



17
Zey

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS IZTACALA

ANALISIS DE CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE MAIZ
Zea mayz EN PRESENCIA DE CUITLACOCHÉ
Ustilago maydis (D. C.) Cda.

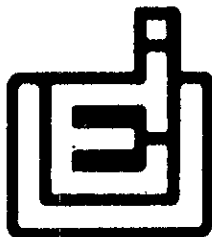
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

RAUL QUINTERO RODRIGUEZ



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MEXICO

268073



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Al M. C. Gabriel Camarena Gutiérrez que tan acertada y amablemente condujo la asesoría del presente trabajo.

A la P. M. Irene Frutis Molina quien desinteresadamente me brindó su total apoyo en el proceso de este trabajo.

Al Biólogo Marcial García Pineda quien gracias a su ayuda y sugerencias el proyecto siguió adelante.

A la Bióloga Rocío Ibarra quien amablemente ayudó a la realización de este trabajo.

Y a los Biólogos Josefina Vázquez Medrano y Gerardo Ortíz Montiel por sus acertadas sugerencias para el mejoramiento del presente trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres por darme la vida y regalarme lo que nunca me faltó: su cariño y comprensión.

Enrique y Alejandrina

A mis hermanos de los que siempre me han apoyado incondicionalmente.

**Celia
Patricia
Hipólito
Hugo
Rogelia
Elsa**

Y muy especialmente a mi esposa **Alma Delia** por ser la compañera ideal, a ti que me haz acompañado en los buenos y malos momentos, a ti por ser el principal apoyo para que yo pudiera realizar este trabajo.

A mis pequeñitos: **Raúl, Atzin Omar y Marcos**, a ustedes que son lo más grande que yo poseo y que son mi principal fuente de superación.

INDICE

I.- RESUMEN	1
II.- INTRODUCCION	4
1.0 Origen geográfico.	6
2.0 Origen botánico	7
3.0 Clasificación botánica de la planta de maíz.	7
4.0 Morfología de la planta de maíz.	8
4.1 Hojas	8
4.2 Tallo	8
4.3 Sistema radicular	8
4.4 Reproducción	8
5.0 Modalidad de crecimiento de la planta de maíz.	10
5.1 Etapas de crecimiento.	10
5.2 Fase vegetativa.	10
5.3 Fase reproductiva.	10
5.4 Fase de llenado y maduración de grano.	10
6.0 Carbón del maíz.	11
6.1 Agente causal.	11
6.2 Clasificación botánica.	12
6.3 Ciclo de vida.	13
6.4 Morfología de las esporas.	14
6.5 Número de esporas y diseminación.	14
7.0 Análisis de Crecimiento Vegetal.	15
III.- ANTECEDENTES	16
1.0 Métodos de inoculación.	16
2.0 Diferencia parasítica.	16
3.0 Penetración del patógeno.	17
4.0 Herencia de la resistencia a U. maydis.	17
5.0 Vigor de la planta.	18
6.0 Efectos de la densidad de siembra.	18
7.0 Humedad relativa.	18
8.0 Temperatura.	19
IV.- OBJETIVOS	20

V.- MATERIAL Y METODOS	21
1.0 Zona de trabajo.	21
2.0 Densidad de siembra.	21
3.0 Raza de la semilla de maíz.	21
4.0 Obtención de cepas de Ustilago maydis.	22
4.1 Medio de cultivo.	22
4.2 Tipo de siembra.	22
4.3 Sitio de inoculación de la planta.	22
5.0 Riego.	23
6.0 Toma de muestras para el Análisis de Crecimiento.	23
6.1 Area foliar (AF).	23
6.2 Índice de Area Foliar (IAF).	23
6.3 Tasa de Asimilación Neta (TAN).	23
6.4 Tasa de Crecimiento Absoluto(TCA).	24
6.5 Tasa de Crecimiento de Cultivo (TCC).	24
6.6 Índice de Cosecha (IC).	24
6.7 Determinación de peso seco.	25
6.8 Determinación de Azúcares.	25
6.9 Determinación de Almidones.	25
VI.- ANALISIS DE RESULTADOS	26
VII.- CONCLUSION	37
VII.- BIBLIOGRAFIA	38

II.-RESUMEN

El maíz tuvo una gran importancia desde el punto de vista alimenticio para casi todas las comunidades indígenas americanas, actualmente es el producto básico e insustituible para la población en la alimentación familiar, ya que no existe ningún producto alimenticio que se consuma más que el maíz, ni que tenga la capacidad productiva para sustituirlo.

La planta cuenta con características físicas que le han permitido adaptarse a múltiples medios naturales y prácticamente se cultiva en todo el país. El 90 % de su producción se da en zonas de temporal durante el ciclo primavera-verano y sólo el 10% se obtiene en el ciclo otoño-invierno.

Se considera como originario de América evidenciando que México fue el centro primario de origen, domesticación y dispersión del maíz, respecto a su origen botánico, aún no se tiene la certeza de donde es procedente, aunque se tienen algunas teorías las cuales la mayoría de los autores concuerdan con ellas.

En 1971, Hanway publicó un excelente informe ilustrado de como se desarrolla la planta de maíz, utilizando un sistema de numeración para indicar la etapa de crecimiento que presenta ésta en condiciones favorables.

Una de las enfermedades más comunes del maíz y que se encuentra prácticamente en cualquier región maicera del mundo, es el carbón del maíz, en México mejor conocido como Huilacoche o Cuitlacoche, siendo su agente causal el hongo *Ustilago maydis* (D. C.) Cda., su fase más característica consiste en la formación de agallas en cualquier parte aérea de la planta y en caso muy particular en la mazorca.

Durante el ciclo de desarrollo de las plantas, la dinámica de producción fotosintética neta puede ser interpretada por medio de la metodología del análisis de crecimiento, mediante la evaluación de sus valores primarios, los cuales nos permiten interpretar y describir el crecimiento del cultivo, así como la eficiencia neta del aparato asimilatorio y la producción de materia seca, este análisis no requiere de material sofisticado para la obtención de variables básicas. Dichas variables se determinan en le material vegetal a intervalos de tiempo, permitiendo el cálculo de una serie de índices que describen el crecimiento de las plantas y de sus órganos.

El presente trabajo se realizó dentro de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Iztacala, se desarrolló en dos partes en forma paralela, la primera consistiendo en labores de laboratorio y la segunda en labores de campo.

El laboratorio que se ocupó fue el laboratorio de Fisiología Vegetal en la Unidad de Morfofisiología y las labores de campo dentro del Jardín Botánico. Las tareas de laboratorio consistieron en la medición de los índices propuestos, así como la propagación de las cepas de *Ustilago maydis*, las labores de campo consistieron en la preparación del área a sembrar, utilizando una área de 96 m², la formación de surcos, siembra de la semilla, riego, destrucción de la maleza, toma de muestras e inoculación de plantas.

Para la obtención de cepas de *Ustilago maydis* (D. C.) Cda. se utilizó cuitlacoche adquirido en la Central de Abastos de la ciudad de México, usando el medio de cultivo P.D.A. para la siembra de clamidosporas y para la propagación de esporidios compatibles

Para la toma de las muestras se determinó tomar en cuenta las diferentes etapas de desarrollo que presenta la planta de maíz propuestas por Hanway, en cada muestreo se colectaron 6 plantas por m² y para la medición de fotosintatos se tomaron 10 discos de 8 mm. de diámetro.

Se observó una gran similitud en cuanto a las etapas de crecimiento propuestas por Hanway y las obtenidas en el presente trabajo, sólo se observaron diferencias de la etapa 0.0 a la etapa 4.0.

Respecto al peso seco de la planta este aumento uniformemente conforme aumentaba la edad de la planta pero tuvo una ganancia significativa durante la fase de llenado de grano.

Los índices de crecimiento reflejaron que la planta de maíz presenta un follaje bastante eficiente en la producción de materia seca, observándose mejor durante la fase de llenado de grano expresados por su Tasa de Asimilación Neta y su Tasa de Crecimiento Absoluto, directamente relacionados con un alto valor en su Índice de Área Foliar.

La planta de maíz resultó ser también una variedad con un Índice de Cosecha bastante aceptable, reflejándose en la gran cantidad de materia seca destinada a la producción de grano, así como las etapas 6, 7, y 8 resultaron ser las etapas donde se dio la mayor velocidad de producción de materia seca tal y como lo mostró su Tasa de Crecimiento de Cultivo.

De las plantas inoculadas artificialmente, el 75% se lograron infectar, la inoculación se realizó en el jilote de la planta, la aparición de la infección se manifestó durante la etapa N° 8, sugiriendo que los azúcares son uno de los factores más importantes para el desarrollo del cuitlacoche, ya que durante esta etapa se da la mayor producción y translocación de estos fotosintatos, la ganancia de peso seco de la mazorca durante esta etapa casi fue nula.

Se demostró también que la disponibilidad de fotosintatos de la fuente, la habilidad de la demanda para la acumulación de dichos fotosintatos y la translocación de los mismos, son los factores principales para determinar el rendimiento final del grano de maíz.

En cuanto al uso de la técnica de Análisis de Crecimiento se comprobó su gran utilidad y confiabilidad para realizar estudios de Fisiología Vegetal, además de que contribuye significativamente a una mejor comprensión en las vías bioquímicas involucradas en estas relaciones.

En cuanto a la eficiencia que presenta la inoculación inducida por medio de jeringa hipodérmica, esta es realmente efectiva, obteniendo una infección al 100% de la mazorca y que puede ser utilizada para producir cuitlacoche en forma comercial.

III.-INTRODUCCION

El interés que se tiene para la realización de este estudio se debe a que los escasos trabajos que se han reportado en México se enfocan principalmente al estudio del hongo, tales como condiciones medio ambientales en los que mejor se desarrolla, métodos de inoculación manejados por Leal, 1996, prueba de variedades de maíz resistentes al hongo estudiados por Orona, 1995 y Hirschhorn y Hirschhorn en 1935, estudios genéticos del hongo o bien para la manipulación de la infección y una posible producción *in vitro*, como lo pretende Paredes , sin hacer mención de la fisiología de la planta de maíz en presencia de este patógeno.

Además, con esto se pretende ampliar los conocimientos acerca de esta interacción huésped patógeno y de alguna manera contribuir a una mejor comprensión de este fenómeno natural.

Por otra parte la utilidad que tiene la técnica del Análisis de Crecimiento para usarla en estudios de Fisiología Vegetal dada su factibilidad para aplicarla.

EL MAIZ

La palabra "maíz" proviene de una lengua del Caribe, los españoles tomaron el vocablo de un dialecto de la isla de Haití, cuyos aborígenes le llamaban "mahiz". El maíz guarda muchos y grandes secretos, sus frutos o granos significan para grandes y diversas comunidades, moneda, religión y alimento (Reyes, 1990).

El maíz tuvo una gran importancia desde el punto de vista alimenticio para casi todas las comunidades indígenas americanas. En algunas culturas destacadas, como la maya, la inca y la azteca, el maíz además fue objeto de rituales religiosos (Díaz, 1992, Llanos, 1984 y Dold, 1998).

Para la población mexicana el maíz es el producto básico e insustituible en la alimentación familiar ya que no hay ningún producto alimenticio que se consuma más que el maíz, ni que tenga la capacidad productiva para sustituirlo (Eagles, 1994).

Si bien este cultivo obedece a una tradición cultural de la población y constituye la base de reproducción de la organización económica campesina y de la fuerza de trabajo en general, su importancia también deriva de las características físicas de la planta que le han permitido adaptarse a múltiples medios naturales, de ahí que se cultive prácticamente en todo el país, donde existen fuertes variaciones de tipo y calidad de suelos, climas y precipitaciones pluviales.

La producción de maíz en México se lleva a cabo todo el año, principalmente en zonas de temporal durante el ciclo primavera -verano, en donde se produce el 90% del maíz, debido a que es la época de lluvias (Arias, 1987), con un rendimiento medio anual de 1.79 ton/ha (Romero, 1994).

Del ciclo otoño-invierno, sólo se obtiene el 10% restante y se realiza en regiones donde la época de lluvias comprende la mayor parte del año (Arias, 1987).

Las partes de la planta, mazorcas, olotes, granos de polen; las especies de plantas parientes del maíz, las denominaciones que los antepasados daban a éste; las herramientas, los utensilios para preparar alimentos; las deidades, las ceremonias y ritos religiosos, han sido objeto de estudios e investigaciones arqueológicas, geológicas, botánicas y citogenéticas.

Al maíz los españoles al principio de la conquista lo llamaron "Panizo", en náhuatl se conocía como "Tlayolli", "Cinte" o "Cintle", en maya "Ixi", en huasteco "Iziz", en otomí "Detha", en guaraní "Abati", en China "Arroz de jade (Reyes, 1990).

Hasta el momento, los investigadores no se han puesto de acuerdo acerca del origen geográfico y botánico del maíz. Al respecto se han girado varias hipótesis.

1.0 ORIGEN GEOGRAFICO.

Con relación al origen geográfico, algunos consideran que el maíz es nativo de Asia, otros piensan que es de América, siendo esto actualmente lo más aceptado, basándose en la existencia de testimonios que avalan al Nuevo Mundo como al verdadero centro de origen (Reyes, 1990), siendo estos de los más importantes:

- Los partidarios de que el maíz es de origen americano aseguran que no hay prueba escrita antes de 1511, que aclara satisfactoriamente el problema.

- El inicio de la agricultura se cita en varios textos, que ocurrió hace 10 mil años, cuando los españoles llegaron a América en 1492 y a México en 1521, el maíz ya tenía varios siglos de cultivo y ya se tenía una cultura muy desarrollada del maíz.

- Los escritores griegos, con relación a los cultivos, no mencionan ninguna planta similar al maíz.

- Se asegura, que en las informaciones y representaciones egipcias, no hay ninguna que haga alusión al maíz.

- Si el maíz es de Asia, no hay razón para que no se difundiera ampliamente en Europa y Asia menor, antes de la conquista de América.

Así pues, existen muy pocas dudas acerca del origen americano del maíz, pero es discutible en que lugar. Se mencionan México, Guatemala, Colombia, Región Andina (Perú, Ecuador, Bolivia) y las tierras bajas del Paraguay, Uruguay, Argentina y Brasil (Berger, 1962, Aldrich, 1966, Reyes, 1990).

Las observaciones de representaciones de plantas o partes de ella, en esculturas, impresiones, códices y cerámicas prehistóricas, además de estudios fósiles, informan que el maíz empezó a domesticarse aproximadamente hace 5 y 6 mil años en el territorio de lo que hoy es la República Mexicana y específicamente en el valle de Tehuacán Puebla y en el norte del estado de Oaxaca (Reyes, 1990).

Por lo tanto hay suficiente evidencia indicando que México fue el centro primario de origen, domesticación y dispersión del maíz; que ocurrió hace más de 6 mil años y que las migraciones humanas lo llevaron a Sudamérica, en donde tuvo lugar el centro secundario, hace más de 5 mil años (Mangelsdorf, 1974, Reyes, 1990).

De México se dispersó hacia el Norte del continente, los conquistadores lo llevaron a España y de allí pasó a otras naciones de Europa y Asia (Martínez, 1959).

2.0 ORIGEN BOTANICO.

Por lo que respecta al origen botánico han surgido diferentes teorías, pero las que más destacan son las siguientes (Jugenheimer, 1959,. Mangelsdorf,1974. Romero y Calderón, 1980, Reyes, 1990):

- Procede de un maíz tunicado, que es una forma primitiva del maíz en la que los granos están individualmente cubiertos por una bráctea floral.
- Desciende del teocintle, bien sea por selección, mutaciones, o por hibridación con otra gramínea.
- Es un híbrido natural entre el teocintle y una gramínea afín ya extinguida
- Es un híbrido trigenérico de: maíz tunicado, teocintle y tripsacum.

Existen otras hipótesis sobre el origen del maíz, pero los avances en estudios citológicos y de composición genética indican que las señaladas antes, son las que dan una mejor explicación al origen del maíz actual.

3.0 CLASIFICACION BOTANICA DE LA PLANTA DE MAIZ (Bartolini, 1990).

Grupo	Fanerogamas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Monocotiledoneas
Orden	Gumifloras
Familia	Gramineas
Género	Zea
Especie	mays

4.0 MORFOLOGIA DE LA PLANTA DE MAIZ.

El maíz es una planta de régimen anual su ciclo vegetativo oscila entre 80 y 200 días desde la siembra hasta la cosecha. Existen variedades enanas de 40 a 60 cm. de altura y las gigantes que pueden alcanzar hasta los 5 m. de altura, generalmente miden de 2 a 2.5 m (Moseman, 1993).

4.1 HOJAS.- sus hojas miden de 4-10 cm. de ancho por 35-50cm de longitud, de borde áspero, finamente ciliado y algo ondulado. La vaina de la hoja forma un cilindro alrededor del entrenudo, pero con los extremos desunidos. Su color usual es verde pero se pueden encontrar hojas rayadas de blanco y verde o verde y púrpura. El número de hojas por planta varía entre 8 y 25.

4.2 TALLO.- es leñoso y cilíndrico, está formado por entrenudos separados por nudos más o menos distantes que varían de 8-25, con un promedio de 16. Cerca del suelo, los entrenudos son cortos y de los nudos nacen raíces aéreas.

El grosor del tallo disminuye de abajo hacia arriba. Su sección es circular, pero desde la base hasta la inserción de la mazorca presenta una depresión que va haciéndose más profunda conforme se aleja del suelo.

4.3 SISTEMA RADICULAR.- éste sistema esta formado por cuatro tipos de raíces:

- a).- Raíz seminal o primaria, está representada por un grupo de una a cuatro raíces que pronto dejan de funcionar. Se originan en el embrión. Suministra nutrientes a la semilla en la primeras dos semanas.
- b).- Raíces adventicias o secundarias, comienzan a formarse a partir de la corona, por encima de las raíces primarias, constituyendo casi la totalidad del sistema radicular pudiendo alcanzar hasta dos metros de profundidad.
- c).- Raíces de sostén o de soporte, este tipo de raíz se origina en los nudos cerca de la superficie del suelo, favorecen una mayor estabilidad y disminuyen problemas de acame, estas raíces de sostén realizan la fotosíntesis.
- d).- Raíces aéreas, también se originan en los nudos, cerca de la superficie del suelo, pero estas no alcanzan el suelo.

4.4 REPRODUCCION.- el maíz es una planta monoica, es decir tiene flores unisexuales, las masculinas en la extremidad del tallo, agrupándose en una panícula (penachos o espigas) y las femeninas en diferentes nudos protegidos por las vainas (mazorcas) que nacen en las axilas de las hojas del tercio medio de la planta.

Las flores masculinas tienen de 6 a 8 mm., salen por parejas a lo largo de muchas ramas finas de aspecto plumoso. Cada flor tiene tres estambres, largamente filamentosos.

Las espiguillas femeninas se agrupan en una ramificación lateral gruesa, de forma cilíndrica, cubierta por brácteas foliadas. Sus estilos sobresalen de las brácteas y alcanzan una longitud de 12 a 20 cm. formando en su conjunto una cabellera característica que sale por el extremo de la mazorca, vulgarmente conocidos con el nombre de cabellos o sedas.

Cada flor femenina, si es fecundada en su momento, dará lugar a un fruto en forma de grano, más o menos duro, lustroso, pudiendo ser de color amarillo, púrpura, blanco o azul. El color de la mayoría de las variedades seleccionadas e híbridos que produce y distribuye la Comisión Nacional del Maíz es blanco (Olmedo, 1958).

Los frutos quedan agrupados formando hileras alrededor de un eje grueso en un número de 600 a 1000 por mazorca, (Llanos, 1984).

El maíz es una planta de fecundación cruzada o alógama. De acuerdo a su polinización y fecundación, el maíz es altamente vulnerable al cruzamiento. Un cultivo de maíz puede recibir polen de otro maíz distante a un Km. o más en torno de él (Reyes,1990).

Los granos de polen producidos en la inflorescencia masculina llevados por el viento pueden fecundar a varias espigas femeninas.

La liberación de polen puede durar de 6 a 8 días. La cantidad de polen que producen las plantas es normalmente más que suficiente para fecundar todas las espigas femeninas de la plantación. Se estima por término medio que una planta puede producir 25 millones de granos de polen, en condiciones de campo normales, aproximadamente un 97% de las fecundaciones son cruzadas, y sólo un 3% son autofecundaciones (Llanos, 1984).

5.0 MODALIDAD DE CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE MAIZ.

En condiciones favorables de suelo, temperatura, humedad, aireación, nutrición, luminosidad, ausencia de plagas, enfermedades y malezas, la planta de maíz se desarrolla desde la germinación hasta la senilidad, según la modalidad de crecimiento acumulativo de todos los seres vivos.

Hanway (1971), en el estado de Iowa en E.U.A. publicó un excelente informe ilustrado de como se desarrolla una planta de maíz, utilizando un sistema de numeración para indicar la etapa de crecimiento que presenta esta, la cual ha servido como modelo para diversos estudios del maíz. De igual manera Reyes (1986), en el estado de Nuevo León en México, obtuvo resultados muy similares.

5.1 ETAPAS DE CRECIMIENTO DEL MAIZ SEGUN HANWAY.

5.2 FASE VEGETATIVA.

(0.0) siembra de semilla.

(0.1) coleoptilo arriba del suelo 0 semana.

(0.5) 2-3 hojas, una semana después de que la planta emerge.

(1.0) 4-6 hojas emergidas, 2-3 semanas después de que la planta emerge.

(2.0) 8-10 hojas emergidas, 4-5 semanas después de que la planta emerge.

(3.0). 12-14 hojas emergidas, 6-7 semanas después de que la planta emerge.

5.3 FASE REPRODUCTIVA.

(4.0) 16 hojas emergidas (espiga), 8 semanas después de que la planta emerge.

(5.0) estilos emergiendo (jiloteo) y polen dehiscente 66 días después de que la planta emerge.

5.4 FASE DE LLENADO Y MADURACION DE GRANO.

(6 0) estilos oscuros, desarrollo incipiente de granos, 12 días después del jiloteo.

(7.0) granos lechosos, 24 días después del jiloteo.

(8.0) embriones en desarrollo, 36 días después del jiloteo.

(9.0) estado masoso del grano, 48 días después del jiloteo.

(10.0) grano maduro secando, 60 días después del jiloteo.

6.0 CARBON DEL MAIZ.

El rendimiento de la planta de maíz puede verse afectado por varios factores, entre los principales podemos contar; la competición con malas hierbas, ataques de plagas (principalmente insectos), enfermedades ocasionadas por hongos y virus, los factores medioambientales tales como las heladas, granizadas, inundaciones y sequías.

Una de las enfermedades más comunes del maíz y que prácticamente la podemos encontrar en casi todas las regiones maiceras del mundo, es el **carbón del maíz**, en México mejor conocido como **"Huitlacoche"** o **"Cuitlacoche"**.

6.1 AGENTE CAUSAL.

El agente causal de esta enfermedad es el hongo *Ustilago maydis*, (D. C.) Cda, su fase más característica consiste en la formación de agallas sobre los tallos, hojas, yemas axilares, penacho de flores masculinas, y en este caso la más importante que es la mazorca (Ulloa, 1978).

Se desconoce cual es su lugar de origen, sin embargo se puede considerar también originario del mismo lugar del maíz. debido a que es una enfermedad específica de este. Actualmente su distribución es universal. Posteriormente en 1822 se registró su presencia en E.U.A. que fue cuando se publicó la primera lista de hongos americanos (Christensen, 1963).

Debido al gran número de facetas que comprende el conocimiento general de esta enfermedad, el ciclo de vida de *Ustilago maydis* se conoció hasta 1927, época en la cual la fase perfecta fue descubierta (López, 1988).

En México se conoce que está presente desde la época prehispánica, ya que existen informes de que los aztecas conocieron esta enfermedad y la denominaron "Cuitlacohtli" o "Huitlacoche" (suciedad dormida) (López, 1988).

Las pérdidas que ocasiona este hongo varían considerablemente. De acuerdo con la información disponible se sabe que en los E.U.A. es donde causa los mayores daños, estimándose que reduce el 2% de la producción anual de maíz (López, 1988).

Agrios (1985), indica que existen pérdidas que fluctúan desde el 1% hasta el 100% que se llegan a tener en el teocintle o maíz dulce *Euchlaena mexicana*, que es la especie más susceptible (López, 1988).

En México se desconocen los daños que ocasiona, pero se considera que *Ustilago maydis* mantiene una situación muy particular, principalmente en las áreas donde es utilizado en la dieta humana como alimento y por lo mismo se llega a considerar como hongo benéfico.

La enfermedad se manifiesta por la aparición de agallas, que inicialmente son de consistencia firme y color blanco brillante, paulatinamente los tejidos internos van tornándose oscuros, debido a la formación de esporas, la membrana externa blancuzca permanece intacta hasta alcanzar la fase final, en la que, al romperse deja expuesta al exterior la masa pulverulenta de esporas negras (Walker, 1973, Pacioni, 1982).

6.2 CLASIFICACION BOTANICA.

De acuerdo con el Código Internacional de Nomenclatura Botánica Stevenson y Johnson (1944), establecieron que *U. maydis* (D.C.) Cda., es el binomial correcto (Christensen, 1963), estos hongos son los denominados comúnmente carbones o tizones, debido a que fructifican formando masas negras de esporas semejantes al carbón o al tizne (Herrera y Ulloa, 1990).

Según el sistema de clasificación de 5 reinos propuesto por R. H. Whittaker en 1969 la posición taxonómica de este hongo es la siguiente: (Ville, 1984)

Reino	Fungi
Subreino	Eumycota
Rama	Amastigomycota
Filo	Basidiomycetes
Subclase	Heterobasidiomycetidae
Orden	Ustilaginales
Familia	Ustilaginaceae
Genero	<i>Ustilago</i>
Especie	<i>maydis</i>

6.3 CICLO DE VIDA.

Durante su ciclo de vida se pueden observar 3 estadios diferentes: a). El primero representado por una forma unicelular haploide (esporidio), la cual es capaz de reproducirse por gemación b) el segundo, es la forma dicariótica micelial que resulta de la fusión de células haploides compatibles seguido del crecimiento del dicarion y el proceso de cariogamia y c) la tercera fase es una forma diploide que culmina con la formación de las clamidosporas que se originan dentro de las agallas y bajo el proceso meiótico produce cuatro células haploides (Christensen, 1963).

a).- Clamidosporas jóvenes, binucleadas, formadas por las hifas contenidas en las agallas o soros que se desarrollan en las mazorcas de maíz principalmente.

b).- Germinación de clamidosporas, estas emiten un promicelio en el cual se efectúa la meiosis, dando origen a cuatro esporidios o basidiosporas con una condición haploide.

c).- Se diseminan los esporidios los cuales germinan produciendo un micelio uninucleado que infecta a la planta hospedera.

d).- Se realiza una dicarionización por somatogamia de dos micelios compatibles dentro de los tejidos infectados.

e).- El micelio dicariótico es el que lleva a cabo la invasión masiva, se caracteriza por tener fibulas y es el que forma las agallas o soros que contienen las masas de clamidosporas.(Shurtleff, 1986).

6.4 MORFOLOGIA DE LAS ESPORAS.

Ustilago maydis (D. C.) Cda. es un buen ejemplo de la vasta diversidad que puede existir en el tamaño y forma de clamidosporas dentro de una especie de carbón, pero generalmente las clamidosporas son de forma esférica a elipsoidal de 7-10 micras, negras y abundantemente equinuladas.

En el momento de la germinación aparece un promicelio tabicado portador de esporidios o basidiosporas (Montes, 1992), hialinos ovales y continuos. Los esporidios geman abundantemente en forma similar a las levaduras (Christensen, 1963).

6.5 NUMERO DE ESPORAS Y DISEMINACION.

Ustilago maydis produce un enorme número de clamidosporas y esporidios y es indudablemente la especie más prolífica de los carbonos.

El número de clamidosporas por cm^3 de tejido de agalla a sido estimado en 2.5-6 billones. De este modo, en una agalla de carbón individual de talla mediana puede haber más de 200 billones de esporas.(Christensen, 1963).

Por lo tanto, el número de esporidios producidos también debe de ser muy elevado, ya que para cuando las clamidosporas germinan, estas generan mínimamente a cuatro de ellos.

El principal medio de diseminación de las clamidosporas es el viento las cuales pueden ser transportadas a grandes distancias, es por eso la explicación de que ninguna región maicera esta exenta de esta enfermedad.

7.0 ANALISIS DE CRECIMIENTO VEGETAL.

Los primeros pasos para analizar el rendimiento en términos del crecimiento antecedente se dieron a principios del presente siglo, y esta forma de análisis ha ido evolucionando a lo largo de estos años, hasta convertirse en lo que se conoce hoy día como Análisis del Crecimiento, una técnica empleada ampliamente en la actualidad y de gran utilidad para los investigadores de diversas disciplinas, especialmente los fisiólogos vegetales (Torres, 1984).

Durante el ciclo de desarrollo de las plantas, la dinámica de producción fotosintética neta puede ser interpretada por medio de la metodología del análisis del crecimiento, mediante la evaluación de sus valores primarios los cuales nos permiten interpretar y describir el crecimiento del cultivo, así como la eficiencia neta del aparato asimilatorio y la producción de materia seca, este análisis no requiere de material sofisticado para la obtención de las variables básicas. Dichas variables se determinan en el material vegetal a intervalos de tiempo, permitiendo el cálculo de una serie de índices que describen el crecimiento de las plantas y de sus órganos (Coombs, 1980, García, 1994).

Para realizar un análisis de crecimiento, se requiere determinar: 1) El peso seco total de la planta, y 2) el área foliar de la misma planta. Si el análisis de crecimiento es para una población entonces se tomará: 1) El peso seco total del material vegetal por unidad de área, y 2) El índice de área foliar. Para realizar estas determinaciones, en la práctica generalmente se recurre al muestreo del material bajo estudio. Dicho muestreo es destructivo su frecuencia puede ser mensual, quincenal o semanal. El lapso mínimo para realizar dicho muestreo es de 24 horas.

IV.-ANTECEDENTES

1.0 METODOS DE INOCULACION

La inoculación artificial la inicio Brefeld (1883), con una suspensión de esporidios producidos en un cultivo nutritivo rociando a las plantas de maíz (citado por Christensen, 1963). Este método de rociado se empleo subsecuentemente para probar líneas y variedades de maíz resistentes al carbón.

En 1900, Arthur y Stuart inocularon cultivos de carbón en plántulas de maíz por medio de tubos de vidrio, cambiando así la modalidad de rociado e iniciando así una nueva técnica de inoculación, usándola principalmente para pruebas de compatibilidad sexual entre líneas haploides de carbón y para probar la estabilidad de virulencia. (citado por Christensen, 1963)

Rowell y De Vay emplearon el método de inoculación de vacío parcial en plántulas de maíz, para pruebas de compatibilidad de líneas y para estudios de marcas genéticas del patógeno (citado por Christensen, 1963).

El método de inoculación a plantas de maíz con jeringa hipodérmica y la cual obtuvo excelentes resultados la utilizó Christensen (1963), para estudios referentes a la interacción huesped-patógeno. A partir de entonces esta técnica a sido la más utilizada para la inoculación inducida del carbón.

2.0 DIFERENCIA PARASITICA

Melchor en 1921 observó que líneas de híbridos de maíz difieren en resistencia cuando crecen en localidades diferentes (citado por Christensen, 1963).

Stakman y Christensen demostraron sorprendentes diferencias parasíticas en 12 colecciones de clamidosporas de *Ustilago maydis* (C. D.) Cda. de regiones distantes inoculando 10 variedades de maíz que diferían en grados de susceptibilidad al carbón. Todas las colecciones causaron infecciones a todas las variedades, pero estas se diferenciaban en el grado de severidad de la infección dentro de la misma variedad (Christensen, 1963).

En 1935 Hirschhorn y Hirschhorn, realizaron trabajos sobre selección de maíces, incluyendo inmunidad para el carbón y sobre los caracteres biológicos del agente patógeno con infección inducida.

3.0 PENETRACION DEL PATOGENO

La introducción en los tejidos del hospedante se efectúa por los tubos germinativos que originan los esporidios, los cuales penetran directamente perforando la epidermis o a través de los estomas (Agrios, 1985).

Hirschhorn (1986), considera que las hifas dicarióticas proliferan rápidamente, atraviesan las paredes celulares mediante disolución de las mismas alrededor de las cuales, el micelio aparece a veces contorsionado o casi globoso, avanzando en su desarrollo en forma inter o intracelular.

4.0 HERENCIA DE LA RESISTENCIA A *Ustilago maydis* (C. D.) Cda.

Jones (1918), fue el primero en realizar cruces entre líneas autofecundadas derivadas de variedades tardías que diferían en reacción al carbón, encontrando que la resistencia al carbón es dominante en la F1 y la segregación para resistencia ocurrió en la F2, además, de que la susceptibilidad es controlada por factores que son capaces de segregarse solamente dentro de algunas líneas (citado por Orona, 1995).

En 1927 Immer confirmó los resultados de Jones, al observar que la resistencia es dominante y que es heredada libremente (citado por Orona, 1995).

Christensen (1963), afirma que son pocos los genes que determinan reacciones al carbón, en base a la rapidez con la que las líneas de maíz autofecundadas, se homocigotizan para este carácter.

Jugenheimer (1985), menciona que el cruzamiento de líneas resistentes da por resultado a poblaciones resistentes, mientras que el cruzamiento entre líneas susceptibles da origen a poblaciones susceptibles.

5.0 VIGOR DE LA PLANTA

En 1935 Walter estudió durante un periodo de 4 años la relación existente entre el vigor del hospedero en relación al desarrollo del hongo, encontrando que cuando se tiene un rápido desarrollo de la planta, desde la siembra hasta la maduración, le permite resistir o escapar del ataque. (citado por Orona, 1995).

Maze y Maze (1932), obtuvieron resultados similares encontrando que las agallas frecuentemente son más grandes y conspicuas sobre plantas vigorosas que sobre plantas débiles (citado por Christensen, 1963).

Christensen (1963), afirma que cuando las plantas son extremadamente débiles, el número de agallas por planta puede ser reducido, debido a un decremento en el desarrollo de yemas nodales.

6.0 EFECTOS DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

Piemiesel (1917), afirma que manteniendo una alta densidad de población se incrementa la cantidad de carbón debido a que las plantas permanecen suculentas durante un mayor periodo de tiempo, Contrariamente a estos resultados Wilcoxson y Covey (1960) y Wilcoxson (1975), sostienen que las más bajas densidades no solamente daban un alto porcentaje de plantas infectadas sino que además, la severidad es mayor sobre las densidades de población más alta (citados por Orona, 1995).

7.0 HUMEDAD RELATIVA

Agrios (1985), afirma que bajo condiciones moderadamente secas es donde a las variedades susceptibles el hongo ocasiona los mayores daños.

En 1988, López obtuvo mejores resultados de infección con humedades relativas altas (72% y 80%), mencionando cierta tendencia a aumentar la cantidad de agallas conforme aumentan las precipitaciones.

En México especialmente nuestros campesinos gracias a su conocimiento tradicional, han logrado identificar que cuando existe una humedad relativa alta, especialmente cuando persisten precipitaciones, es cuando aumenta la probabilidad de encontrar con mayor frecuencia el cuitlacoche (Paredes, 1993.y Martínez y Larqué, 1990).

8.0 TEMPERATURA

De León (1984), expresa que en zonas templadas puede ser más severa la infección del carbón (citado por Leal, 1996).

Agrios (1985), refiere que el ataque del carbón prevalece con mayor frecuencia en áreas cálidas.

Girón (1994), sostiene que esta enfermedad ocurre continuamente a través del ciclo primavera-verano, siendo favorecido por condiciones de clima templado y caliente con temperaturas entre 20 y 35 °C (citado por Leal, 1996).

López (1988), observó que en los periodos en los que se formó la mayor cantidad de carbón coincidieron con las condiciones de temperaturas medias más altas que iban de los 17 a 19 °C.

V.- OBJETIVOS

De acuerdo a lo anterior se consideran como objetivos *particulares* los siguientes:

1.- EVALUACION MEDIANTE LA TECNICA DE ANALISIS DE CRECIMIENTO A LA PLANTA DE MAIZ, DURANTE SUS ETAPAS DE DESARROLLO.

2.- EVALUACION FISIOLÓGICA DE LA PLANTA DE MAIZ EN PRESENCIA DE CUITLACOCHÉ, DURANTE LA ETAPA DE MADURACION DE FRUTO.

3.- IDENTIFICAR EL GRADO DE INFECCION QUE PROVOCA *Ustilago maydis* CON INOCULACION INDUCIDA.

4.- APLICACION DE LA TECNICA DE ANALISIS DE CRECIMIENTO PARA ESTUDIOS DE FISIOLÓGIA VEGETAL.

VI.-MATERIAL Y METODOS

1.0 ZONA DE TRABAJO

La zona donde se llevó a cabo la siembra del maíz se ubica dentro del Jardín Botánico de la E.N.E.P. Iztacala.

Se utilizó una área de 12 m. de largo por 8 m. de ancho. Se realizaron 15 surcos con una separación de 80 cm. entre cada uno de ellos, y se sembraron tres semillas cada 50 cm. de distancia, procurando obtener una densidad de siembra de 6 plantas por m². Que equivalen a 45,000 plantas por hectárea. La siembra se realizó el 14 de febrero de 1997.

2.0 DENSIDAD DE SIEMBRA

Es el número de plantas que se siembran en una parcela. El número depende de la distancia entre surcos y entre plantas, además del clima, de las condiciones del suelo y de la variedad de la semilla.

La densidad varía de 40 000 plantas por hectárea para ejemplares grandes, y hasta 120 000 plantas por hectárea para maíz forrajero.

En México, en general se dejan de 80 a 92 cm. entre cada surco. La distancia entre plantas varía más, de 40 a 80 cm. aproximadamente (Parsons, 1988).

3.0 RAZA DE LA SEMILLA DE MAIZ

La raza de maíz que se utilizó en este trabajo fue Criollo Chalqueño, el cual es una semilla sin mejoramiento genético para condiciones de temporal o riego con una alta adaptabilidad a la región de Chalco Edo. de México y áreas cercanas.

Esta semilla es ampliamente comercial, rendidora de grano y forraje y que ha intervenido de manera notable en los programas nacionales de desarrollo (Reyes, 1990) Orona en 1995 reporta a esta semilla como una raza susceptible a *Ustilago maydis*.

4.0 OBTENCION DE CEPAS DE Ustilago maydis.

Para la obtención de la cepa, se utilizó cuitlacoche adquirido en la Central de Abastos de la ciudad de México, procurando que las agallas estuvieran frescas y que presentaran una buena apariencia física libre de cualquier tipo de lesión, con la finalidad de evitar posibles contaminaciones, para la desinfección de las agallas se utilizó el propuesto por Auge (1986) para el cultivo de tejidos.

4.1 MEDIO DE CULTIVO

El medio a utilizar para la siembra de clamidosporas y la propagación de cepas de esporidios para realizar la inoculación fue el medio: papa-dextrosa-agar (PDA), este medio de cultivo se utiliza en el aislamiento, desarrollo y producción de un gran número de especies de hongos (López, 1984).

papa 200 gr.

dextrosa 20 gr.

agar 20 gr.

agua destilada, aforar a 1000 ml.

4.2 TIPO DE SIEMBRA

La siembra se llevó a cabo por rayado de la superficie del medio de cultivo, contenidos en cajas Petri y frascos tipo Gerber, con la ayuda de una asa de siembra.

4.3 SITIO DE INOCULACION DE LA PLANTA

Para la inoculación se utilizaron las cepas de esporidios previamente diluidas en agua destilada utilizando 50 ml por cada frasco usando solamente 3 ml de esta dilución para cada inoculación

El jilote de la planta fue el sitio de inoculación que se utilizó en este caso, el cual se llevó a cabo por medio de una jeringa hipodérmica.

Se seleccionaron 40 plantas con el jilote ya presente de la siguiente manera: 10 plantas del surco número 5, 10 plantas del surco número 6, 10 plantas del surco número 7 y 10 plantas del surco número 8, procurando que estas plantas no fueran de las orillas del área sembrada, la numeración secuencial de los surcos se determinó por la orientación de Sur a Norte.

5.0 RIEGO

Los riegos se realizaron semanalmente sólo durante la época de estiaje a partir de la fecha de siembra, al inicio de la época de lluvias ya no se realizó ningún riego. Este periodo comprendió del 14 de febrero al 10 de mayo.

6.0 TOMA DE MUESTRAS PARA EL ANALISIS DE CRECIMIENTO

Para la determinación de cada muestreo se tomaron en cuenta las diferentes etapas de desarrollo de la planta de maíz propuestos por Hanway (1971). En cada muestreo se colectaron el total de plantas existentes en 1.0 m².

Dentro del análisis de crecimiento podemos encontrar diferentes índices (Demoson, 1975, Coombs, 1980, Escalante, 1993), los que se enlistan y describen a continuación se utilizaron en el presente trabajo.

6.1 Area foliar (AF).

Esta variable nos mide el total de cobertura del dosel para la captación de luz que presenta una planta o los cultivos.

6.2 Indice de Area Foliar (IAF).

Representa el área foliar de las plantas que ocupan una determinada superficie de terreno, es decir, el área foliar por unidad de área sembrada, se puede determinar siguiendo la siguiente fórmula

$$IAF = \frac{\text{Area foliar por planta}(\text{densidad de población})}{\text{área sembrada}}$$

6.3 Tasa de Asimilación Neta (TAN).

Registra el aumento en peso seco de la planta por unidad de área foliar y por unidad de tiempo.

Es una medida de la eficacia del follaje, la principal fuente de fotosintatos en la producción de materia seca. Indica la velocidad de fotosíntesis neta en un lapso más o menos largo, entre un muestreo y el siguiente; por lo tanto se requiere conocer el cambio de los valores del área foliar y el peso seco de la planta en determinado intervalo de tiempo. Para su determinación la fórmula que hay que utilizar es la siguiente:

$$TAN = \frac{PS2-PS1}{AF2-AF1} \times \frac{\log AF2 - \log AF1}{t2-t1}$$

Donde:

El primer término de la ecuación se refiere al peso seco total (PS2 y PS1) y a los valores del área foliar (AF2 y AF1), ambos a los tiempos (t1 y t2); y el segundo término indica el promedio de área foliar en el periodo comprendido entre las dos fechas, suponiendo que el área foliar incrementa su función del tiempo.

6.4 Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA).

Se refiere al incremento en peso seco de la planta por unidad de tiempo. La condición para utilizar este concepto es que el peso varíe continuamente durante cierto periodo. La fórmula utilizada para su determinación es:

$$TCA = \frac{PS2-PS1}{t2-t1}$$

Donde:

PS2 y PS1 representan el peso seco de la planta en los tiempos t2 y t1, respectivamente y se expresa en g día⁻¹.

6.5 Tasa de Crecimiento de Cultivo (TCC).

Se refiere a la velocidad de producción de materia seca de un cultivo en un tiempo determinado y se expresa en gramos de materia seca por unidad de superficie por unidad de tiempo (g m⁻² día⁻¹). La fórmula empleada es:

$$TCC = \frac{PS2-PS1}{A(t2-t1)}$$

Donde:

PS2 y PS1 representan el peso de la materia seca del cultivo en un tiempo t2 y t1, respectivamente, y A representa el área ocupada por el cultivo.

6.6 Índice de Cosecha (IC).

Como su nombre lo indica, el índice de cosecha, se determina a la cosecha una vez que las plantas han llegado a su madurez fisiológica, y se calcula mediante el planteamiento siguiente:

$$IC = \frac{Rs}{Rb} \times 100$$

Donde:

R_s es el rendimiento de la semilla (peso seco de la semilla) y R_b el rendimiento biológico que se considera como el total de la materia seca de la porción aérea.

El IC se ha considerado como un indicador de la eficiencia de una variedad desde el punto de vista del rendimiento. Es decir, si el interés es la semilla, las plantas que acumulan mayor cantidad de materia seca en la semilla, en relación al total de las estructuras de la planta (biomasa), serán más eficientes. El IC puede expresarse en por ciento o en valores fraccionarios.

Para la medición del AF se utilizó un medidor de área foliar portátil marca L1-COR modelo L1-3000A que realiza las mediciones automáticamente.

6.7 Determinación de peso seco.

Al material colectado, se le separaron cada uno de sus órganos, para secarlos a temperatura constante en cada una de sus etapas de crecimiento, para posteriormente determinar su peso seco, utilizando una balanza granataria.

Medición de fotosintatos.

6.8 Determinación de azúcares reductores.

Para la determinación de carbohidratos se utilizó el método de Nelson-Somogyi, en muestreo se tomaron 10 discos de 8 mm. de diámetro de las hojas. Los discos se depositaron por separado en 5 ml. de etanol al 90% (Butler y Barley, 1973), se mantuvieron en frío y en oscuridad y posteriormente se trasladaron al laboratorio para su posterior determinación.

6.9 Determinación de almidones.

Para la determinación de almidones, se tomaron los residuos de los discos que se utilizaron en la determinación de carbohidratos, se llevaron a cabo por el método de reactivo de Antrona.

VII.-ANÁLISIS DE RESULTADOS

ETAPAS DE CRECIMIENTO

Durante el tiempo en que transcurrió el crecimiento de la planta de maíz, desde su siembra hasta su senescencia, se pudo comprobar una vez más la similitud en cuanto a las etapas de desarrollo que esta planta presenta de acuerdo a los resultados obtenidos por Hanway (1971).

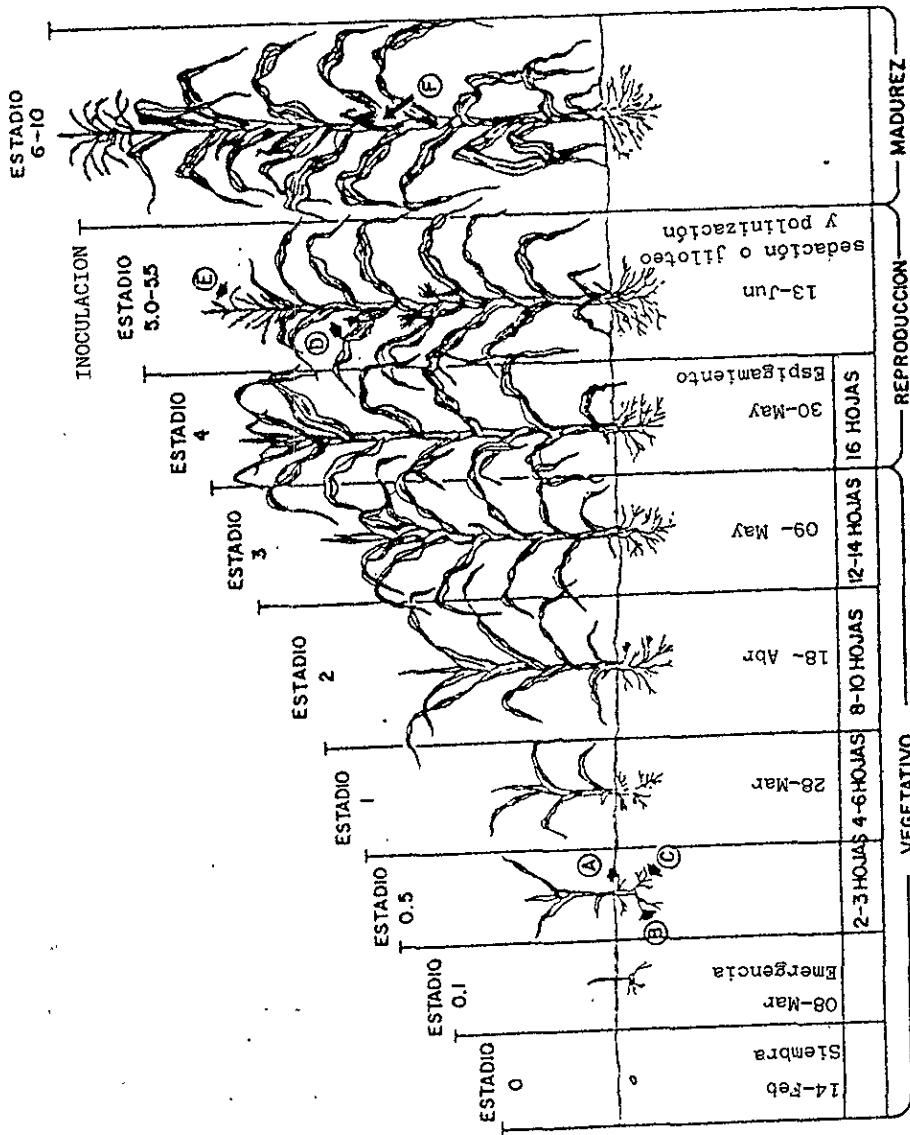
Sólo se observaron pequeñas diferencias y estas se presentaron durante la fase vegetativa que comprende desde la etapa 0.0 hasta la etapa 3.0 y el inicio del espigamiento que corresponde a la etapa N° 4, estas fueron en cuanto a la duración de cada etapa, ya que en el presente trabajo cada etapa duraba una semana más, es decir Hanway reporta 14 días de duración entre cada etapa, mientras aquí la duración entre cada etapa fue de 21 días Fig. 1

A partir de la etapa N° 5 cuando se da el jiloteo o etapa de sedación hasta la maduración de grano que corresponde a la etapa N° 10, el tiempo de duración entre cada etapa fue igual a la reportada por Hanway.

Hay que considerar que Hanway realizó su trabajo bajo condiciones medioambientales distintas, además de una variedad de semilla diferente y llevando un control de nutrientes bajo la acción de fertilizantes, pudiendo agregar que sus plantas crecieron sin ningún factor que pudiera ver afectado el crecimiento de su cultivo. Por otro lado, las plantas que se sembraron en el jardín botánico crecieron bajo condiciones ambientales totalmente naturales, en un suelo al que un año anterior se le agregó abono orgánico de paloma y que solamente se le quitó la maleza durante la etapa 2.0.

PESO SECO

Con respecto a la ganancia de peso seco, este también mantuvo un crecimiento uniforme conforme aumentaba la edad de la planta, los cambios bruscos y realmente visibles se comenzaron a dar a partir de la fase de llenado de grano que corresponde a la etapa 6.0, pudiendo reforzar aún más el calificativo que da Hanway a la planta de maíz llamándola como una de las más eficientes fábricas productora de materia seca.



A = Raíces en el 2do. nudo C = Radícula
 B = Raíces seriales D = Jiloteo
 E = Espiga
 F = Mazorca

Figura 1 . Estadios y modalidad de crecimiento del maíz.
 Ampolla 25-Jun
 Grano lechoso 07-Jul

Lo anterior se aprecia claramente en la ganancia de peso seco que va adquiriendo el elote inmediatamente que esta se comienza a desarrollar, observando resultados similares a los obtenidos por Tanaka y Yamaguchi, existiendo un incremento más rápido en el peso del elote y una disminución en el peso del tallo y de las hojas.

Sugiriendo una vez más que es durante esta fase de llenado del grano, donde existe alguna translocación de sustancias desde los órganos vegetativos hasta los granos, reflejado esto en la ganancia de peso seco del grano y la pequeña disminución en el peso del tallo y de las hojas (gráfica N° 1)

La distribución de peso seco la dividimos en tres partes de la planta, considerando al tallo, a las hojas y al elote (incluyendo a las brácteas),

Se observó además que a partir de la etapa N° 9.0 el elote fue el único que siguió incrementando de peso continuamente, ya que como lo muestra la gráfica N° 1, a partir de esta etapa el peso de las hojas y del tallo disminuyó.

Cabe hacer mención que durante la etapa 2.0, la ganancia de peso seco fue la menor en comparación con las demás etapas, pudiendo argumentar que fue durante esta etapa donde se encontró la mayor incidencia de maleza y muy probablemente estas competían con las plantas de maíz en la captación de nutrientes. (fue al final de esta etapa donde se retiró totalmente la maleza que creció dentro del cultivo).

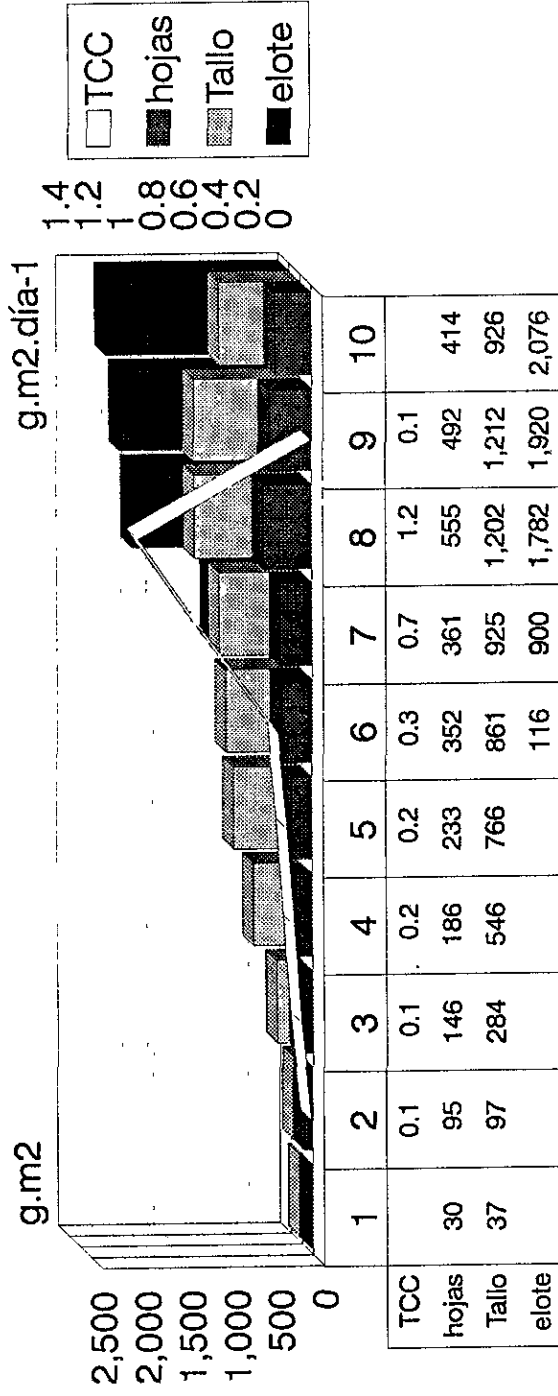
Los valores máximos de la velocidad de producción de materia seca entre cada etapa se encontraron durante la fase de llenado de grano, es decir a partir de la etapa N° 6 a la etapa N° 8, mostrándonos que la Tasa de Crecimiento de Cultivo del maíz durante este periodo es donde se da la mayor parte de la producción de materia seca de esta planta, tal y como lo muestra el patrón de crecimiento de esta planta en condiciones favorables.

INDICES DE CRECIMIENTO

De los resultados obtenidos, la planta de maíz presentó una Tasa de Asimilación Neta, así como una Tasa de Crecimiento Absoluto aceptables, reflejado en la presencia de un follaje eficiente en la producción de materia seca, observándose mejor durante la fase de llenado de grano con la ganancia de peso seco entre cada etapa (gráfica N° 2), obviamente dependiendo directamente de un alto valor en el tamaño de su Índice de Área Foliar que se expresó en su totalidad desde la fase reproductiva o de floración, hasta la fase de llenado de grano con valores que iban desde 3.3 a 4.1 m² de área foliar por m² de área sembrada (gráfica N° 3).

análisis de crecimiento del maíz

Distribución de Peso Seco y Tasa de Crecimiento de Cultivo

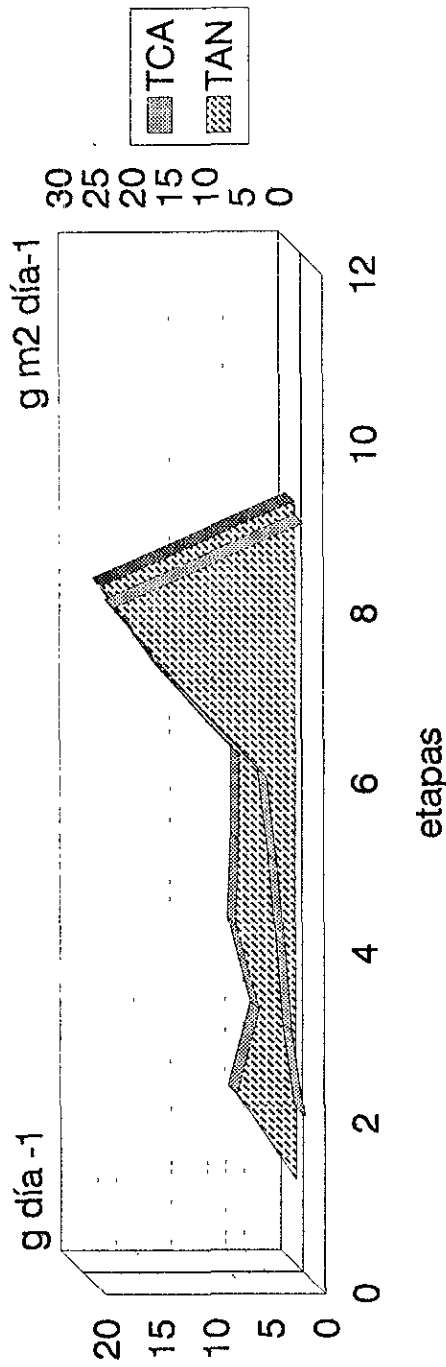


etapas de crecimiento

Gráfica 1.- Distribución de peso seco de las diferentes partes de la planta por etapas, donde se observa una ganancia significativa del elote durante la fase de llenado de grano y una disminución de su peso seco en el tallo y en las hojas, en esta fase se presentan también los valores máximos de su TCC. Los valores se obtienen de 6 plantas por etapa.

análisis de crecimiento del maíz

Tasa de Crecimiento Absoluto y Tasa de Asimilación Neta

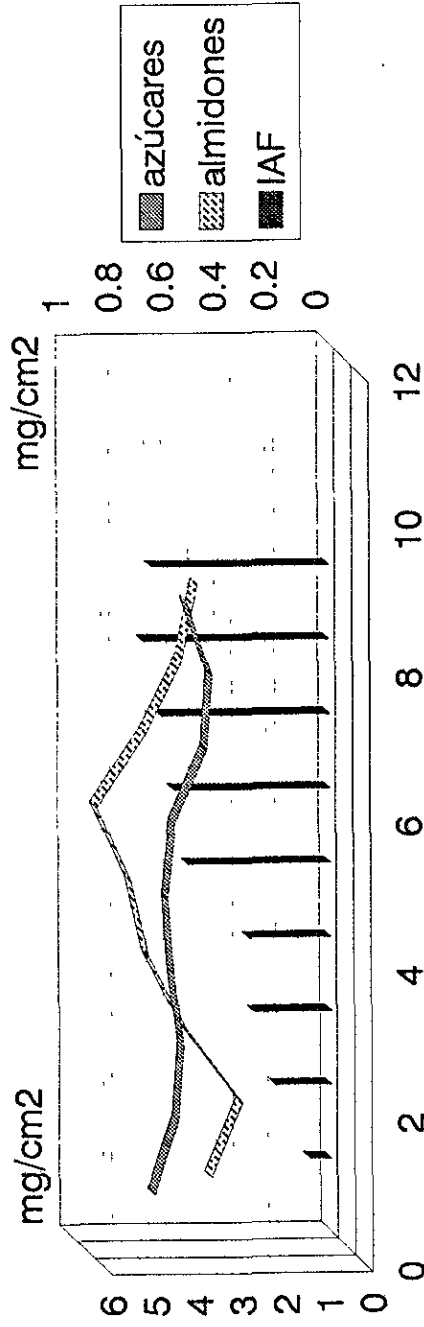


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TCA		1.2	2.3	2.9	3.7	4.6	11.9	18.5	1.3	
TAN		7.9	4.9	8	7.6	7.6	18.1	26.4		

Gráfica 2.- Eficiencia del follaje de la planta de maíz en la producción de peso seco dado por su TAN, así como su incremento en peso seco por unidad de tiempo, reflejado en su TCA. Ambos se manifiestan mejor durante la fase de llenado de grano. Los valores se obtienen de 6 plantas por etapa

análisis de crecimiento del maíz

Concentración de Azúcares y Almidones e IAF



etapas de crecimiento

	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	
azúcares	0.8		0.7	0.7		0.7		0.8		0.7		0.6		0.6		0.6		0.7		
almidones	3.2		2.5	3.8		4.6		5		5.8		4.7		3.8		3.8		3.5		
IAF	0.5		1.3	1.8		1.9		3.3		3.6		3.9		4.3		4.3		4.1		

Gráfica 3.- Durante la fase de llenado de grano la concentración de estos fotosintatos disminuyeron mostrando una translocación mayor le estos, desde la fuente hasta la demanda, observando que durante esta fase es cuando se dan los valores máximos de se IAF. Los valores e obtienen de 6 plantas por etapa

Por lo anterior podemos confirmar la importancia de las hojas como la principal fuente de aportación de fotosintatos hacia el grano como principal demanda. Cabe hacer mención que los términos fuente y demanda se usan para señalar la dirección del flujo de fotosintatos entre ciertos órganos, dirección que depende de la fase de desarrollo, en general, la fuente corresponde a los órganos de suministro en este caso las hojas, y la demanda a los órganos de recepción que corresponde a los granos.

Se aclara que la medición del IAF así como la determinación de azúcares y almidones se realizaron hasta la etapa N° 9.0 ya que a partir de esta fecha las hojas comenzaron a presentar un marchitamiento bastante significativo.

Por otra parte podemos agregar que la planta de maíz es una variedad con un alto rendimiento en la producción de grano, o bien con un Índice de Cosecha muy aceptable, basándonos en la gran cantidad de materia seca destinada a su producción (gráfica N° 4),

De tal manera que, tal y como lo indican Daie (1985) y Adams (1982), citado por Mendoza (1993), que el rendimiento económico de los cultivos dependerá de: a) tamaño y actividad de la fuente que involucran el área foliar, la eficiencia fotosintética y la participación química de carbohidratos, b) tamaño y actividad de la demanda constituida por el número de demandas, tamaño, posición y etapa de desarrollo, tasa de crecimiento, disponibilidad de energía metabólica y sacarosa y c) tamaño y eficiencia del transporte que implica la carga, el flujo y la descarga del floema. Características con las que cuenta esta planta.

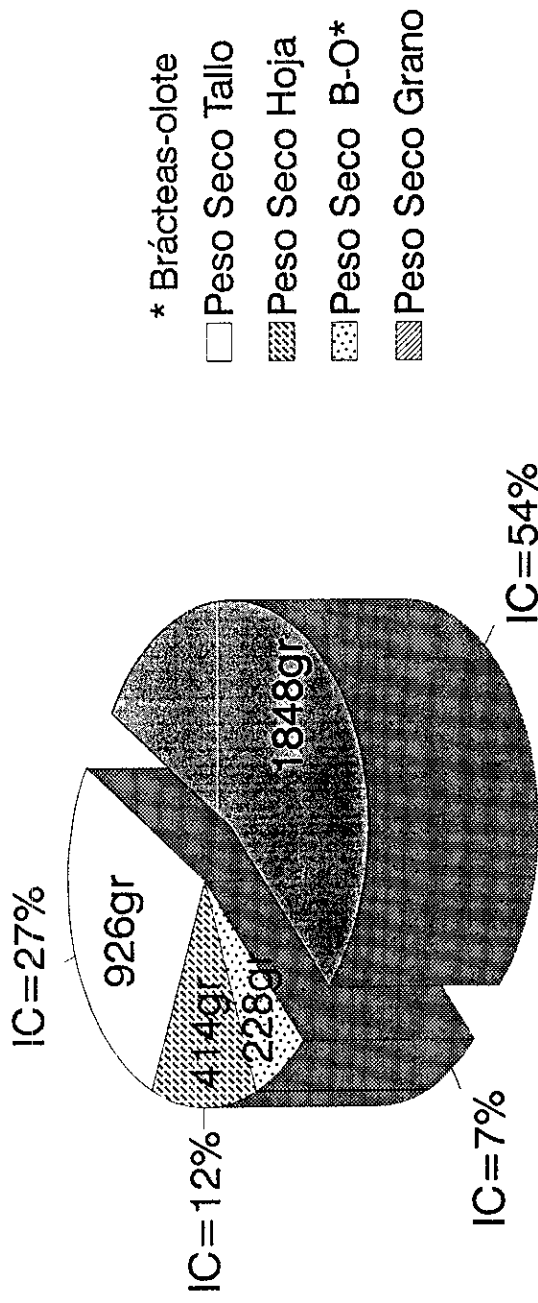
ETAPA INFECCIOSA

De las plantas que se inocularon artificialmente, sólo el 75% se lograron infectar, y esta se manifestó durante la etapa N° 8, otros autores como Leal (1996) logró infectar artificialmente sólo el 20% con las variedades de maíz H-22 y Blanco Alemán, o bien Orona (1995), obtiene una severidad de infección para la raza Chalqueño del 9.65%.

De acuerdo a estos resultados podemos sugerir que los azúcares son uno de los factores más importantes para el desarrollo del cuitlacoche, ya que durante esta etapa es donde se encuentra la mayor demanda y translocación de estos fotosintatos, aunque cabe recordar que este hongo puede aparecer en cualquier etapa de crecimiento o infectar también las demás partes aéreas de la planta, siempre existirán concentraciones de azúcares suficientes para que el hongo se llegue a manifestar.

análisis de crecimiento del maíz

Indice de Cosecha



Gráfica 4.- La planta de maíz muestra que es una variedad con un alto rendimiento en la producción de grano reflejado por su IC, basado en la gran cantidad de peso seco destinado a su producción. Los valores se obtienen de 6 plantas de a etapa n° 10.

Lo anterior lo podemos apoyar con lo que algunos autores lo afirman, tales como Paredes(1993), Valverde (1993) y Pataky (1991), estos dos últimos citados por Leal (1996), donde mencionan que los maíces más susceptibles son los maíces dulces e inclusive pueden ser buenos productores de cuiflacoche.

Se dice que para formar el micelio con capacidad patogénica, se requiere de la fusión de dos hifas genéticamente diferentes (Christensen, 1963, Leal, 1996), a las que se les denomina hifas compatibles, por lo tanto si ocurre dicha fusión *U. Maydis* llega a completar su ciclo de vida dentro del hospedero, e inclusive como lo mencionan Bolker y Kahmann (1993), la planta es capaz de producir feromonas sexuales para que se de una respuesta de fusiónamiento entre hifas compatibles.

Se sabe por lo tanto que existen variedades susceptibles y variedades resistentes a la infección, pero realmente no se sabe con exactitud cual es el motivo fisiológico.

Como se menciona anteriormente existen demasiadas contradicciones en cuanto a que factor es el más importante para la producción de cuiflacoche, tales como temperatura, humedad, etapa morfológica, métodos de inoculación, densidad de siembra, (López, 1988, Leal, 1996, Orona, 1995, Paredes , 1993) etc., pero nunca se ha mencionado cual es el que influye directamente.

Debido a esto se tendría que realizar por lo tanto un estudio fisiológico que involucre a detalle las diferentes concentraciones de azúcares presentes en las diferentes variedades de maíz y llegar a confirmar esta relación.

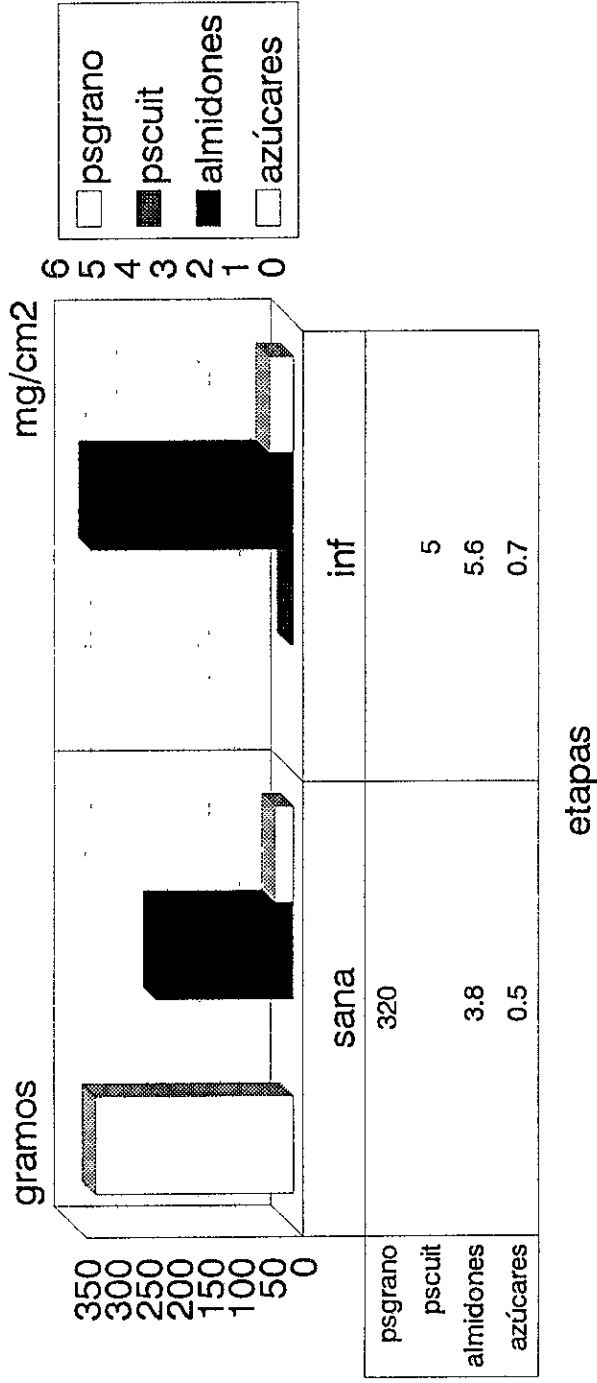
Durante el periodo de infección las plantas presentaron una diferencia significativa en cuanto al peso seco en las mazorcas de plantas sanas y de plantas infectadas, ya que como lo muestra la gráfica N° 5, el peso seco del grano constituía una gran parte del peso seco total de la planta, mientras que el peso seco de las mazorcas infectadas prácticamente no tuvo ganancia alguna.

Por otro lado las plantas infectadas presentaron en sus hojas concentraciones más elevadas de almidones y azúcares, sugiriendo que estas no eran translocadas de la misma manera que se dan en plantas sanas, debido a la ausencia de una real demanda, reflejando la importancia en su habilidad y capacidad que tiene la demanda para el almacenamiento y acumulación de los asimilados que se producen dentro de la fuente y nuevamente una real translocación existente en plantas sanas entre la fuente y la demanda.

Con lo que respecta a la concentración de almidones y de azúcares en plantas sanas, estos disminuyeron durante la fase de llenado de grano, afirmando una vez más

análisis de crecimiento del maíz

etapa infecciosa



Gráfica 5.- Durante la etapa infecciosa el incremento en su peso seco de la mazorca fue mínimo, mientras que las concentraciones de almidones y azúcares fueron superiores a las encontradas en plantas sanas. Los valores se obtienen de 6 plantas de la etapa N° 8 para ambas.

una real translocación de fotosintatos de la fuente hacia la demanda tal y como se observa en la gráfica N° 3.

De acuerdo a lo anterior podemos concluir tal y como lo menciona Mendoza(1993), que el rendimiento del grano puede verse afectado por varios procesos los cuales ya mencionamos anteriormente, pero es una realidad que: a) la disponibilidad de fotosintatos de la fuente, b) la habilidad de la demanda para la acumulación de dichos fotosintatos y c) la translocación de los mismos, son los factores de mayor importancia que podemos reconocer en la determinación el rendimiento final del grano de maíz.

De esta manera podemos afirmar que la utilización de la técnica de Análisis de Crecimiento en estudios de fisiología vegetal es de gran utilidad y confiabilidad pudiéndolo comparar con otro tipo de estudios más complejos, ya que observamos gran similitud en sus resultados como los realizados por Tanaka y Yamaguchi por mencionar algún ejemplo, o bien contribuyendo a una mejor comprensión en las vías bioquímicas involucradas en estas relaciones, además de que el uso de esta técnica no requiere de procesos ni de equipo sofisticado para su aplicación y comprensión.

Otro punto que se considera importante es, cuando se realice cualquier estudio que involucre la fisiología vegetal, estos se deben aplicar con variedades cultivadas bajo condiciones ambientales naturales y sólo para ciertos casos bajo condiciones controladas, ya que generalmente los estudios fisiológicos que se realizan son enfocadas a variedades de importancia económica principalmente, y estas regularmente son cultivadas en ambientes totalmente naturales por lo que existe una total incongruencia en la aplicación de los resultados obtenidos bajo estas condiciones controladas y por lo tanto no son los correctos para estas condiciones.

En cuanto a la eficiencia que presenta el método de inoculación inducida por medio de jeringa hipodérmica, este es realmente eficiente, tal y como lo confirma Christensen (1963), ya que los elotes infectados por esta vía presentaron una infección en su totalidad o al 100%, comparándolos con el grado de infección que presentan los elotes infectados de manera natural, que en la gran mayoría presentan infecciones del elote solamente parciales.

Podemos sugerir que utilizando esta técnica se puede propagar confiablemente la producción de cuillacoche, ya que los últimos años para muchos investigadores (Paredes, Sánchez, Villanueva y Leal) a sido motivo de estudio encontrar una técnica de propagación, debido a que poco a poco se ha ido incrementando el consumo de este hongo el cual es muy apreciado ya que se le considera un manjar y no siempre se le encuentra disponible.

VII.-CONCLUSION

El patrón de crecimiento de la planta de maíz que presenta Hanway fue de gran utilidad para el presente trabajo ya que gracias a el se pudieron detallar los diferentes aspectos morfológicos y fisiológicos que son claves en el desarrollo de la planta.

Gracias a las características físicas con que cuenta esta planta se le considera una buena variedad productora de grano, así como la importancia que tienen las hojas como la principal fuente de aportación de fotosintatos hacia el grano como factor demandante y la habilidad de este para la acumulación de dichos fotosintatos

Podemos agregar que la fase de llenado de grano es donde se da la máxima actividad de la planta, reflejado en los índices de crecimiento que se determinaron.

Algunos autores ya mencionados anteriormente, afirman que los maíces dulces son los más susceptibles al ataque de *M. Maydis*, sugiriendo que los azúcares son uno de los factores más importantes para el desarrollo del hongo ya que la mayor incidencia de cuillacoche se manifiesta justo en la etapa en que la demanda y translocación de estos se eleva, se recomienda por lo tanto estudios más a fondo donde se involucren estos fotosintatos.

Respecto a la técnica de análisis de crecimiento esta es de gran utilidad para poder interpretar y describir el crecimiento vegetal, así como la eficiencia neta de su aparato asimilatorio y la producción de materia seca, obviamente esta técnica no nos va a resolver dudas en las vías bioquímicas involucradas en estas relaciones pero si nos ayuda a tener una mejor comprensión de ellas.

En cuanto al método de inoculación inducida por medio de jeringa hipodérmica, esta a sido la más utilizada y la que mejores resultados a obtenido para la propagación de cuillacoche y se puede recomendar para propagar confiablemente la producción de cuillacoche.

VIII.-BIBLIOGRAFIA

- Agrios, G. N. 1989. Fitopatología. Limusa México. P 756.
- Aldrich, S. R. and Leng, E. R. 1966. Modern corn production. F. W. Publishing Corp. U.S.A.
- Arias, P. S. 1987. Monografía del maíz. E.N.E.P. Aragón, U.N.A.M. México. pp 45-48.
- Auge, R. y Beauchesne, G. 1986. Cultivo in vitro. Científica. México. p 82.
- Bartolini, R. 1990. El maíz. Ediciones Mundi-Prensa. España.p 9.
- Berger, J. 1962. Maize production and the manuring of maize. Centre D'Estude de L'Azote 5 Geneva. Suiza.
- Bolker, M and Kahmann, R. 1993. Sexual pheromones and mating responses in fungi. The plant cell. 5: 1461-1469. Germany.
- Bidwell, R. G. S. 1979. Fisiología Vegetal. AGT Editor. México.
- Coombs, J. 1980. Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. Futura.México. pp 17-20.
- Christensen, J. J. 1963. Corn smut caused by *Ustilago maydis* . Mon. 2. American Phytopathological Society. U.S.A.
- Demoson, A. 1975. Crecimiento de vegetales cultivados. Instituto Cubano del libro. La habana, Cuba. pp 46-49.
- Díaz, M. A. 1982. Los libros del maíz origen tradición y leyendas. Arbol Editorial. México.

Dold,C.1998. La guerra del maíz. Discover :46-51. México.

Eagles, H. A. and Lothrop J. E. 1994. Highland maize from central México-Its origin, characteristics, and use in breeding programs. Crop science. 34:11-19.

Escalante, E. J. y Kohashi, S. J. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Colegio de Postgraduados, Montecillos. México.

García, S. P. 1994. El manejo del cultivo de la papa en el ejido El Llano, Sta. Cruz Pueblo Nuevo, Edo.de México, y sus consecuencias en el crecimiento y la productividad. Tesis de licenciatura en Biología. U.N.A.M. E.N.E.P. Iztacala. México.

Hanway, J. 1971. How a corn plant develops. Iowa State University. 48:1-17. U.S.A.

Herrera, T. y Ulloa, M. 1990. El reino de los hongos. Fondo de Cultura Económica. México.

Hirschhorn, E. y Hirschhorn, J. 1935. Los carbones del maíz en la Argentina. Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Agronomía. Argentina. p 31.

Jugrheimer, R. 1959. Maíz. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. Italia. pp 31-36.

Jugrheimer, R. 1985. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla Limusa. México. pp 51-71.

Leal, Ch. M. A. 1996. Evaluación de metodologías para la inducción artificial de Huitlacoche. Tesis de Maestría en Cinecias en Producción Agrícola. Universidad Autonoma de Nuevo León. México.

López, A. G. 1984. Manejo de hongos fitopatógenos. Universidad Autonoma de Chapingo. México.

López, A. G. 1988. Factores que determinan el desarrollo de Ustilago maydis. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillos. México.

ESTADÍSTICAS
DE LA
AGRICULTURA
Y LA
PECUARIO

Llanos, C. M. 1984. El maíz Edición Mundi-Prensa. España. pp 63-77.

Mangelsdorf, P. C. 1974. Corn Its Origen Evolution and Improvement. Harvard University Press. U.S.A.

Martínez C. D. y A. Larqué S. 1990. Biotecnología en la producción de hongos comestibles. Ciencia y Desarrollo. 95: 53-64. México.

Martínez, M. 1959. Plantas útiles de la flora mexicana. Ediciones botas. México.

Mendoza, C. M. C. 1993. Algunos factores fisiológicos y anatómicos que afectan las relaciones fuente demanda en maíz. Tesis de doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillos. México.

Montes, B. R. 1992. Identificación de hongos fitopatógenos. I.P.N. México. pp 138-146.

Moseman, A. H. 1995. Corn. Microsoft Encarta Encyclopedia. U.S.A.

Olmedo, V. G. 1958. Investigaciones tecnológicas sobre la calidad en semillas de maíz. Comisión Nacional del Maíz. México. pp 7-12.

Orona, M. A. 1995. Reacción de variedades de maíz representativas de 5 razas mexicanas al ataque de Huillacoche. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Ortega, A., De León, C., Granados, G. Y Vasal, S. 1977. Maíz de alta calidad proteínica. Limusa. México.

Pacioni, G. 1982. Guía de hongos. Grijalbo. España.

Paredes, L. O. 1993. Pasado presente y futuro de la biotecnología azteca. Ciencia y Desarrollo. 11: 35- 54. México.

Parsons, D. B. 1988. Maíz. Trillas. México. pp 12-37.

Reyes, C. P. 1990. El maíz y su cultivo. AGT Editor. México. pp 277-285.

Romero, P. G. y Calderón, A. R. 1980. El cultivo de maíz en México. Centro de Investigaciones Agrarias, Edición del 25º aniversario. México.

Romero, P. J. 1994. El maíz su tecnología y problemática en el sureste de Tierra Caliente, Michoacán. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp 22-25.

Sánchez, V. J. E. 1997. Avances en el cultivo de hongos comestibles en México. Memoria del VI Congreso Nacional de Micología. Chiapas, México.

Shurtleff, M. C. 1986. Compendium of corn diseases. The American Phytopathological Society. U.S.A. pp 38-40.

Tanaka, A. y Yamaguchi. 1977. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano en maíz. Colegio de Postgraduados, Montecillos. México.

Torres, N. W. 1984. Análisis de crecimiento de las plantas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Cuba. pp 1-13.

Villanueva, V. C. 1997. El cultivo de cuitlacoche *Ustilago maydis*: avances y perspectivas. Memoria del VI Congreso Nacional de Micología. Chiapas, México.

Ville, C. A. 1984. Biología. Nueva Editorial Interamericana. México.

Ulloa, M. y Hanlín, R. 1978. Atlas de micología básica. Ed. Concepto. México.

Walker, Ch. J. 1973. Patología vegetal. Omega. España.