se requiere cierto grado de humedad para obtener los máximos beneficios, similarmente la eficiencia del nitrógeno puede mejorarse al reducirse la volatilización de nitrógeno en forma de amoníaco.(Hauck, 1984). La respuesta pobre en la producción de forraje y su calidad al fertilizar el suelo con nitrógeno también fue reportada por López-Domínguez (1991) lo cual concuerda con el

presente trabajo, esto probablemente se debió a la alcalinidad del suelo (pH= 8.1) y por lo tanto la biodisponibilidad del nitrógeno que también fue pobre, la condición alcalina del suelo favorece la deficiencia de nutrientes y las pérdidas por volatilización del nitrógeno. Batiano et al. (1992) reportó que al fertilizar el suelo unicamente con fósforo se incrementó significativamente la respuesta del mijo perla pero muy pobre respuesta al fertilizar con nitrógeno. La misma respuesta fue confirmada por Payne et al; 1992 quién reporta que al incrementar la disponibilidad del fósforo del suelo, se incrementa el uso de la eficiencia del agua WUE en el mijo perla.

Los resultados sobre estructura anatómica por microscopio óptico y microscopio de barrido muestra que los tratamientos no tienen un efecto marcado sobre los componentes anatómicos, cualitativa y cuantitativamente, algo similar ocurre con la composición química en donde tampoco se observan diferencias marcadas entre los diferentes tratamientos esto debido a las condiciones alcalinas del suelo que impiden una eficiente absorción y utilización del nitrógeno al fertilizar.

En general, la estructura del grano presenta una cutícula gruesa seguida por diferentes capas de células de mesocarpio y finalmente la capa de aleurona que envuelve el endospermo periférico y córneo. De acuerdo a Sullins y Rooney (1977a) la estructura gruesa del pericarpio presente en el mijo podría proveerle una resistencia ambiental mucho mejor que la del sorgo. Las células de aleurona variaron en tamaño en los diferentes

tratamientos desde 12/22 $\mu$  (ancho por largo) hasta 19/33 $\mu$  con un promedio de 16/27 $\mu$ . Sullins y Rooney reportan células de aleurona con un tamaño promedio de 17/ 22 $\mu$ . Esta diferencia se debe principalmente a el uso de diferentes variedades. Las células de endospermo córneo son compactas y de menor tamaño ( 3 $\mu$  de diámetro). Las células del endospermo harinoso no estan compactas y poseen gran número de gránulos de almidón (8 $\mu$ ) Badi et al, 1976 reporta gránulos de almidón de 10 $\mu$ . Estos resultados coinciden con los reportados por McDonough et al; 1986.

Con respecto a la ultraestructura del grano se observó que conforme se desarrolla éste, las células también adquieren su estado maduro. En la etapa lechoso, el grano esta cubierto con tegmentos, el endospermo secundario se encuentra en fase de división celular formando gran número de núcleos, desde el punto de vista bioquímico se ha reportado que conforme se desarrolla el grano ocurre la biosíntesis de macromoléculas, hay un incremento en la formación de pectinas y celulosas; por consiguiente se va formando la pared celular de las células del pericarpio, la capa de aleurona y la células de endospermo. En la etapa temprana del grano, se incrementan las rutas biosintéticas del almidón el cual es formado al llegar los azúcares reductores solubles a las células del endospermo donde se ha visto un incremento en los nucleótidos de uracilo que son muy importantes durante el transporte de la glucosa en la biosíntesis del almidón insoluble por medio de las fosforilasas y las almidón sintetetasas. Por otra parte la aparición de la proteína en el grano en desarrollo se

debe a la desviación de la glicólisis para la formación de cetoácidos como fosfato de dihidroxiacetona y posteriormente el alfa ceto glutarato que por medio de una transaminación forma ácido glutámico que es el principal aminoácido en la ruta biosintética de otros aminoácidos que servirán como monómeros en la formación de proteínas, con respecto a los lípidos la síntesis ocurre a partir de derivados acetilados provenientes de catabolismo glucosídico, una parte de los ácidos grasos formados son posteriormente esterificados con el glicerol proveniente de la glicólisis para dar origen a las grasas neutras. y las enzimas oxidasas en la etapa final del desarrollo del grano son las responsables de catalizar las reacciones que finalmente originan los aceites como el oléico y linolénico que son los más abundantes en el mijo perla (Duffus y Slaughter, 1980).

En conclusión no hubo una respuesta marcada de las condiciones de cultivo sobre la composición química y la anatomía del grano debido a la deficiente asimilación de nutrientes del suelo alcalino reportado por diferentes autor,

## BIBLIOGRAFIA

- Ahlgren, G.H. 1956. *Forge Crops*. 2a. Edition Mc. GrAw Hill Book Co. p.288.
- A.O.A.C .1990. *Official Methods of Analysis*. 11th ed Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C. U.S.A.
- Badi, S.M., Hosney, R.C. and Casady, A.J. 1976. Pearl millet. I. Characterization by SEM, amino acid analysis, lipid composition, and prolamine solubility. *Cer. Chem.* 53:478-487.
- Batiano, A., Christianson, C.B., Baethgen, W.E. and Mokwunye A.U. 1992. A farm-level evaluation of nitrogen and phosphorus fertilizer use and planting density for pearl millet production in Niger. *Fert. Res.* 31:175-184.
- Batiano, A., Christianson, C.B. & Baethgen, W.E. 1990B. Effect of planting density and N fertilizer rates on millet yield in the sandy soils of Niger. *Agron. J.* 82:290-295.
- Bruken, J., de Wit J.M.J., and Harlan J.W. 1977. The morphology and domestication of pearl millet. *Econ. Bot.* 31(2): 163-174.
- Butterworth, M.H. 1967. The digestibility of tropical grasses. *Nutr. Abotr. and Rev.* 37 (2): 349- 368.
- Carpita, N.C., Mulligan, J.A. and Heyser, J.W. 1985 . Hemicelluloses of cell-walls of a proso millet cell suspension Culture. *Plant Physiol.* 79 (2): 480-484.
- Christianson, C.B., Batiano, A. Henao J. & Vlek, P.L.G. 1990. Fate and efficiency of N fertilizer applied to millet in

Niger. Plant & Soil 125:221-231.

Clark, N.A., Hemken, R.W. and Vandersall, J.H. 1985

A comparison of pearl millet, Sudangrass and sorghum or sudangrass hibrid as pasture for lactating dairy cows. Agron. J. 57 (3):266-267

Cuevas Hernandez, B. 1992. Estudio nutricional del mijo perla (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke), y su utilizacion en alimentacion de pollos. Tesis Doctoral, Especialidad Alimento, Facultad de Ciencias Biologicas, U.A.N.L.

Cullison, A.E. 1983. Alimentos y alimentacion animal. Editorial Diana 1a. Edicion p. 23-39.

Dhillon, S., Popli, S. and Dhinsa, K.S. 1982. Chemical composition and protein fraction of some high yielding cultivares of bajra *P. typhoides*. Grain Tech. 20 (3):155-159.

Dhindsa, K.S; Dhillon, S; & Sood, D.R. 1982. Nutritional quality of millets. Mil. News. 1:2.

Dunauin, L.S. Gahi, I., 1970. Pearl millet and two sorghum. Sudangrass J. 62(13):375.

Dhunsa, K.S., Dhillon, S. and Sood, D.R. 1982. Nutriti6nal quality of millets. Mil. News. 1:2.

Duffus, C & Slaughter, C. 1980. Las semillas y sus usos. pp. 50-72. AGT, editor, S.A. M6xico, D.F.

Eastin, J.K., Huaktquist, J.H. and Sullivan, C.V. 1973.\*  
Crop Science 13:175-178.

Emiola, L.O. and de la Rosa, L.C. 1981. Characterization of pearl millet nonstarchy polysacharides. Journal of food Science 46: 781-785.

ICRISAT. (ICRISAT Res. Bull. 6).

Maiti, R.K. and López, D.U., 1994. Mijo perla: Adaptacion y productividad en las regiones semiáridas de México. Editorial Trillas (En prensa.)

Maiti, R.K. & Gomez Soto G. 1983. Effect of four sowing date environments on growth, development and yield potentials of 15 pearl millet cultivars (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) during autumn-winter seasons in Marín, N.L. México. J. Exp. Botany 41(233):1609-1618.

Matsuda, Kihokatsu, 1941. Investigations in development of caryopsid in cereals 1. Development of caryopsid in millet. Proc. Crop. Sci. Soc. Japan. 18:150-155.

McDonough, C. M. 1986. Composition and structure of the mature pearl millet (*Pennisetum americanum*) caryopsis. M. Sc. Thesis, Food Science and Technology, Texas A & M University, U.S.A.

Narayanaswamy, S., 1953. The structure and development of the caryopsis in some indian millets. I. *Pennisetum typhoides*. Rich. Phytomor. 3:98-112.

NRC. 1984. National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry. Eight Revised Edition, National Academy Press. Washington, D.C. pp. 122-123.

Payne, W. A.; Drew, M.C.; Hossner, R. J. L. Arther, B. Onken & Wendt, C.W. 1992. Crop ecology, production & management. soil phosphorus availability and pearl millet water-use efficiency. Crop Sci. 32:1010-1015.

Rather, Harrison. 1951. Field crops. 2a edicion Mc Graw Hill Book Co. Inc. York, Pa. U.S.A.

Rosen, H. 1957. A modified ninhydrin colorimetric analysis for amino acids. Arch. Bioch. Biophys. 67:10-15

Rubensbauer, T. y Lome, W.. 1964. The influence of sowing tems (date) of sorghum on the crops of green mass and its quality. Rocsn. Nauk Rol. (A) 88: 435-60. © Eng. and Kuss S. (Agricul. Exp. Stan. Swojec. No Wroclow, Poland).

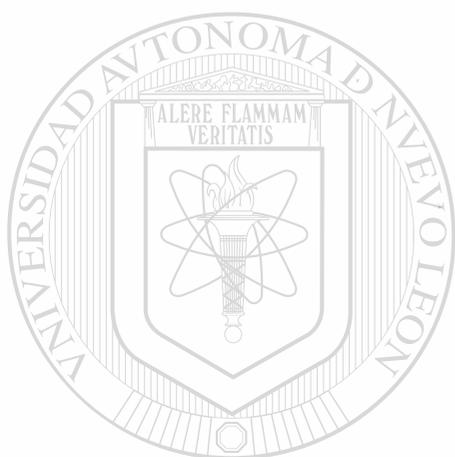
Sawhenry, S.K. and S. Naik. 1969. Aminoacid composition of protein

- Faik.R.H.** 1980. Preparation of plant for SEM. Pag. 79.\*
- Feder, N. & O'Brien, T.P.** 1968. Plant microtechnique . Some principles and new methods. Am. J. Bot. **55**:123.
- Frere M.** 1984. Ecological zones and production of sorghum in: ICRISAT. Agronometeorology of sorghum and millet in the semiarid tropics. Patancheru, ICRISAT, India.
- Fussell, L.K.,** 1980. Structural changes of the grain associates with black region formation in *P. americanum*. J. of Exp. Bot. **31**(121):000-000.
- Fussell, L.K. and Pearson, C.J.,** 1978. Course of grain development and its relationship to black layer appearance in *Pennisetum americanum*. Field Cr. Res. **1**: 21-32.
- Giles, K.L., Basnet, H.C.M. and Eastin, J.D.,** 1975. Austr. J. Bot. **23**:295-802. (Original no consultado)
- Gill, N.T. and Vear, K.C.,** 1965. Botánica Agrícola. Trad. de H.M. Moll. Ed. Acribia, Zaragoza, España, p.282.
- Hauck, R.D.** 1984. Technological approaches to improving the efficiency of nitrogen use by crop plants. p.551-560. In: Hauck, R.D. (ed.) Nitrogen in crop production. Am. Soc. Agron. Madison, WI.
- 
- Johansen, D.A.,** 1940. Plant microtechnique. MC. Graw Hill Book Co. London. pag. 61-62.
- Johnson, R.M. and W.D. Raymond,** 1964. The chemical composition of some tropical food plants. I Finger and Bulrush millets. Tropical Sci. **6**:6-11.
- Kiesselbach, T.A. and Walker, E.R.** 1952. Am. J. BOT. **29**:561-559. (Original no consultado)
- Krishnaswamy N.,** 1962. Bajra, *Pennisetum typhoides* S & H. Cereal Crops series of Indian Council Of Agricultural Research. No. 2 III. Anatomy, New Delhi. 15-18.
- Lopez Ulrico D. R.** 1991. Estudio agrobiológico del mijo perla (*Pennisetum americanum* (L.). Leeke) como alimento para el ganado. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Maiti R.k., and Bidinger, F.R.** 1981. Growth and development of the pearl millet plant. Patancheru, Andhra Pradesh, India:

- fraction of pearl millet and the effect of nitrogen fertilization on its proteins. *Indian J. Genet, Pl. Breed* 22:395-406.
- Seetharama, N., Mahalakshmi, V., Bidinger, F.R. and Singh S.** 1984. Response of sorghum and pearl millet to drought stress in semiarid tropics. ICRISAT. Paternu, India. p.p. 159-173.
- Seghal, K.L., Goswami, A.K.** Composition of pearl millet plants at different stages of growth with special reference to the oxalic acid content. *Indian J. Agric. Sci.* 1969. 39:72-80.
- Singh, P. and Gupta, V.P.** 1982. Fatty acid composition in pearl millet. *Mil. News.* 1:2-3.
- Singh, P., Singh, U; Egum, B.O; Kumar, K.A. and Andrews, D.J.** 1987. Nutritional evaluation of high protein genotypes of pearl millet *Pennisetum americanum* (L.). *Leeke.* 38:41-48.
- Singh, P. Gupta, V.P. and Sukhija, P.S.** 1982. fatty acids composition in pearl millet. *Mil. News.* 1: 2-3.
- Sing, U., Jambutan, R. and Narayanda, A.** 1980. traditional methods of processing sorghum and pearl millet in India. reports of Inter. Ass. of Cereal Chem. (ICC) 10:115.
- Stallup, O.T., Davis, G.V. and Word, D.A.** 1964. Factor influencing the nutritive value of forage utilized by cattle. *Bull* 684. *Arkansas Agric. Exp. Sta, Bibl.* 47 pag 44.
- Subramanian, V., Jambunathan, R. and Suryaprakash, S.** 1981. Sugar of pearl millets (*Pennisetum americanum* L.) grains. *J. of Food Sci.* 46:1614-1615.
- Sullins, D., and Rooney, L.W.** 1977. Pericarp and endosperm structure of pearl millet (*Pennisetum typhoides*). Pages 79-89 in *Proceedings of a Symposium on Sorghum and Millet for Human Food*, 11-12 May 1976, Vienna, Austria (Dendy, D.A.V., ed) London UK: Tropical Products Institute.
- Tandon, J.P., Joshi, H.C. and Melkania, N.P.** 1982. Nutritive evaluation of some fodder crops and grasses. *For. Res.* 8 (2):163-165.
- Wesche, E.P; Cuevas-Hernandez, B; Maiti, R.K. Rodriguez-Sandoval, V.y Lopez-Gutierrez, Ma. M.** 1991. Contenido y tipos de compuestos fenólicos y almidón en granos de 15 variedades de mijo perla (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). *Publ. Biol.* 5(3):31-36.
- Wheeler, W.A.** 1950. *Forage and Pasture Crops*, Cop. Right by D.

Van Mpstrand Cp. Inc. p.p 662 671.

Yusuf, M..Effect to trillage systems on soil bulk density and root development on bajra. Ind. J. of Agron. 27: (1) 80-81.



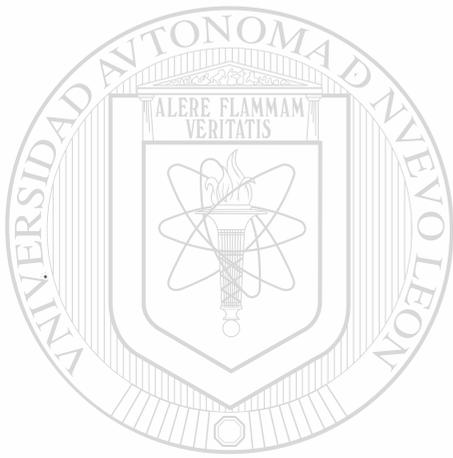
# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



APENDICE

UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**TABLA 1. Analisis Proximal de dos variedades de mijo perla en tres estados de desarrollo, bajo diferentes condiciones. ( % base seca )**

**LECHOSO**

	HUMEDAD	CENIZAS	PROTEINAS	LIPIDOS	FIBRA	E.L.N
CPRCN	4.28	2.32	16.57	3.64	4.77	68.42
CPRSN	2.26	2.07	14.46	2.17	4.59	74.45
CPTCN	4	2.92	17.48	3.46	5.24	70.09
CPTSN	3.73	3.02	14.84	3.65	5.46	69.32
TLRCN	5.32	4.06	13.86	1.94	2.21	72.61
TLRSN	5.56	4.26	24.24	2.32	1.35	62.27
TLTCN	5.72	3.94	23.36	*	*	*
TLTSN	4.94	3.17	19.93	3.06	4.71	64.19

**MASOSO**

CPRCN	10.67	1.64	11.56	4.81	3.5	69.22
CPRSN	9.47	1.33	11.34	4.41	3.96	69.49
CPTCN	10.15	1.38	11.39	5.76	2.26	69.06
CPTSN	9.61	0.6	10.5	5.74	3.19	70.36
TLRCN	10.53	0.84	13.72	5.17	3.14	66.62
TLRSN	9.75	2.03	14.26	4.45	2.48	67
TLTCN	10.2	2.12	12.42	5.07	2.69	67.5
TLTSN	9.85	1.13	12.08	5.04	2.65	69.25

**MADURO**

CPRCN	3.62	1.39	12.53	5.89	3.29	73.28
CPRSN	5.93	1.68	13.4	5.34	4.14	69.51
CPTCN	3.41	1.59	11.57	5.55	2.43	75.45
CPTSN	6.39	1.44	12.9	5.26	2.27	71.74
TLRCN	5.82	1.38	13.58	5.29	3.45	70.48
TLRSN	3.3	1.55	11.34	6.14	2.29	75.38
TLTCN	4.55	1.72	15.23	6.1	1.85	70.55
TLTSN	3.72	2.02	15.97	5.55	2.25	70.22

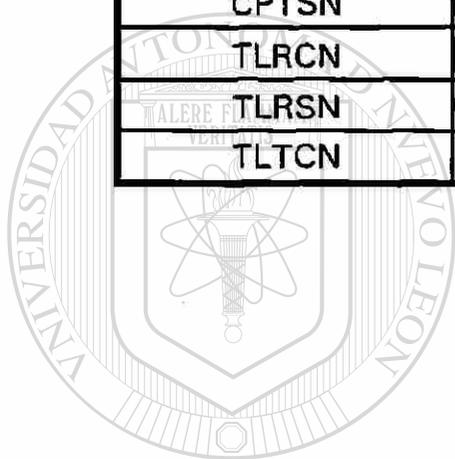
**Tabla No. 2**

**Digestibilidad y aminoacidos libres de dos variedades de mijo perla bajo dos condiciones de fertilizacion y riego en dos estados de desarrollo. ( % base seca )**

<b>MASOSO</b>		
	<b>DIGESTIBILIDAD %</b>	<b>Aa LIBRES</b>
CPRCN	81.25	82.5
CPRSN	74.70	90
CPTCN	74.53	97.5
CPTSN	78.31	120
TLRCN	77.31	75
TLRSN	78.74	75
TLTCN	82.62	135
TLTSN	77.78	75
<b>MADURO</b>		
CPRCN	90.86	195
CPRSN	91.18	128
CPTCN	91.63	128
CPTSN	90.33	135
TLRCN	90.00	165
TLRSN	89.95	210
TLTCN	92.52	158
TLTSN	92.5	165

**Tabla No. 3**  
**Peso seco g, del grano de 2 variedades de mijo perla**  
**en dos estados de desarrollo bajo diferentes condiciones de cultivo.**

VARIETADES	MASOSO	MADURO
CPRCN	0.7736	1.1398
CPRSN	0.7336	1.2721
CPTCN	0.6056	1.0900
CPTSN	0.91.65	1.0608
TLRCN	0.0000	1.0853
TLRSN	0.7276	1.2683
TLTCN	0.6723	1.2596



UANL

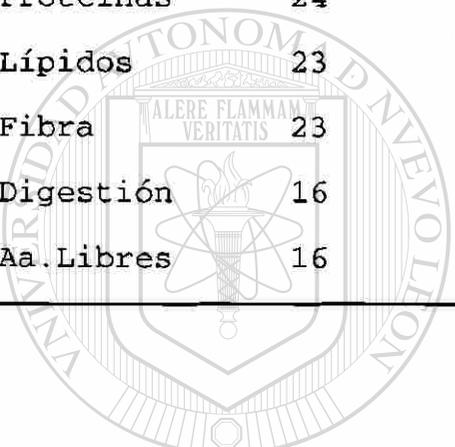
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**Tabla 4.** Estadísticas descriptivas de toda muestra experimental

Variable	n	Media	Desviación Estandar
Humedad	24	6.37	2.82
Cenizas	24	2.13	1.16
Proteínas	24	14.16	3.68
Lípidos	23	4.60	1.29
Fibra	23	3.24	1.14
Digestión	16	84.63	7.00
Aa. Libres	16	127.13	43.11



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Tabla 5.** Estadísticas descriptivas de toda muestra experimental bajo los tres niveles de la variable independiente "Estados".

Variable Dependiente	n	Media	Desviación Estandar
<u>Lechoso</u>			
Humedad	8	4.48	1.56
Cenizas	8	3.41	1.14
Proteínas	8	18.09	4.02
Lípidos	7	2.89	0.73
Fibra	7	4.05	1.60
Digestión	0	.	.
Amino Acidos	0	.	.
<u>Masoso</u>			
Humedad	8	10.03	0.43
Cenizas	8	1.38	0.53
Proteínas	8	11.98	1.45
Lípidos	8	5.06	0.51
Fibra	8	2.98	0.57
Digestión	8	78.16	2.82
Amino Acidos	8	93.75	22.68 cont.
<u>Maduro</u>			
Humedad	8	4.59	1.27
Cenizas	8	1.60	0.21
Proteínas	8	13.32	1.62
Lípidos	8	5.64	0.36
Fibra	8	2.78	0.77
Digestión	8	91.11	1.04
Amino Acidos	8	160.50	30.36

**Tabla 6.** Estadísticas descriptivas de toda muestra experimental bajo los dos niveles de la variable independiente "Variedad".

Variable Dependiente	n	Media	Desviación Estandar
<u>Complejo Poblacional</u>			
Humedad	12	6.13	3.05
Cenizas	12	1.78	0.69
Proteínas	12	13.10	2.34
Lípidos	12	4.64	1.18
Fibra	12	3.76	1.12
Digestión	8	84.09	7.67
Amino Acidos	8	122.00	35.37
<u>Tif Leaf</u>			
Humedad	12	6.61	2.68
Cenizas	12	2.48	1.45
Proteínas	12	15.83	4.33
Lípidos	11	4.56	1.46
Fibra	11	2.67	0.88
Digestión	8	85.18	6.74
Amino Acidos	8	132.25	51.68

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Tabla 7.** Estadísticas descriptivas de toda muestra experimental bajo los dos niveles de la variable independiente "Clima".

Variable Dependiente	n	Media	Desviación Estandar
<u>Riego</u>			
Humedad	12	6.37	2.97
Cenizas	12	2.17	1.37
Proteínas	12	14.13	3.61
Lípidos	12	4.30	1.46
Fibra	12	3.26	1.03
Digestión	8	84.25	6.93
Amino Acidos	8	127.56	55.69
<u>Temporal</u>			
Humedad	12	6.35	2.79
Cenizas	12	2.09	0.98
Proteínas	12	14.81	3.88
Lípidos	11	4.93	1.04
Fibra	11	3.21	1.29
Digestión	8	85.02	7.52
Amino Acidos	8	126.69	29.66

**Tabla 8.** Estadísticas descriptivas de toda muestra experimental bajo los dos niveles de la variable independiente "Fertilizante".

Variable Dependiente	n	Media	Desviación Estandar
<u>Con Nitrogeno</u>			
Humedad	12	6.21	2.80
Cenizas	12	2.03	1.01
Proteínas	12	14.61	3.96
Lípidos	12	4.43	1.34
Fibra	12	3.30	1.24
Digestión	8	84.17	7.40
Amino Acidos	8	124.75	46.57
<u>Sin Nitrogeno</u>			
Humedad	12	6.52	2.95
Cenizas	12	2.23	1.34
Proteínas	12	14.33	3.55
Lípidos	11	4.79	1.27
Fibra	11	3.17	1.06
Digestión	8	85.09	7.05
Amino Acidos	8	129.50	42.42

**Tabla 9** Análisis de Varianza de tres vías de los datos bajo la ausencia del fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Humedad".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	2	72.88	36.44	104.05**
Variedad (V)	1	0.01	0.01	0.02
Clima (C)	1	0.32	0.32	0.92
E x V	2	12.17	6.08	17.37
E x C	2	0.07	0.03	0.09
V x C	1	0.39	0.39	1.12
E x V x C	2	0.70	0.35	
Error	.	.	.	
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>86.54</b>		

\*\* p < .01;

Puesto que la prueba F fue significativa, se analizaron los datos mediante la Prueba de Sheffé (p<.05), Las diferencias fueron entre el estado masoso y maduro y otra diferencia entre el estado masoso y echoso.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Tabla 10.** Análisis de Varianza de tres vías para los datos obtenidos bajo la presencia de fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Humedad".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	2	90.09	45.05	223.82**
Variedad (V)	1	3.01	14.96	0.06
Clima (C)	1	0.41	0.41	2.02
E x V	2	1.69	0.84	4.19
E x C	2	0.32	0.16	0.81
V x C	1	0.00	0.00	0.01
E x V x C	2	0.40	0.20	
Error				
Total	11	95.92		

\*\* p < .01;

Puesto que la prueba F fue significativa, se analizaron los datos mediante la Prueba de Sheffé ( $p < .05$ ), Las diferencias fueron entre el estado masoso y maduro y otra diferencia entre el estado masoso y lechoso.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Tabla 11.** Análisis de Varianza de tres vías para los datos obtenidos bajo la ausencia de fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Cenizas".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	2	7.65	3.82	7.75
Variedad (V)	1	1.35	2.73	0.24
Clima (C)	1	0.20	0.20	0.40
E x V	2	0.45	0.23	0.46
E x C	2	0.48	0.24	0.49
V x C	1	0.19	0.19	0.38
E x V x C	2	0.99	0.49	
Error	.	.	.	.
Total	11	11.30		

\* p < .05; \*\* p < .01; \*\*\* p < .001

**Tabla 12.** Análisis de Varianza de tres vías para los datos obtenidos factores bajo la presencia del fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Cenizas".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	2	12.65	6.32	7.00
Variedad (V)	1	1.55	1.72	0.32
Clima (C)	1	0.02	0.02	0.03
E x V	2	2.99	1.49	1.65
E x C	2	0.57	0.28	0.32
V x C	1	0.02	0.02	0.03
E x V x C	2	1.80	0.90	
Error	.	.	.	.
Total	11	19.61		

\* p < .05; \*\* p < .01; \*\*\* p < .001

**Tabla 13.** Análisis de Varianza de tres vías de los datos obtenidos bajo la ausencia del fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Proteínas".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	2	88.62	44.31	7.11
Variedad (V)	1	34.61	34.61	5.56
Clima (C)	1	0.66	0.66	0.11
E x V	2	25.98	12.99	2.09
E x C	2	9.74	4.87	0.78
V x C	1	0.07	0.07	0.01
E x V x C	2	12.46	6.23	
Error	.	.	.	
Total	11	172.15		

\* p < .05; \*\* p < .01; \*\*\* p < .001

**Tabla 14.** Análisis de Varianza de tres vías para los datos obtenidos bajo la presencia del fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Proteínas".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	2	76.61	38.31	4.95
Variedad (V)	1	12.88	12.81	1.66
Clima (C)	1	10.06	10.06	1.30
E x V	2	0.36	0.18	0.02
E x C	2	17.13	8.57	1.11
V x C	1	6.32	6.32	0.82
E x V x C	2	15.48	7.74	
Error	.	.	.	
Total	11	138.84		

\* p < .05; \*\* p < .01; \*\*\* p < .001

**Tabla 15.** Análisis de Varianza de tres vías para los datos obtenidos bajo la ausencia del fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Lípidos".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	2	16.77	8.39	1902.12***
Variedad (V)	1	0.00	0.00	0.00
Clima (C)	1	1.00	1.00	227.62**
E x V	2	0.45	0.23	51.53*
E x C	2	1.26	0.63	143.20**
V x C	1	0.33	0.33	74.86*
E x V x C	2	0.01	0.005	
Error				
Total	11	19.83		

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*\*\*  $p < .001$

En la tabla anterior se puede observar que la prueba F produjo un resultado significativo en el factor **estado**. La Prueba de Sheffé mostró una diferencia significativa mínima ( $F(2,9) = 1.20$ ;  $p < .05$ ); las dos diferencias fueron entre los estados masoso y maduro y maduro y lechoso.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Tabla 16.** Análisis de Varianza de tres vías para los datos obtenidos bajo la presencia del fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Lípidos".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	2	13.52	6.76	11.17
Variedad (V)	1	0.60	0.60	0.99
Clima (C)	1	0.13	0.13	0.21
E x V	2	1.16	0.58	0.96
E x C	2	0.12	0.06	0.10
V x C	1	0.00	0.00	0.00
E x V x C	1	0.61	0.61	
Error				
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>16.13</b>		

\* p < .05; \*\* p < .01; \*\*\* p < .001

**Tabla 17.** Análisis de Varianza de tres vías para datos obtenidos bajo la ausencia del fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Fibra".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	2	3.31	1.65	10.18
Variedad (V)	1	4.83	4.83	29.70*
Clima (C)	1	0.33	0.33	2.03
E x V	2	0.81	0.41	2.50
E x C	2	4.90	2.45	15.68
V x C	1	2.55	2.55	15.68
E x V x C	2	0.33	0.16	
Error				
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>17.06</b>		

\* p < .05; \*\* p < .01; \*\*\* p < .001

**Tabla 18.** Análisis de Varianza de tres vías para los datos obtenidos bajo la presencia del fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Fibra".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	2	3.43	1.72	5.87
Variedad (V)	1	1.55	1.55	5.32
Clima (C)	1	1.35	1.35	4.63
E x V	2	3.70	1.85	6.31
E x C	2	0.98	0.49	1.68
V x C	1	0.00	0.00	0.00
E x V x C	1	0.29	0.29	
Error	.	.	.	
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>11.32</b>		

\* p < .05; \*\* p < .01; \*\*\* p < .001

**Tabla 19.** Análisis de Varianza de tres vías para los datos obtenidos bajo la ausencia del fertilizante (nitrogeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Digestión".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	1	368.97	368.97	45.11
Variedad (V)	1	2.59	2.59	0.32
Clima (C)	1	2.26	2.26	0.28
E x V	1	0.76	0.76	0.09
E x C	1	0.14	0.14	0.02
V x C	1	0.14	0.14	0.02
E x V x C	1	8.14	8.14	
Error	.	.	.	
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>382.99</b>		

\* p < .05; \*\* p < .01; \*\*\* p < .001

**Tabla 20.** Análisis de Varianza de tres vías de los datos obtenidos bajo la presencia del fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Digestión".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	1	303.81	303.81	23.00
Variedad (V)	1	2.18	2.18	0.17
Clima (C)	1	0.44	0.44	0.03
E x V	1	2.12	2.12	0.16
E x C	1	2.76	2.76	0.21
V x C	1	23.74	23.74	1.80
E x V x C	1	13.21	13.21	
Error	.	.	.	
Total	7	348.27		

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*\*\*  $p < .001$

**Tabla 21.** Análisis de Varianza de tres vías para los datos obtenidos bajo la ausencia del fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Amino acidos".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	1	9660.50	9660.50	159.68
Variedad (V)	1	338.00	338.00	5.59
Clima (C)	1	8.00	8.00	0.13
E x V	1	3698.00	3698.00	61.12
E x C	1	578.00	578.00	9.55
V x C	1	840.50	840.50	13.89
E x V x C	1	60.50	60.50	
Error	.	.	.	
Total	7	15183.5		

$p < .05$

**Tabla 22.** Análisis de Varianza de tres vías para los datos obtenidos bajo la presencia del fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Amino acidos".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	1	8192.00	8192.00	291.27*
Variedad (V)	1	112.50	112.50	4.00
Clima (C)	1	0.13	0.13	0.00
E x V	1	112.50	112.50	4.00
E x C	1	2775.13	2775.13	98.67
V x C	1	1378.13	1378.13	49.00
E x V x C	1	28.13	28.13	
Error	.	.	.	
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>12598.50</b>		

\*  $p < .05$ ;

**Tabla 23.** Análisis de Varianza de tres vías para los datos obtenidos bajo la presencia del fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Extracto libre de nitrógeno".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	2	35.52	17.76	1.34
Variedad (V)	1	22.85	22.85	1.73
Clima (C)	1	0.76	0.76	2.27
E x V	2	60.02	30.01	0.06
E x C	2	6.39	3.19	0.24
V x C	1	0.09	0.19	0.01
E x V x C	2	26.46	13.23	
Error	.	.	.	
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>152.09</b>		

$p < .05$

**Tabla 24.** Análisis de Varianza de tres vías para los datos obtenidos bajo la presencia del fertilizante (nitrógeno) en un diseño completamente azarizado con la variable respuesta "Peso seco".

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Relación F
Estado (E)	1	0.2313	0.2313	3.31
Variedad (V)	1	0.0221	0.0221	0.32
Clima (C)	1	0.0216	0.0216	0.31
E x V	1	0.0050	0.0050	0.07
E x C	1	0.0100	0.0100	0.14
V x C	1	0.0028	0.0028	0.04
E x V x C	1			
Error				
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>0.2918</b>		

\*  $p < .05$ ;

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**TABLA No. 23**  
**OBSERVACIONES AL MICROSCOPIO OPTICO DE DOS VARIEDADES**  
**DE MIJO PERLA BAJO DOS CONDICIONES DE CULTIVO EN ESTADO MADURO**

VARIEDAD	PERICARPIO		ALEURONA		ENDOSPERMO CORNEO			ENDOSPERMO HARINOSO	
	No capas	Diámetro $\mu$	Tamaño de célula $\mu$	Tamaño de célula $\mu$	Tamaño de g. de almidón $\mu$	Tamaño $\mu$	No de gránulos almidón	Diámetro $\mu$	
CPRCN	3-4	22.5	12/22			39/84	20	8	
CPRSN	2-3	24	16/36	20/54		55/79	69	6	
CPTCN	2-3	27	13/38	19/50	2-3	65/82			
CPTSN	2-3	31	14/34	37/39	4	68/45	70	6	
TLRCN	2-3	41	33/19	36/32	2-3	79/103	65	8	
TLRSN	3-4	34	22/51	31/33	3	52/42	51	9	
TLTCN		19.4	13/39	22/59	3	54/110	53	8	

**TABLA No. 24**  
**TAMANO DE ESTRUCTURAS ANATOMICAS**  
**OBTENIDAS AL MICROSCOPIO DE BARRIDO**  
**DE DOS VARIEDADES DE MIJO PERLA BAJO DIFERENTES**  
**CONDICIONES DE CULTIVO EN ESTADO MADURO**

VARIEDADES		DIAMETRO		DIAMETRO GRANULOS DE ALMIDON
		PERICARPIO	ALEURONA	
CPRCN	700x	17	17/31	7
	2000x	Escasos cuerpos de almidon		11
CPRSN	700x	14	17/33	7
	2000x	Escasos cuerpos de almidon		11
CPTCN	700x	7	14/21	8
	2000x	Abundantes cuerpos de proteina		13
CPTSN	700x	14	17/21	5
	2000x	Abundantes cuerpos de proteina		10
TLRCN	700x	10		8
	200x	Abundantes cuerpos de proteinas		10
TLRSN	700x	24	7/-	4
	2000x	Abundantes cuerpos de proteinas		9
TLTCN	700x	24	7/-	6
	2000x	Escasos cuerpos de proteinas		9
TLTSN	700x	14	4/-	4
	2000x	Abundantes cuerpos de proteinas		9

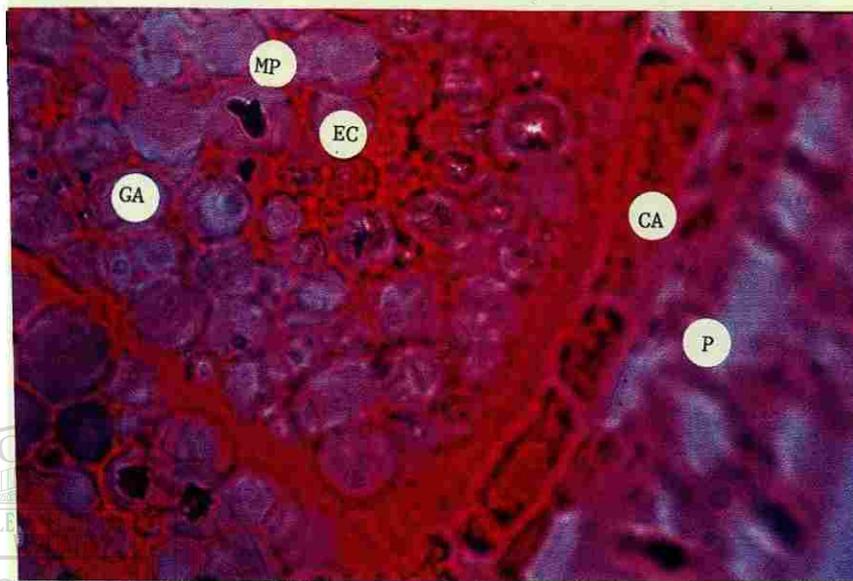


Figura No.10.- Microfotografía mostrando la variedad complejo poblacional bajo condiciones de riego y fertilización con las siguientes estructuras: Endospermo córneo EC, gránulos de almidón GA, membrana proteínica MP, capa de aleurona CA y células del pericarpio P.100x.

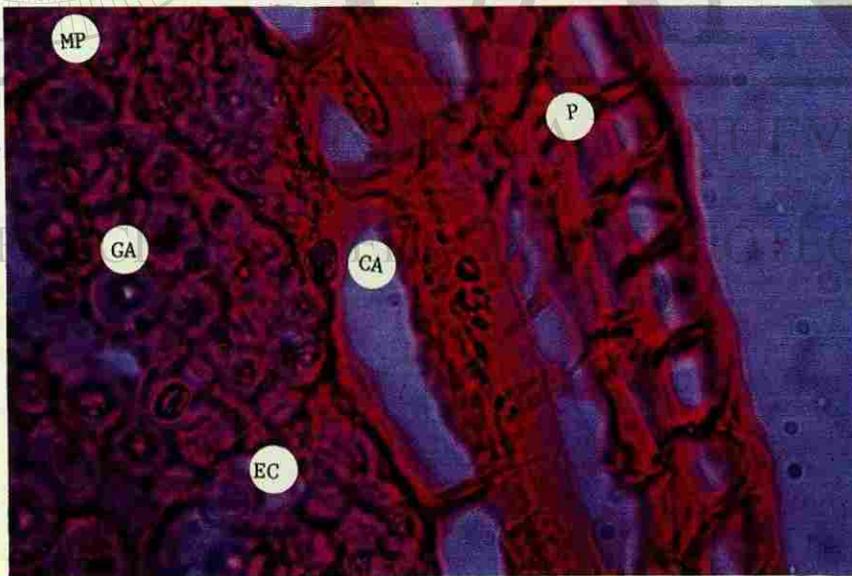


Figura No.11.- Microfotografía mostrando la variedad complejo poblacional bajo condiciones de riego y sin fertilización con las siguientes estructuras: Endospermo córneo EC, gránulos de almidón GA, membrana proteínica MP, capa de aleurona CA y células del pericarpio P.100x.

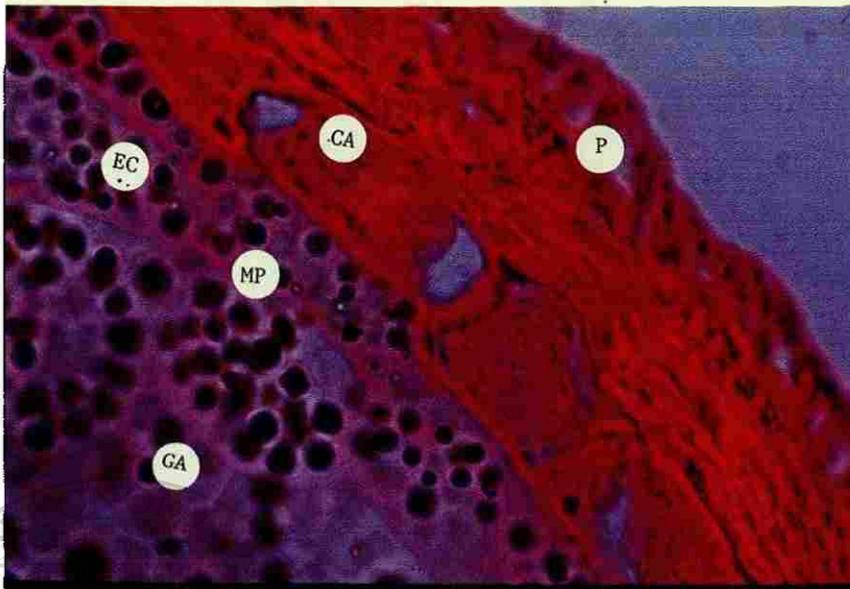


Figura No.12.- Microfotografía mostrando la variedad complejo poblacional bajo condiciones de temporal y fertilización con las siguientes estructuras: Endospermo córneo EC, gránulos de almidón GA, membrana proteínica MP, capa de aleurona CA y células del pericarpio P.100x.

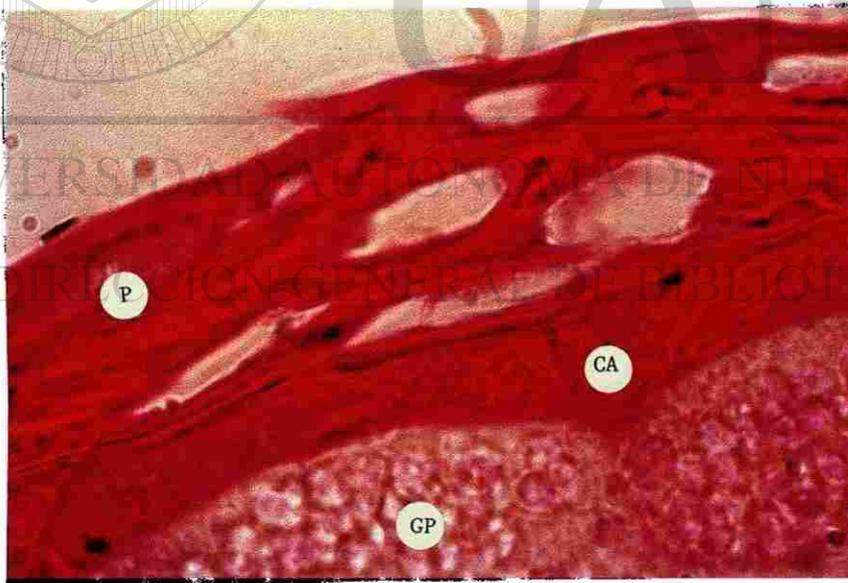


Figura No.13.- Microfotografía mostrando la variedad complejo poblacional bajo condiciones de temporal y sin fertilización con las siguientes estructuras: Endospermo córneo EC, gránulos de almidón GA, capa de aleurona CA y células del pericarpio P.100x.

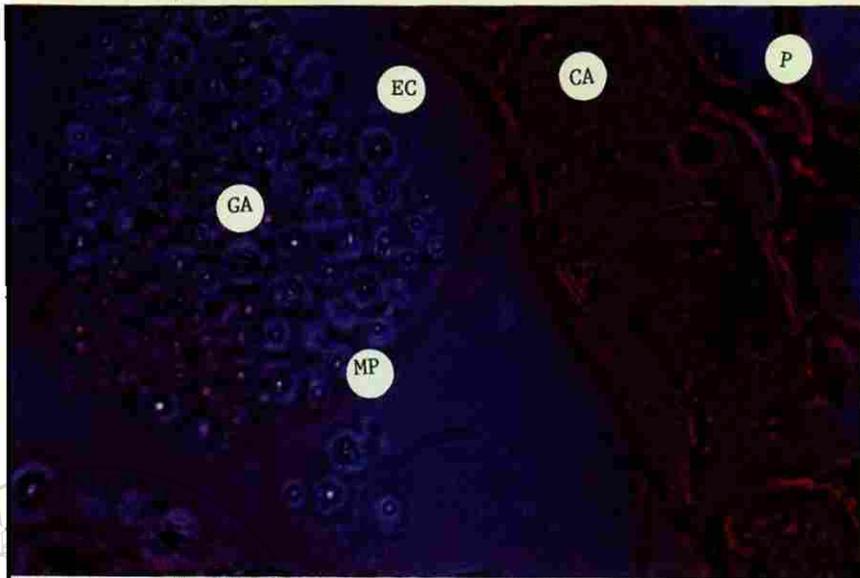


Figura No.14 .- Microfotografía mostrando la variedad tifleaf bajo condiciones de riego y fertilización con las siguientes estructuras: Endospermo córneo EC, gránulos de almidón GA, membrana proteínica MP, capa de aleurona CA y células del pericarpio P.100x.



Figura No.15 .- Microfotografía mostrando la variedad tifleaf bajo condiciones de riego y sin fertilización con las siguientes estructuras: Endospermo córneo EC, gránulos de almidón GA, membrana proteínica MP, capa de aleurona CA y células del pericarpio P.40x.

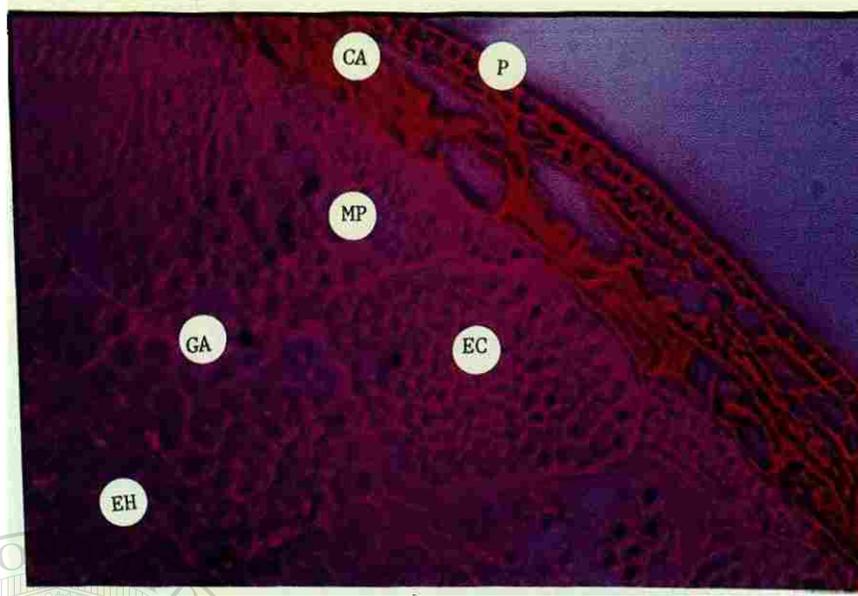
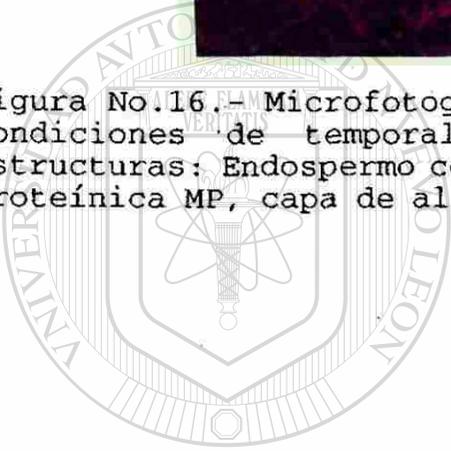


Figura No.16.- Microfotografía mostrando la variedad tifleaf bajo condiciones de temporal y fertilización con las siguientes estructuras: Endospermo córneo EC, gránulos de almidón GA, membrana proteínica MP, capa de aleurona CA y células del pericarpio P.40x.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



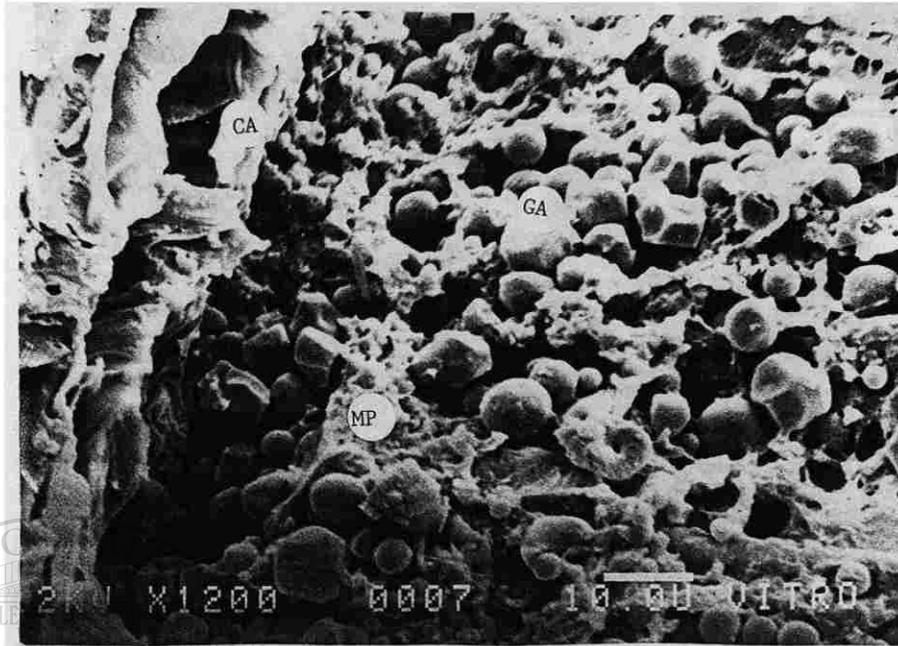


Figura No. 17. Observación al microscopio de barrido de una muestra de complejo poblacional en estado lechoso bajo condiciones de temporal sin fertilización, observándose capa de aleurona CA, endospermo córneo con gránulos de almidón en matriz proteínica.

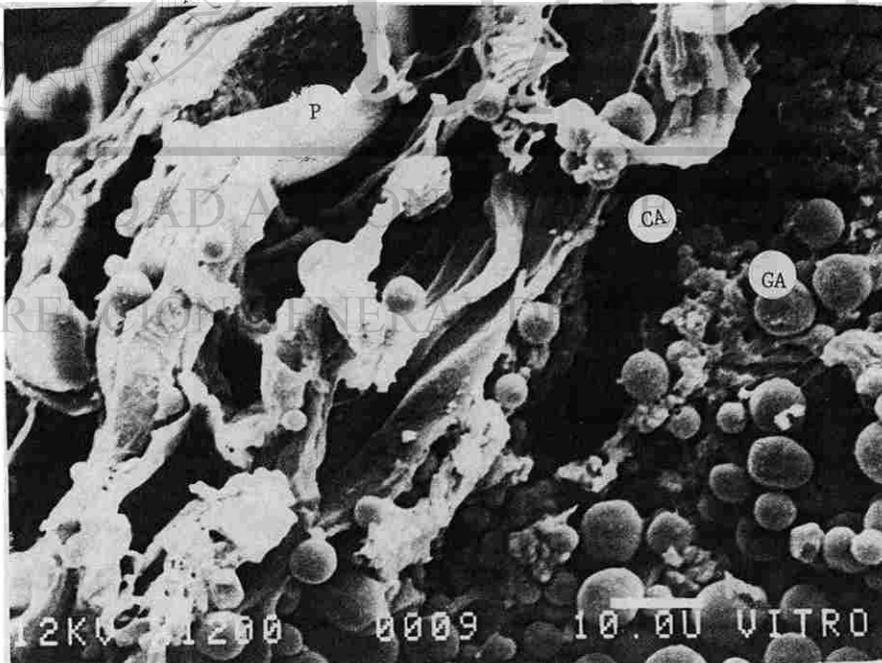


Figura No. 18. Observación al microscopio de barrido de una muestra de complejo poblacional en estado lechoso bajo condiciones de temporal sin fertilización, observándose capa de aleurona CA, endospermo córneo con gránulos de almidón en matriz proteínica.

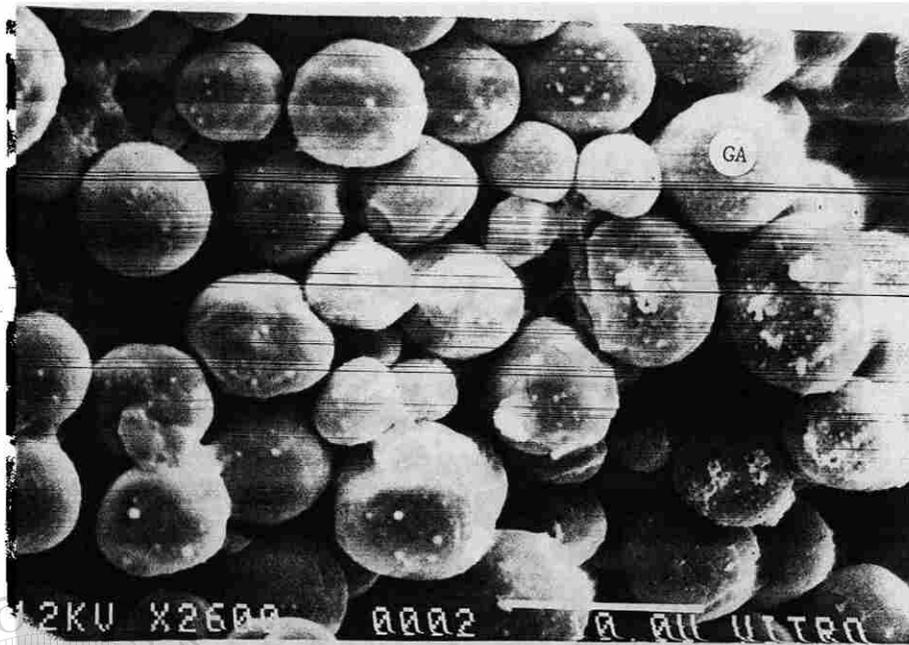


Figura No. 19. Observación al microscopio de barrido gránulos de almidón GA del complejo poblacional de temporal con fertilización en estado masoso.

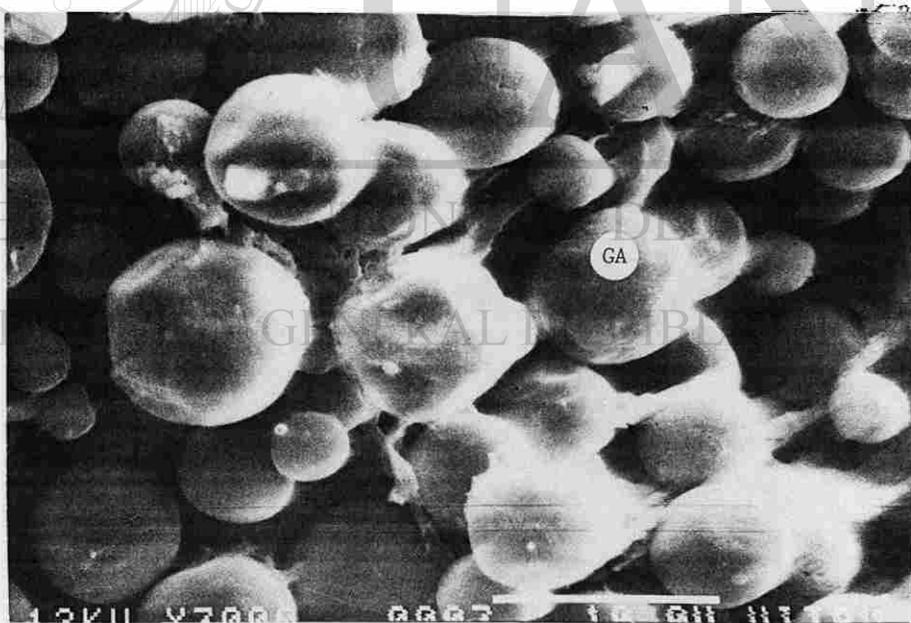


Figura No. 20. Observación al microscopio de barrido gránulos de almidón GA de tifleaf de temporal con fertilización en estado masoso.

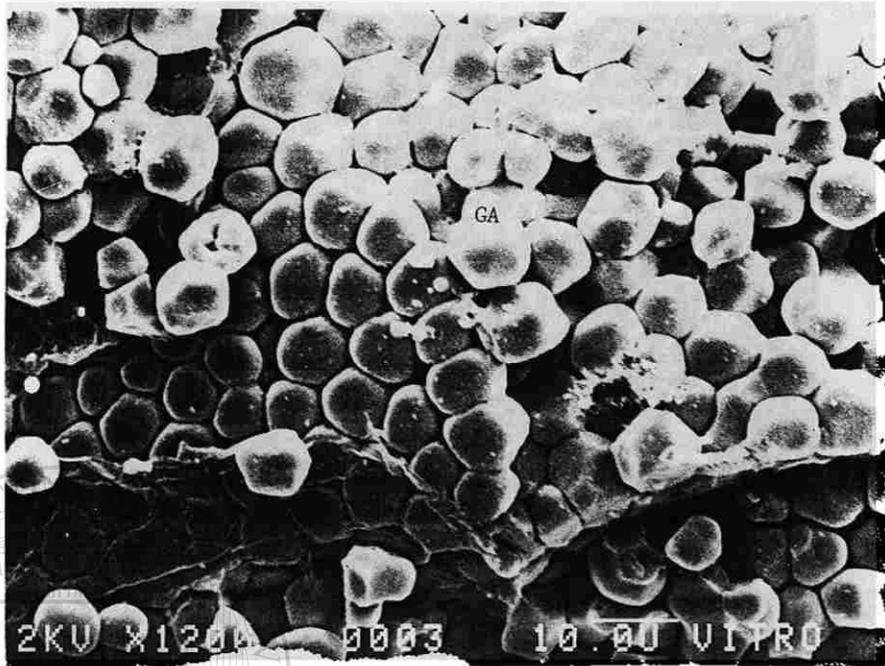


Figura No. 21. Observación al microscopio de barrido gránulos de almidón GA de tifleaf de temporal con fertilización en estado masoso.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

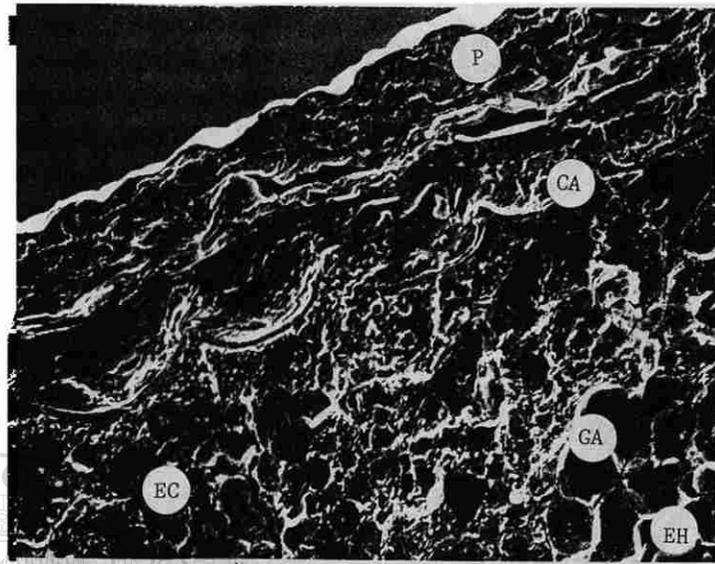


Figura Microfotografía de barrido del complejo poblacional bajo condiciones de fertilización y riego en estado maduro, mostrando las siguientes estructuras: Pericarpio P, capa de aleurona CA, endospermo córneo EC con gránulos de almidón GA y parte del endospermo harinoso EH. 700x.

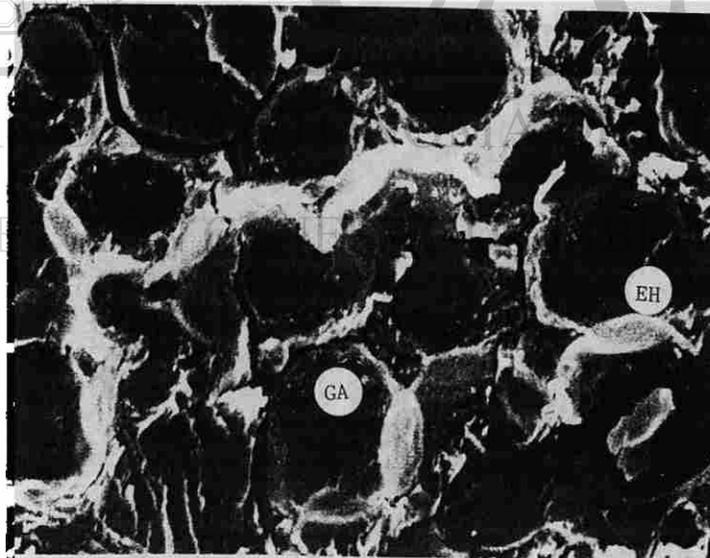


Figura No. 23. Microfotografía de barrido del complejo poblacional bajo condiciones de fertilización y riego mostrando gránulos de almidón GA en el endospermo harinoso. 2000x.

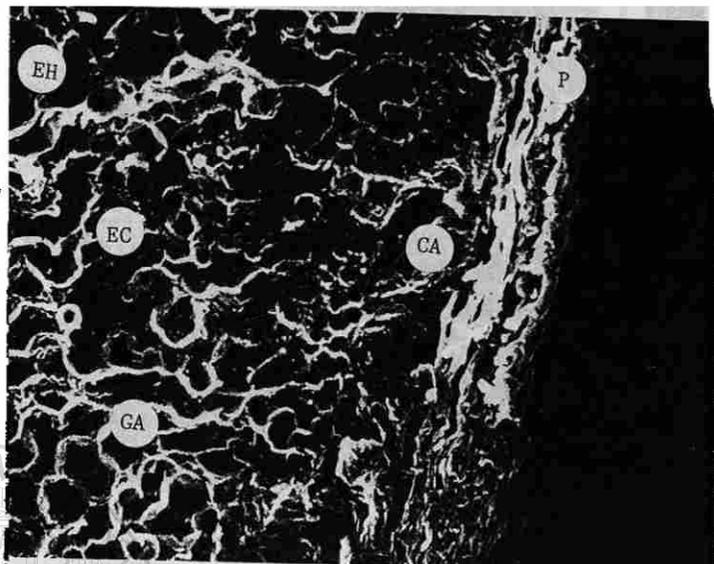


Figura No.24. Microfotografía de barrido del complejo poblacional bajo condiciones de no fertilización y riego en estado maduro, mostrando las siguientes estructuras: Pericarpio P, capa de aleurona CA, endospermo córneo EC con gránulos de almidón GA y parte del endospermo harinoso EH. 700x.

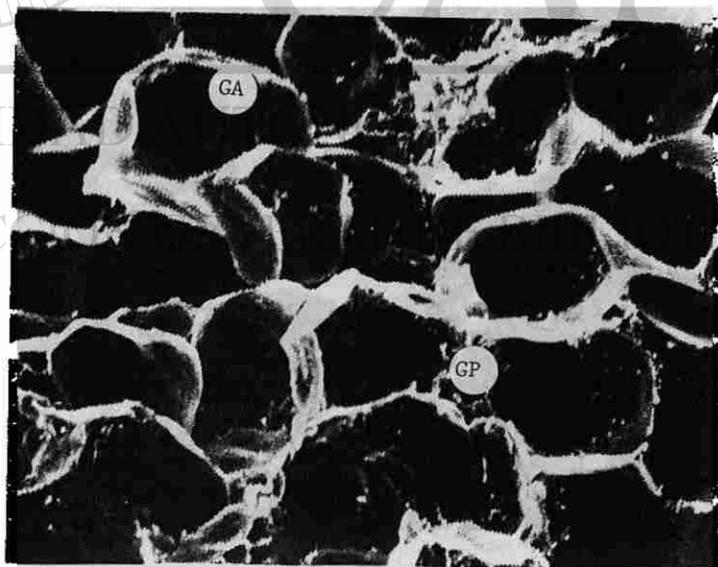


Figura No.25. Microfotografía de barrido del complejo poblacional bajo condiciones de no fertilización y riego mostrando gránulos de almidón GA, gránulos de proteína GP en el endospermo harinoso. 2000x.

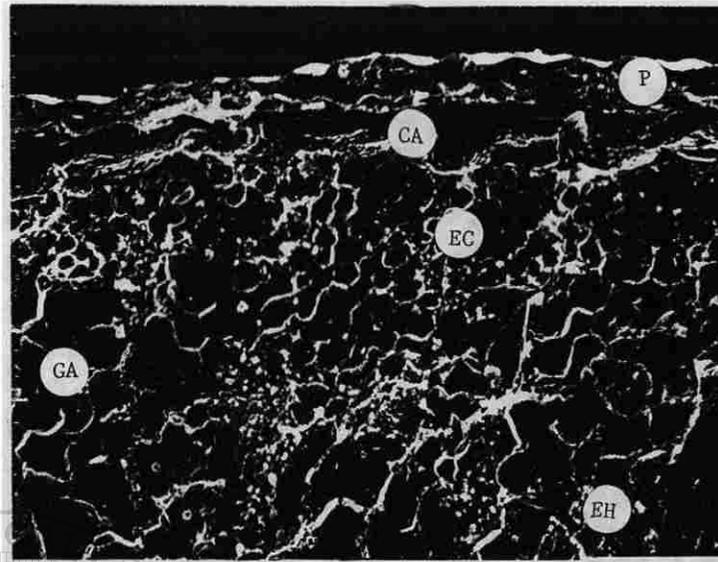


Figura No.26. Microfotografía de barrido del complejo poblacional bajo condiciones de fertilización y temporal en estado maduro, mostrando las siguientes estructuras: Pericarpio P, capa de aleurona CA, endospermo córneo EC con gránulos de almidón GA y parte del endospermo harinoso EH. 700x.

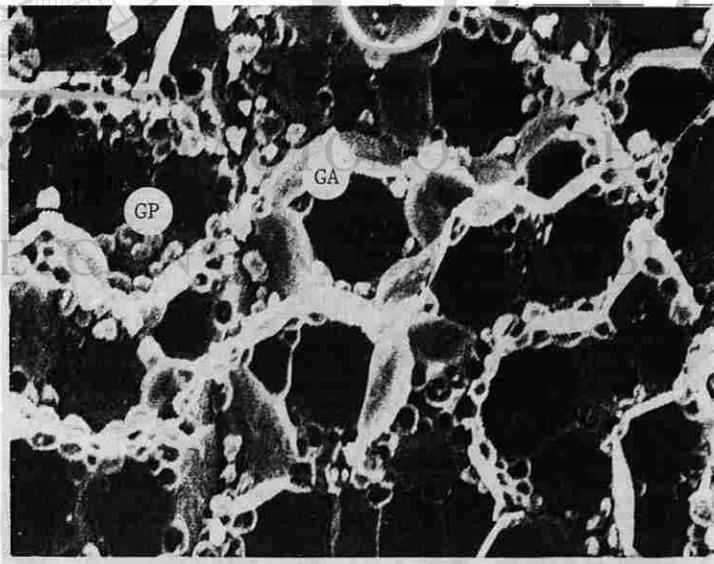


Figura No.27. Microfotografía de barrido del complejo poblacional bajo condiciones de fertilización y temporal mostrando gránulos de almidón GA, gránulos de proteína GP en el endospermo harinoso. 2000x.

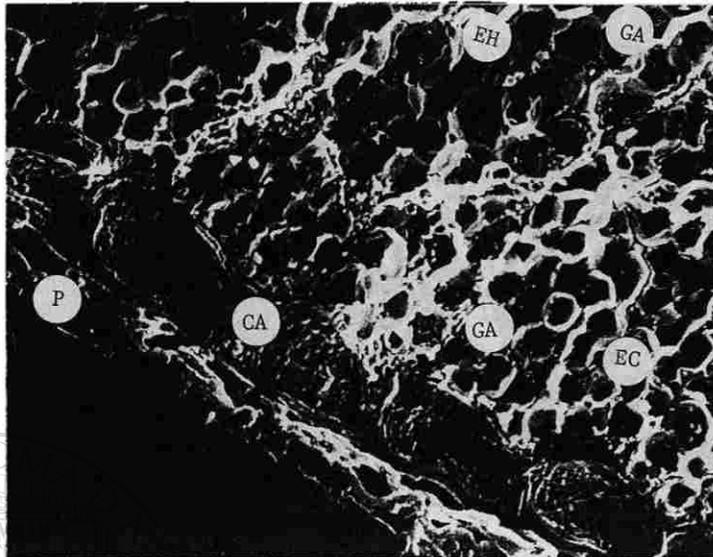


Figura No.28. Microfotografía de barrido del complejo poblacional bajo condiciones de no fertilización y temporal en estado maduro, mostrando las siguientes estructuras: Pericarpio P, capa de aleurona CA, endospermo córneo EC con gránulos de almidón GA y parte del endospermo harinoso EH. 700x.

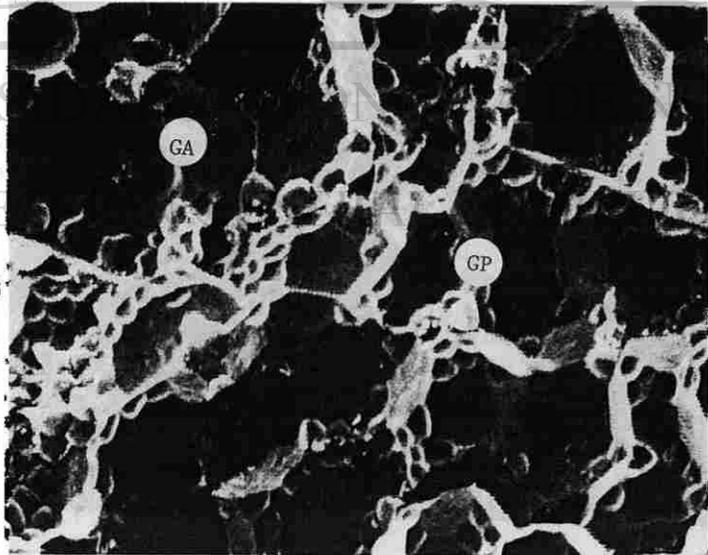


Figura No. 29. Microfotografía de barrido del complejo poblacional bajo condiciones de no fertilización y temporal mostrando gránulos de almidón GA, gránulos de proteína GP en el endospermo harinoso.2000x.

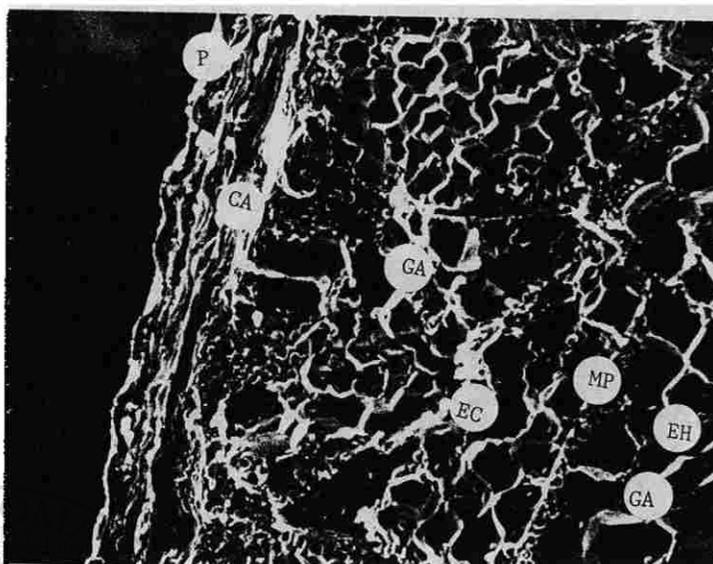


Figura No.30. Microfotografía de barrido del tifleaf bajo condiciones de fertilización y riego en estado maduro, mostrando las siguientes estructuras: Pericarpio P, capa de aleurona CA, endospermo córneo EC con gránulos de almidón GA, membrana proteínica y parte del endospermo harinoso EH. 700x.

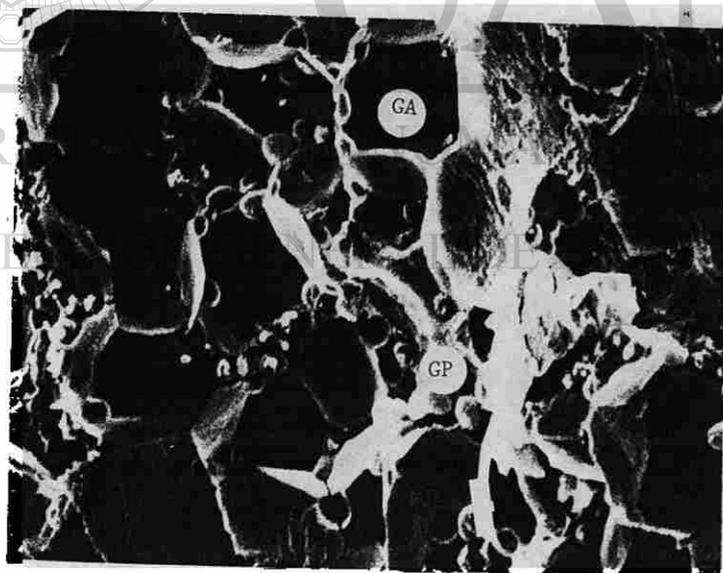


Figura No.31. Microfotografía de barrido del complejo poblacional bajo condiciones de fertilización y riego mostrando gránulos de almidón GA y gránulos de proteína GP en el endospermo harinoso. 2000x.

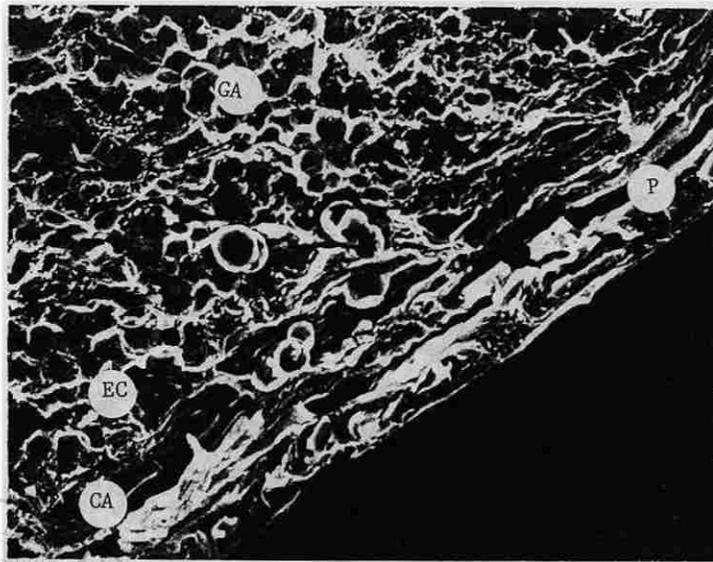


Figura No.32. Microfotografía de barrido del tifleaf bajo condiciones de no fertilización y riego en estado maduro, mostrando las siguientes estructuras: Pericarpio P, capa de aleurona CA, endospermo córneo EC con gránulos de almidón GA y parte del endospermo harinoso EH. 700x.

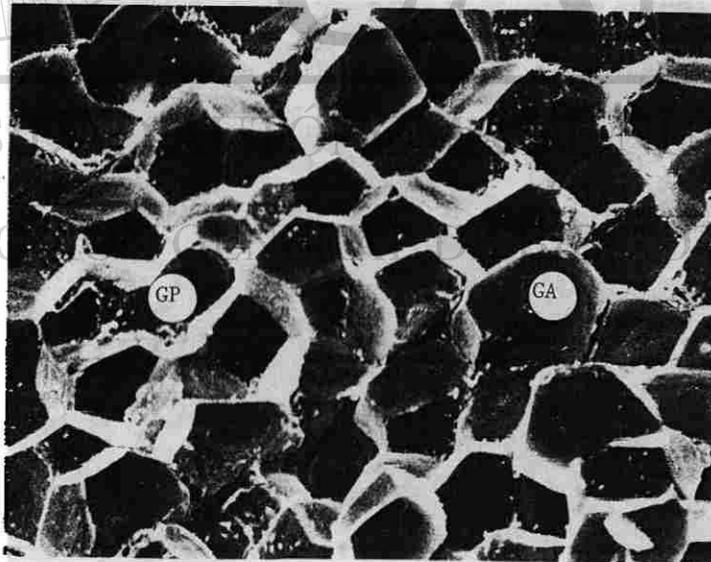


Figura No.33. Microfotografía de barrido del tifleaf bajo condiciones de no fertilización y riego mostrando gránulos de almidón GA, gránulos de proteína GP en el endospermo harinoso.2000x.

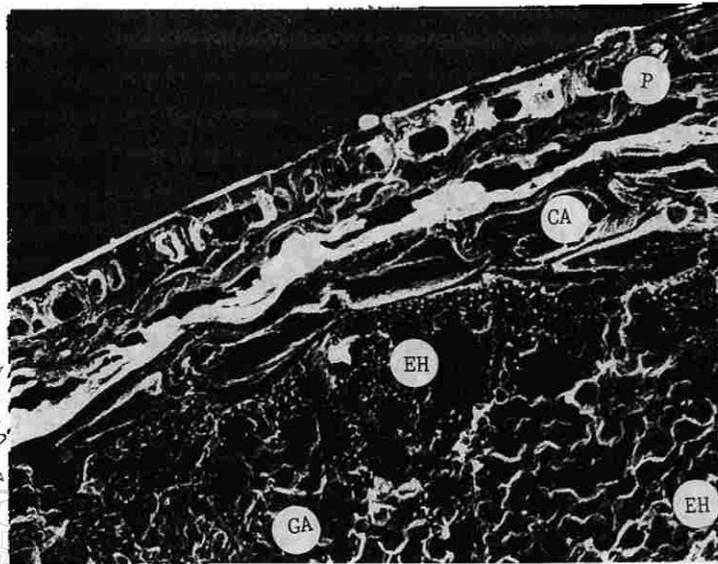


Figura No.34. Microfotografía de barrido del tifleaf bajo condiciones de fertilización y temporal en estado maduro, mostrando las siguientes estructuras: Pericarpio P, capa de aleurona CA, endospermo córneo EC con gránulos de almidón GA y parte del endospermo harinoso EH. 700x.

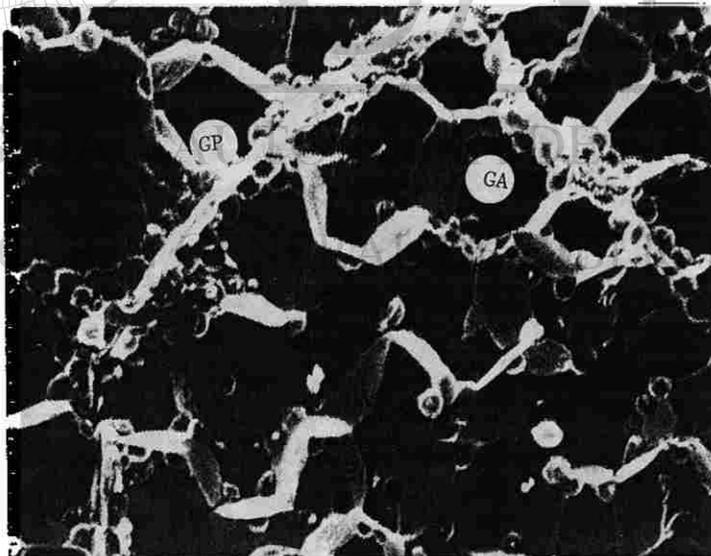


Figura No.35. Microfotografía de barrido del tifleaf bajo condiciones de fertilización y temporal mostrando gránulos de almidón GA, gránulos de proteína GP en el endospermo harinoso. 2000x.

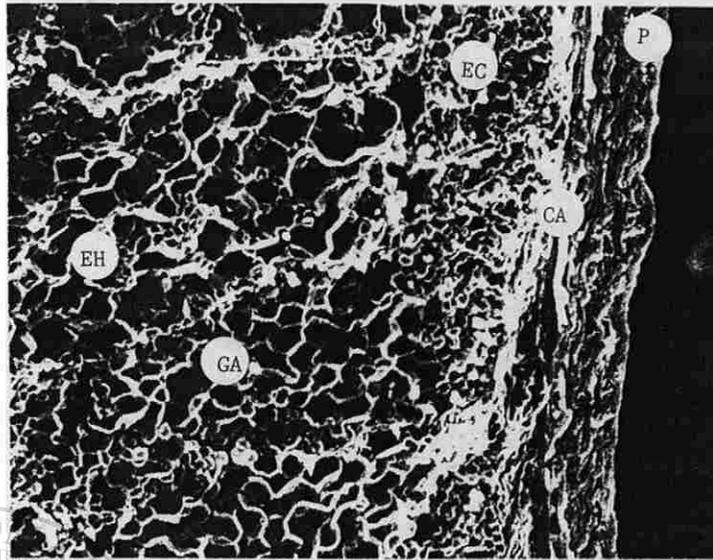


Figura No.36.: Microfotografía de barrido del tifleaf bajo condiciones de no fertilización y temporal en estado maduro, mostrando las siguientes estructuras: Pericarpio P, capa de aleurona CA, endospermo córneo EC con gránulos de almidón GA y parte del endospermo harinoso EH. 700x.

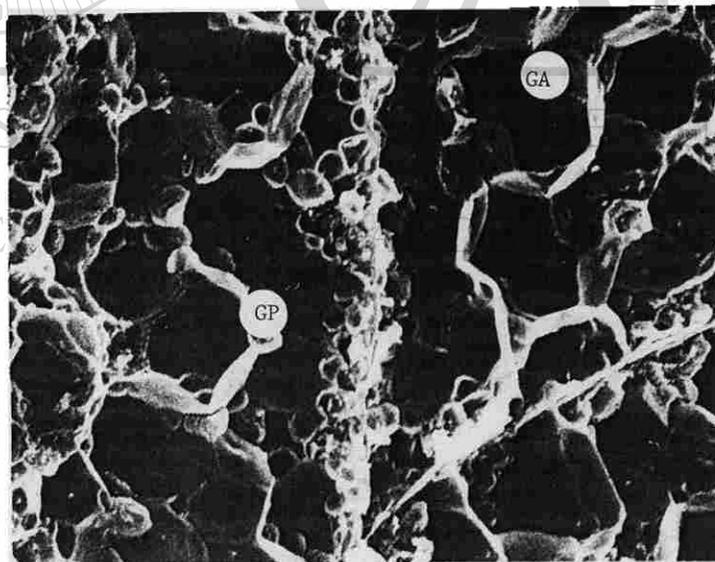


Figura No. 37. Microfotografía de barrido del tifleaf bajo condiciones de no fertilización y temporal mostrando gránulos de almidón GA, gránulos de proteína GP en el endospermo harinoso.2000x.

