



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN



V N A M

*“Reducción del rendimiento por defoliación
simulada de granizo en el cultivo de maíz”.*

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA

P R E S E N T A:

ALFREDO VILLANUEVA SÁNCHEZ

Asesor: M.C. MARGARITA TADEO ROBLEDO

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.

199

7

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.



INSTITUTO NACIONAL
DE ESTUDIOS SUPERIORES
Y PROFESIONALES
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

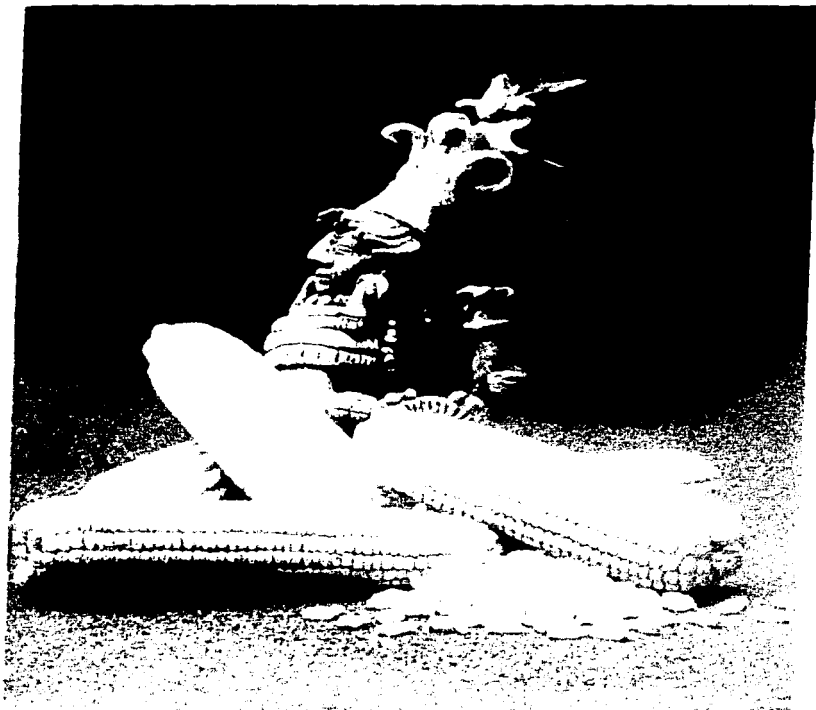
Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:
"Requisición del procedimiento por deficiencia académica de examen de elab. de la
de raíz".

que presenta el pasante: Alfonso Villanueva y Villanueva
con número de cuenta: 80020001 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Agrónomo.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlan Izcalli, Edo. de Mex., a 05 de Agosto de 1993

PRESIDENTE	<u>Ing. Rafael Rodríguez Ceballos</u>	
VOCAL	<u>Ing. G. Margarita Torres Rodríguez</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. G. Juan Diego Jasso</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Javier Carrillo Salazar</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Juan José Martínez</u>	



"Somos gente de maíz"

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y a la carrera de Ingeniería Agrícola por enseñarme a comprender y querer el campo.

A la Décima Generación de Ingenieros Agrícolas, donde quiera que se encuentren.

A la M.C. Margarita Tadeo Robledo, por su apoyo y ejemplo de responsabilidad y decisión para hacer las cosas.

Al Ing. Andrés de Jesús Arbona por confiar en mí y darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente, sus enseñanzas y consejos han sido invaluable.

A los miembros del Jurado:

Dr. Aquiles Carballo Carballo
M.C. Margarita Tadeo Robledo
M.C. Juan Virgen Vargas
Ing. Javier Carrillo Salazar
Ing. Francisco Javier Vega Martínez

Por sus observaciones y valiosas sugerencias para la realización de este trabajo.

Quiero agradecer en forma muy especial a la Ing. Herminia Rojo N. por su apoyo y enseñanzas, pero sobre todo por brindarme su amistad.

A mis amigos y hermanos que me han apoyado siempre y sin los cuales no hubiera podido finalizar este trabajo:

Lolita Ortega

Yolanda Morales

Laura Borja

Herminia Rojo

Ma. Luisa Iturbe

Angel Piña

Rafael Martínez

José C. Sánchez

Alfredo García

Felipe Solares

Alejandro T. Villanueva

Fernando Villanueva

Armando Villanueva

Carlos Puga

Siempre podrán contar conmigo.

DEDICATORIAS

*A quién me dió la vida
y me ha entregado su vida misma,
porque estoy seguro que no existe
amor más grande que el tuyo.
¡Gracias mamita!*

*Por enseñarme que el trabajo y la
responsabilidad forjan a los hombres
y ser pilar en mi formación. A mi
padre: Edmundo Villanueva Kramsky*

*A mis hermanos: Eddy, Armando, Soco, Fernando, Jorge Alberto y Alex,
nunca se les olvide cuanto los quiero.*

A mis sobrinas y ahijadas Sandy y Adriana.

*A mis tíos: Luz María, Yolanda, Alicia y Ricardo, con todo cariño.
Gracias por haber estado siempre.*

*A mis abuelos Demetrio(+), Ricardo(+) y mi abuelita Daría, por no
abandonarnos nunca.*

*A la familia Ortega Larios, por ser para mí un ejemplo de unión y de
amor sincero.*

Y especialmente a tí lolita, por ser el motivo y la razón de mi existir.

CONTENIDO

	Pág.
i. INDICE DE CUADROS	
ii INDICE DE FIGURAS	
iii RESUMEN	
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivos	4
1.2 Hipótesis	4
II. REVISION DE LITERATURA	5
2.1. Siniestro	5
2.1.1 Definición	5
2.2. Granizo	6
2.2.1. Definición	6
2.2.2. Manifestación del daño	8
2.3. Eficiencia, distribución y contribución del dosel foliar al rendimiento	12
2.4. Defoliación en maíz	18
2.5. Procedimientos generales para la evaluación de daños por granizo.....	26

III. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1. Localización	35
3.2. Condiciones ambientales	35
3.3. Condiciones edáficas	35
3.4. Material genético	36
3.5. Tratamientos	36
3.6. Diseño experimental	39
3.6.1. Análisis estadístico	39
3.7. Manejo agronómico	40
3.7.1. Siembra	40
3.7.2. Riegos	40
3.7.3. Control de maleza	40
3.7.4. Control de plagas	40
3.7.5. Fertilización	40
3.7.6. Cosecha	41
3.8. Ajuste de daños	41
3.9. Variables evaluadas	41
- Altura de planta	41
- Altura de mazorca	42
- Longitud de mazorca	42
- Diámetro de mazorca	42
- Diámetro de olote	42
- Número de hileras/mazorca	42
- Número de granos/hilera	42
- Porcentaje de materia seca	42
- Porcentaje de grano	42
- Peso de 200 granos	43

- <i>Peso de hoja</i>	43
- <i>Rendimiento</i>	43
<i>IV. RESULTADOS</i>	45
4.1. <i>Análisis de varianza</i>	45
4.2. <i>Prueba de comparación de medias</i>	46
4.2.1. <i>Defoliación</i>	46
4.2.2. <i>Fenología</i>	49
4.2.3. <i>Interacción defoliación x Fenología</i>	51
4.3. <i>Evaluación de pérdidas</i>	57
<i>V. DISCUSION</i>	63
<i>VI. CONCLUSIONES</i>	68
<i>VII. BIBLIOGRAFIA</i>	69

INDICE DE CUADROS

	Pág.
<i>Cuadro 1. Descripción de tratamientos y fechas de aplicación para la evaluación de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz.</i>	38
<i>Cuadro 2. Cuadrados medios, significancia estadística y coeficientes de variación de las variables evaluadas en la reducción del rendimiento por defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993</i>	46
<i>Cuadro 3. Comparación de medias para diferentes variables en los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993.</i>	47
<i>Cuadro 4. Comparación de medias para diferentes variables en las distintas etapas fenológicas evaluadas en los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993.</i>	50

<i>Cuadro 5.</i>	<i>Prueba de comparación de medias para la variable longitud de mazorca en los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993</i>	<i>52</i>
<i>Cuadro 6.</i>	<i>Prueba de comparación de medias para la variable diámetro de mazorca en los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993</i>	<i>54</i>
<i>Cuadro 7.</i>	<i>Prueba de comparación de medias para la variable granos por hilera en los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993</i>	<i>55</i>
<i>Cuadro 8.</i>	<i>Porcentajes de defoliación estimados, valores de t de la muestra, valores de t tabulados y nivel de significancia para los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993</i>	<i>58</i>
<i>Cuadro 9.</i>	<i>Porcentajes de pérdida en rendimiento estimados, valores de t de la muestra, valores de t tabulados y nivel de significancia para los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993</i>	<i>60</i>

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1. Representación del daño por granizo, planta de maíz en 12ava. hoja (Agro International, 1994)</i>	10
<i>Figura 2. Superficie foliar expuesta por etapa de desarrollo para el cultivo de maíz (Agro International, 1994)</i>	16
<i>Figura 3. Susceptibilidad del cultivo de maíz a los riesgos climatológicos por etapa de desarrollo (Seguros América, 1993)</i>	22
<i>Figura 4. Manifestación promedio de la disminución del rendimiento por etapa fenológica al 100% de defoliación en el cultivo de maíz (Agro International, 1994)</i>	24
<i>Figura 5. Componentes de rendimiento determinantes en la productividad por etapa de desarrollo para el cultivo de maíz (Gallais, 1983)</i>	25
<i>Figura 6. Sistema de identificación de nudos en el cultivo de maíz, vista ampliada de la base del tallo (Agro International, 1994)</i>	29

<i>Figura 7.</i>	<i>Estimación del porcentaje de defoliación, etapa de 9na. hoja al momento del siniestro (Agro International, 1994)</i>	31
<i>Figura 8.</i>	<i>Comparación de métodos de evaluación de pérdidas en rendimiento, para diferentes porcentajes de defoliación en el cultivo de maíz (Agro International, 1994; Lafitte, 1994)</i>	34
<i>Figura 9.</i>	<i>Representación de tratamientos de defoliación simulada por granizo, aplicados sobre el híbrido de maíz H-149 en tres diferentes etapas fenológicas</i>	37
<i>Figura 10.</i>	<i>Comparación de medias de altura de planta y altura de mazorca en los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993.</i>	56

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de comparar los porcentajes de pérdida real por granizo en el cultivo de maíz, con los calculados utilizando la metodología de evaluación de daños empleada por las aseguradoras privadas, la cual estima el potencial de pérdida con base en porcentajes de defoliación por etapa fenológica.

Los objetivos de la investigación fueron determinar si el daño de rasgado en diferentes etapas fenológicas provoca pérdidas significativas en el rendimiento de maíz, y determinar si las metodologías de cálculo de pérdidas en rendimiento de grano predicen con confiabilidad aceptable la disminución del potencial productivo resultante de los daños por defoliación a causa del granizo.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, aplicándose tres niveles de defoliación en tres diferentes etapas fenológicas, más un testigo. El arreglo factorial constó de 12 tratamientos diferentes. El material utilizado fue el híbrido de maíz 3H-149.

La tendencia general de los resultados indica, en concordancia con los métodos generales de evaluación de daños, que las etapas reproductivas son las de mayor sensibilidad al daño por defoliación, seguidas de las etapas de llenado de grano. Las variables directamente afectadas a causa del daño por defoliación y causantes de las variaciones en rendimiento fueron: longitud de mazorca, diámetro de mazorca y granos por hileras.

Se corroboró además, que el daño de rasgado no produce pérdidas significativas en el cultivo de maíz en ninguna etapa fenológica.

En general la metodología de ajuste de daños tuvo un margen de confiabilidad medianamente aceptable para la predicción de porcentajes de pérdida en el presente experimento.

I. INTRODUCCION

La producción de alimentos a nivel nacional se realiza generalmente a cielo abierto, por lo que los cultivos se encuentran expuestos en forma normal a la acción de fenómenos naturales de toda índole que llegan a provocar modificaciones físicas sobre la estructura y la fisiología de las plantas.

El daño directo que estos fenómenos provocan en las plantas suele manifestarse de la siguiente manera: rotura y/o mutilación de hojas, ya que son las estructuras más expuestas al medio ambiente en forma directa, rotura de tallos y golpes sobre frutos y tallos, situaciones que se sintetizan en forma manifiesta como: muerte de tejido celular.

Estas reducciones en la estructura vegetal repercuten directamente en la formación de mazorca y en la producción de materia seca en el caso de maíz, ocasionando una pérdida en el potencial productivo de la planta.

Se ha determinado que existe una muy alta correlación entre la cantidad de área foliar del cultivo y su producción de materia seca, lo que permite inferir de manera indirecta la reducción en rendimiento, con base en el porcentaje de defoliación y la etapa fenológica en que ésta se presente. De esta forma se han establecido valores que determinan los porcentajes de disminución del potencial de rendimiento de grano basados en el área foliar destruida, para cada una de las diferentes

etapas fenológicas del cultivo de maíz.

La aplicación práctica de estos valores se lleva a cabo cuando a través de ellos se estima la pérdida que ha tenido un cultivo por causa de uno o varios riesgos climáticos.

Algunas empresas aseguradoras se basan en este esquema de determinación de pérdidas, con el fin de estimar la disminución en rendimiento de grano que se tiene en un cultivo a causa de algún riesgo asegurado.

En México se ha venido aplicando esta metodología para la evaluación de siniestros desde 1990, sin embargo, su utilización a nivel nacional ha dejado algunas inquietudes que pueden ser resumidas en los siguientes puntos:

- *Todas las evaluaciones se hacen bajo la consideración de que las plantas ejercen al 100 % su potencial productivo y que la pérdida de tejido vegetal es causa única de la disminución de dicho potencial, sin considerar problemas que en México son comunes, tales como: deficiencias o excesos de humedad y/o nutrientes, incidencia de plagas y enfermedades.*
- *Las evaluaciones se consideran bajo el parámetro de un manejo tecnológico óptimo para el cultivo, el cual no siempre existe.*
- *Las variedades que se utilizan en algunas zonas de México, frecuentemente desarrollan cutículas delgadas que ocasionan que la susceptibilidad a la rotura de*

tejidos por exposición al granizo sea diferente a las variedades que se utilizan en otros países.

Este trabajo pretende ser una experiencia que inicie el proceso de validación de la metodología empleada para la evaluación de la disminución del potencial productivo, ocasionada por la pérdida de la estructura vegetal de la planta de maíz.

1.1. Objetivos.

- 1) *Determinar si el rasgado de hojas (sin mutilación de área foliar) en diferentes etapas fenológicas, provoca pérdidas significativas del rendimiento de grano en el cultivo de maíz.*
- 2) *Evaluar el efecto de tres porcentajes de defoliación en tres diferentes etapas fenológicas del cultivo, sobre el rendimiento.*
- 3) *Comparar los diferentes porcentajes de pérdida obtenidos, con los calculados utilizando la metodología de evaluación de pérdidas de las compañías aseguradoras.*

1.2. Hipótesis.

- 1) *El daño de rasgado de hojas en la planta de maíz en ninguna etapa fenológica produce pérdidas significativas en el rendimiento de grano.*
- 2) *La metodología de cálculo de pérdidas en rendimiento, predice con alta confiabilidad la disminución del potencial productivo resultante de defoliaciones provocadas por granizo en el cultivo de maíz.*

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Siniestro

2.1.1. Definición.

En la agricultura se considera un siniestro como el factor o factores que causan pérdidas parciales o totales de los cultivos. Dichos factores pueden ser ambientales o causados por el hombre al no manejar en forma adecuada alguno o algunos de los componentes del sistema de producción. (Rubio, 1989)

Los siniestros parciales son aquellos en los que la pérdida del cultivo permite recuperaciones totales o parciales del rendimiento. (*Op cit.*)

Después de la incidencia de algún siniestro parcial es imprescindible proporcionar al

cultivo alternativas de manejo encaminadas a atenuar las pérdidas, tales como: aplicación de fitohormonas, fertilizantes foliares, etc. Algunos siniestros, como el granizo, producen heridas propicias para la entrada de agentes fitopatógenos, por lo que también es recomendable determinar la incidencia de plagas o enfermedades en días posteriores al siniestro, a fin de aplicar en caso necesario, el tratamiento requerido con oportunidad. (Seguros América, 1993)

Por otra parte, los siniestros totales son aquellos en los que por causa del fenómeno se tiene un rendimiento nulo. Tales siniestros son considerados como de naturaleza catastrófica, ya que pueden llegar a eliminar por completo el campo de cultivo. (Rubio, 1989)

2.2. Granizo

La mayoría de siniestros agrícolas son de tipo ambiental y de naturaleza incontrolable, catastrófica y cíclica, lo que hace de la agricultura una de las actividades económicas de más alto índice de incertidumbre. (Seguros América, 1993)

En el caso específico del granizo, este es considerado como un riesgo capaz de provocar siniestros de diferentes magnitudes, ya que sus intensidades son muy variadas, además de que las épocas de incidencia sobre los cultivos difieren en susceptibilidad hacia el daño. Al igual que la mayoría de los riesgos, el granizo presenta un comportamiento cíclico, con variaciones anuales en la manifestación del daño. (Op cit.)

2.2.1. Definición.

Se denomina hidrometeoro a todo fenómeno meteorológico compuesto por agua, uno de los más importantes lo constituye la precipitación, considerada como la caída de agua en forma líquida o sólida. Los tipos de precipitación líquida son: lluvia, llovizna y lluvia helada, mientras que los tipos de precipitación congelada son: nieve, aguaniete y granizo. (Ayllon y Gutiérrez, 1983)

El granizo se encuentra frecuentemente constituido por un núcleo central de hielo esponjoso y una gruesa envoltura, compuesta por capas alternas de hielo transparente y hielo opaco, con una forma más o menos esférica, y en ocasiones con diversas formas irregulares;

su diámetro oscila entre 0.5 a 2.0 cm. Excepcionalmente pueden adquirir dimensiones extraordinarias llegando a pesar, a veces, más de 600 gramos cada granizo. (Torres, 1984)

Es importante señalar que este tipo de hidrometeoro tiene la particularidad de que al caer generalmente no se rompe, no moja y se acumula, características que le confieren una naturaleza nociva cuando incide sobre los cultivos. (Ayllon y Gutiérrez, 1983)

Para el caso específico de seguros en México, el granizo se considera como: "La acción de la precipitación atmosférica de agua en estado sólido". (Seguros América, 1993)

El granizo se origina dentro de nubes cumulonimbus de tormenta, de gran desarrollo

vertical (desde 2,000 hasta 4,000 metros), que presentan poderosas corrientes ascendentes de aire húmedo, un contenido elevado de agua líquida, gotas de grandes dimensiones y en cuya parte superior la temperatura es inferior a cero grados. A pesar de que se produce frecuentemente durante las tormentas, las granizadas no ocupan sino una pequeña parte de éstas por lo que un espectador en el suelo puede no observarlas, además de que al caer, debe atravesar varios kilómetros de aire, cuya temperatura es superior a 0° C, por lo que los pedriscos pueden entonces fundirse antes de llegar al suelo. (Lowry, 1975)

El granizo se registra preferentemente, en las latitudes medias entre 20° y 55° aproximadamente. Las regiones circumpolares no son favorables

a la formación de granizo porque allí raramente se forman poderosas corrientes ascendentes. (Torres, 1984)

En las proximidades de la franja ecuatorial tampoco se registran granizadas, a pesar de que haya corrientes verticales y cumulonimbus de tormenta debido a que en la parte superior de la nube, la temperatura está sobre cero grados y esto imposibilita la formación del granizo. Esto último, respecto a las regiones tropicales es válido para localidades con bajas altitudes, pues, en caso contrario, cuando se trata de localidades a gran altura sobre el nivel del mar, como en el caso de los Valles Altos en México, las partes superiores de los cumulonimbus registrarán temperaturas inferiores a cero grados y las granizadas pueden ocurrir frecuentemente. (Op cit.)

2.2.2. *Manifestación del daño.*

El daño por granizo literalmente puede tirar un cultivo en el campo y arruinarlo por completo. Este daño ocurre repentinamente y poco se puede hacer para prevenirlo. (Seguros América, 1993)

Las empresas aseguradoras en México definen la manifestación general del daño de granizo como: "Caída y desgarramiento parcial o total de hojas, frutos y necrosis". (Op cit.)

En el caso específico del cultivo de maíz la tipificación y evaluación de daños por granizo se establece bajo los siguientes parámetros: (Op cit.)

1. Plantas destruidas: Daño directo a la población

establecida, determinado por la muerte de las plantas, calculando la reducción del potencial productivo del cultivo en su totalidad y de acuerdo a su etapa de desarrollo.

2. Defoliación: Reducción del potencial productivo causado por la falta de área foliar (hojas) en la planta, su cálculo se determina de acuerdo al porcentaje de área foliar perdida con respecto a la etapa fenológica en que se encontraba el cultivo al momento del siniestro y cuyo porcentaje de pérdida se obtiene de las tablas de defoliación contenidas en los manuales de ajuste de daños para maíz.

3. Daños a la mazorca: Daño directo a los órganos reproductivos que provoca: necrosis, muerte celular y granos

chupados con respecto a su desarrollo normal.

Es importante señalar la alta variabilidad de las pérdidas ocasionadas por el fenómeno, ya que pueden ir de rangos del 0% hasta el 100% de pérdida, dependiendo de la etapa fenológica al momento del siniestro y del porcentaje de daño.

Asimismo es necesario considerar que las heridas en las plantas propician el desarrollo de pudriciones fungosas y de bacterias, incrementando la pérdida por putrefacción de tallos y hojas. (Seguros América, 1993)

También es común la aparición de lesiones decoloradas y blanquecinas distribuidas sobre la superficie de las hojas expuestas, producto del impacto

de granizo; éstas son causadas por la ruptura de varias células del mesófilo, aún cuando la epidermis no este rota, el aire que entra por debajo da a la zona golpeada una coloración blanquísima. (Seguros América, 1993)

El daño por granizo se evidencia por las roturas en el área foliar de la planta. Estas pueden ser muy pequeñas o muy grandes, dependiendo de la magnitud del evento (Figura 1).

Figura 1. Representación del daño por granizo, planta de maíz en 12ava. hoja (Agro International, 1994)



Antes del granizo



Después del granizo

Cuando el viento acompaña al granizo, se aumenta el daño debido al ángulo de los golpes de las "piedras". No se aumenta solamente el número de hojas golpeadas sino el factor del ángulo permite que el granizo golpee 2, 3 ó más plantas en un sólo trayecto. (Agro Internacional, 1994)

Se ha comprobado que el granizo acompañado por viento puede causar daños sumamente superiores a los que instigaría el mismo granizo si solo cayera verticalmente. (Op cit.)

Dentro de la manifestación general del daño es necesario considerar que el granizo procede de una dirección particular que es descendente, por lo que queda definida en el campo de cultivo la trayectoria del evento. (Op cit.)

En general se considera que para el cultivo de maíz la etapa de espigamientos es la época más sensible al daño de granizo. Un óptimo rendimiento depende de una adecuada polinización, por lo que en ésta etapa la pérdida de muchas espigas puede resultar en ausencia de polen; y por lo tanto de producción de granos. (Agro Internacional, 1994)

Es en ésta etapa cuando todas las hojas que serán producidas se encuentran expuestas, manifestándose el máximo Índice de Área Foliar (Arellano, 1990) por lo que se tiene el 100% de área de hoja en riesgo. Si se quitaran todas las hojas de la planta en la etapa de espiga, aunque se haya polinizado la mazorca, no habría área foliar suficiente para alimentarla. El resultado final serían granos fertilizados abortados y solamente el jilote como

producción. (Agro International, 1994)

En general, se considera que para el cultivo de maíz las variables de rendimiento directamente afectadas por el daño de granizo son (Op cit.):

- Longitud de mazorca
- Granos por hilera
- Peso de grano
- Peso de Mazorca

A pesar de ser un fenómeno de naturaleza repentina y catastrófica, una particularidad muy importante del granizo, es que este fenómeno jamás se abate en forma simultánea sobre grandes áreas territoriales, sino más bien las granizadas ocurren en forma localizada, sobre pequeñas áreas, en una misma oportunidad. (Seguros América, 1993)

2.3. Eficiencia, distribución y contribución del dosel foliar al rendimiento.

En el cultivo de maíz las hojas aportan más del 70 % de la acumulación de fotosintatos, siendo muy pequeña la proporción del aporte de la vaina foliar y del culmo (Krishnamurthy, 1973; Tanaka y Yamaguchi, 1984) lo que indica la magnitud e importancia de la contribución de la superficie foliar al rendimiento.

La lámina foliar de la planta de maíz se compone de una epidermis superior y una inferior separadas por el mesófilo, que presenta una estructura panicoidal típica de las plantas C4, ésta disposición anatómica le confiere características de eficiencia. (Gutiérrez, 1984)

Debido a que la distancia entre las venas paralelas de los cereales C1 es la mitad o menos que la presentada en las especies C3, la movilización de fotosintatos es más rápida y completa. (Evans y Wardlaw, 1976)

Los mismos autores indican que la velocidad de traslocación de fotosintatos se correlaciona positivamente con la intensidad luminosa y la fotosíntesis foliar, además que la afluencia de nutrientes al grano en formación es mucho más eficiente en cereales C1 que en los del tipo C3.

Duncan (citado por Gutiérrez, 1984) señala que las características que le confieren un dosel eficiente a la planta de maíz son: a) Tiene la ruta fotosintética de alta eficiencia

(C1); b) Utiliza la energía radiante interceptada con alta eficiencia bajo niveles intensos de luz; c) Las hojas están separadas asegurando ventilación dentro del dosel y un mínimo de traslape entre ellas y d) Las hojas están unidas al tallo en ángulos con una exposición favorable a la luz.

Para Gallais (1983) el maíz presenta eficiencia de interceptación, debida a su perfil de densidad de superficie foliar y la arquitectura de su vegetación (inclinación de las hojas, orientación y espaciamiento entre líneas de semillas). Esta misma arquitectura de la planta determina que hojas de diferente nivel tengan una contribución diferencial al llenado de grano.

Para Sánchez y Olivera (1973) ésta contribución relativa por niveles es decreciente, por la

posición que las hojas ocupan en la planta, de arriba hacia abajo y por la disponibilidad de luz aprovechable.

En este mismo sentido, se ha demostrado que las hojas superiores juegan el papel más importante en el llenado de grano. (Sánchez y Olivera, 1973; Haro, 1978; Tanaka y Yamaguchi, 1984; Gutiérrez, 1984; Arellano, 1990)

Sackston (citado por Haro, 1978) menciona que la importancia de las hojas superiores de las plantas, dentro de la determinación del rendimiento en grano, es una función de actividad y eficiencia fisiológica. Las hojas basales son aprovechadas desde la nascencia hasta la floración, siendo las hojas superiores de las plantas las responsables de la máxima

eficiencia y actividad fotosintética.

Tanaka y Yamaguchi (1984) y Arellano (1990) coinciden en que las hojas del estrato superior son las responsables del llenado de la mazorca y que solamente una contribución limitada proviene de los estratos inferiores.

Sánchez y Olivera (1973) determinaron que el análisis de la contribución relativa o potencial fotosintético relativo (PFR) de los niveles superior, medio e inferior de hoja, indica que el PFR fue aproximadamente dos veces mayor para el tercio superior de hojas respecto al tercio medio y cinco veces mayor respecto de las hojas del tercio inferior.

También se ha podido evidenciar que los productos fotosintéticos

de las hojas situadas arriba de la mazorca se traslocan eficientemente a los granos, y la traslocación de los productos de fotosíntesis provenientes de las hojas situadas por debajo de la mazorca disminuyen progresivamente hacia la base de la planta. (Tanaka y Yamaguchi, 1984)

Para la mayoría de los autores, se puede definir el estrato 160-200 cm. de la planta de maíz, como el lugar de producción, mientras el estrato 120-80 cm., donde están localizadas las mazorcas como el sitio de consumo y almacenamiento. (Sánchez y Olivera, 1973; Gallais, 1983; Tanaka y Yamaguchi, 1984)

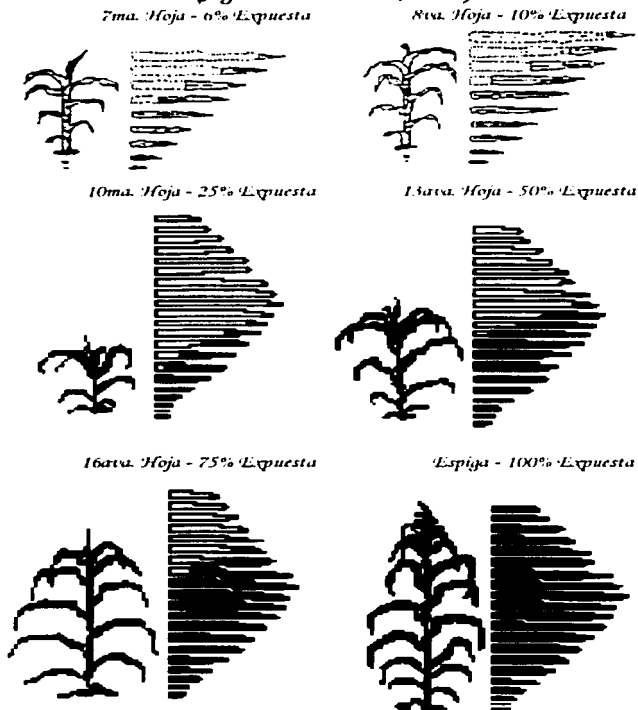
Por otra parte, existen diferencias marcadas entre los

índices foliares de cada una de las hojas, por lo que cada una de ellas representa un porcentaje variable del Área Foliar Total (AFT) de la planta. Esta desproporcionalidad de índices foliares para cada una de las hojas explica en parte su diferencial de contribución al rendimiento final de grano. (Tanaka y Yamaguchi, 1984; Agro International, 1994)

Los siguientes esquemas ejemplifican de manera ilustrativa los diferenciales de área foliar para las hojas en el cultivo de maíz (Figura 2).

Cada etapa de crecimiento (determinada por la emergencia de cada una de las hojas), contribuye con diferente porcentaje del AFT que tendrá

Figura 2. Superficie foliar expuesta por etapa de desarrollo para el cultivo de maíz (Agro Internacional, 1994).



- LAS ZONAS SOMBRÉADAS ESQUEMATIZAN LA SUPERFICIE FOLIAR EXPUESTA POR ETAPA FENOLÓGICA.

la planta de maíz al final del ciclo, por lo que la incidencia de defoliaciones de la misma intensidad, pero en diferentes etapas de crecimiento provocarán pérdidas distintas del potencial de rendimiento, ya que varía el porcentaje de área foliar expuesta al momento del siniestro. (Agro Internacional, 1994)

Siniestros de alta intensidad en etapas tempranas permiten una mayor recuperación del cultivo, ya que al emerger las siguientes hojas, éstas no presentan el daño de defoliación, manteniendo su superficie intacta y óptimas condiciones de funcionamiento. (Op cit.)

Lo anterior evidencia que la susceptibilidad al daño en las etapas vegetativas del maíz, aumenta conforme se desarrolla cada una de las hojas que

conforman el dosel foliar total de la planta; determinándose el punto de mayor riesgo como aquél en que el 100% del área foliar se encuentra expuesta, siendo la etapa de espiga. (Op cit.)

Las variaciones en contribución al rendimiento de las diferentes hojas de la planta también se determinan por el factor de senectud, debido a que disminuye la velocidad fotosintética de las hojas más viejas, situadas en el dosel inferior de la planta. (Krishnamurthy, 1973; Tanaka y Yamaguchi, 1984)

Finalmente, también es necesario considerar que la intercepción de luz por las hojas superiores y el sombreado que producen sobre los niveles más bajos vuelven a éstas más importantes en la producción de

materia seca. (Sánchez y Olvera, 1973; Tanaka y Yamaguchi, 1984)

2.4. Defoliación en maíz.

La defoliación consiste en la eliminación de hojas o fracciones de ellas y se mide en porcentaje de área foliar destruida al momento del siniestro. (Agro International, 1994)

Para el caso específico de evaluación del daño, se considera como área foliar destruida a aquella porción de la hoja completamente removida de la planta. Tejidos verdes restantes en la planta, aún y cuando estén mutilados no son considerados como área foliar destruida. (Op cit.)

Son diversos los factores que pueden causar defoliaciones en el cultivo de maíz, a menudo se

daña la superficie foliar por el ataque de insectos tales como: Araña Roja (Tetranychus spp.); Gusano Soldado (Pseudaletia unipuncta, Haworth) y Pulgón (Rhopalosiphum pad. Lin.), o por la incidencia de agentes de tipo meteorológico: Granizos, Heladas, Vientos o Sequías (Gutiérrez, 1984; Lafitte, 1994). Sin embargo la variabilidad de estos accidentes explica la inconsistencia del fenómeno de defoliación.

El daño al aparato fotosintético de la planta provoca trastornos fisiológicos en el funcionamiento posterior del cultivo, alterando su desarrollo y limitando finalmente la productividad. Esta reducción en rendimiento depende de la cantidad de área foliar removida, del estadio de crecimiento al momento del siniestro y de la posición de las hojas defoliadas. (Hanway,

1969; Krishnamurthy, 1973; Gallais, 1983; Edmeades y Lafitte, 1993)

La eliminación de hojas reduce no solamente la fuente de fotosintatos, sino también los nutrientes que dichas hojas contienen, pudiendo llegar a ser limitantes para el desarrollo del grano. (Tanaka y Yamaguchi, 1984)

La arquitectura del dosel de la planta de maíz determina que se tengan diferentes grados de eficiencia en la intercepción de la energía radiante. Variaciones en la percepción de la luz solar de acuerdo a su posición en el tallo y tamaño de hojas, provocan que los distintos niveles o alturas de hoja en la planta, contribuyan de manera diferencial al llenado de grano, por lo que la distribución del daño también obedece a patrones

de diferencialidad sobre el rendimiento final del grano. (Sánchez y Olivera, 1973; Gallais, 1993)

Arellano (1990) considera que el llenado de mazorca depende de la hoja de la mazorca y de las dos hojas arriba y abajo de ella, por lo que daños sustanciales a estas estructuras disminuyen notablemente el rendimiento. Es importante considerar que estas hojas manifiestan un arreglo espacial óptimo para la captación de luz solar, además de que en conjunto representan aproximadamente el 60 % del área foliar total de la planta (Tanaka y Yamaguchi, 1984), sin embargo, su mayor exposición al medio ambiente les confiere a su vez mayor susceptibilidad a la incidencia del daño de granizo.

Diferentes trabajos experimentales reportan que la supresión de hojas por encima de la mazorca ocasiona un abatimiento drástico del peso de grano (Sánchez y Olivera, 1973; Tanaka y Yamaguchi, 1984), además de una reducción en el tamaño de mazorca (Krishnamurthy, 1973). Mientras que la remoción de las hojas situadas por debajo de la mazorca ocasiona solamente un ligero abatimiento del rendimiento de grano.

Hoyt y Bradfield (citados por Gutiérrez, 1984) mencionan que la producción de materia seca durante el desarrollo del grano con un Índice de Área Foliar de 3.3 para las hojas superiores, medias e inferiores, tuvo una proporción del 55.5%, 30.5% y 14% respectivamente. En tanto que Sánchez y Olivera (1973) señalan que la contribución de

fotoasimilados en la planta de maíz de los niveles foliares superior, medio e inferior fué de 38%, 32% y 30% respectivamente, asimismo reportan que la remoción de la mitad superior o mitad inferior del área foliar redujo el rendimiento en 55% y 20% respectivamente.

Sánchez y Díaz (citados por Cuevas, 1993) mencionan que al eliminar todas las hojas superiores a la mazorca principal, además de la espiga, encontraron reducciones en el contenido de proteína del grano de 0.37 a 0.82%; sin embargo, no se afectó el contenido de P, K, Mg, Ca y S, en el caso del grano.

Las diferentes etapas de desarrollo del cultivo determinan los diferentes porcentajes de

Area Foliar Total, expuesta al momento del siniestro. La mayoría de maíces híbridos cultivados tienen de 19 a 21 hojas en promedio, por lo que las pérdidas de área foliar en distintas etapas de desarrollo repercuten diferencialmente sobre el potencial de rendimiento. (Agro International, 1994)

En general se considera que a partir de la emergencia y hasta el séptimo estadio de hoja (V7) las defoliaciones no reducen significativamente el rendimiento. (Shapiro et al., 1986; Edmeades y Lafitte, 1993; Agro International, 1994)

El máximo Índice de Area Foliar (IAF) ocurre antes de antesis (Arellano, 1990) por lo que es en ésta etapa cuando se expone el 100% del Area Foliar Total y la

susceptibilidad al daño es mayor, además de que en este periodo comienzan los estadios reproductivos, aumentando considerablemente la susceptibilidad del cultivo.

La mayoría de autores coincide en que la etapa de espiga es la etapa más susceptible al daño por granizo, reportándose rendimientos mínimos o nulos, cambios marcados en la composición química del grano, reducción del número de mazorcas, tamaño de mazorca y de grano, no emergencia de estigmas y alta esterilidad. (Culpepper y Magoon, 1930; Krishnamurthy, 1973; Tanaka y Yamaguchi, 1984; Vasilas y Seif, 1985; Shapiro et al., 1986; Agro International, 1994)

Krishnamurthy (1973) clasifica a la hoja de la mazorca y las 4

superiores (las de mayor IAF), como las más importantes y susceptibles en el estadio de espiga.

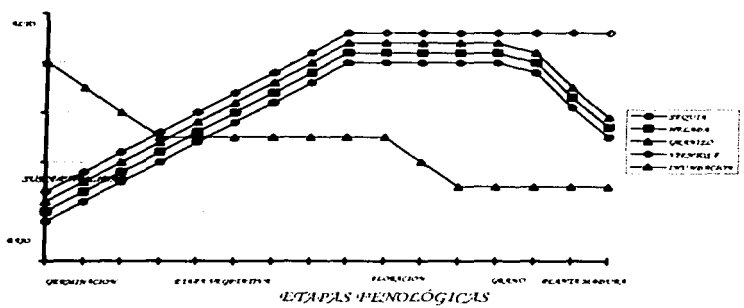
Para Tanaka y Yamaguchi (1984) cerca del 90% de los carbohidratos en los granos, al momento de la cosecha, provienen de los productos

fotosintéticos elaborados durante el llenado de grano.

La alta susceptibilidad de las etapas reproductivas a los daños climatológicos coincide con la siguiente gráfica de susceptibilidad para el cultivo de maíz (Figura 3).

Figura 3. Susceptibilidad del cultivo de maíz a los riesgos climatológicos por etapa de desarrollo (Seguros América, 1993)

SUSCEPTIBILIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ



Por otra parte, a medida que se manifiestan las etapas de crecimiento posteriores a la floración, se reduce el periodo crítico de riesgo, ya que se abaten los porcentajes de pérdida al iniciar la fase de acumulación de materia seca en el grano. (Sánchez y Olivera, 1973; Gallais, 1983; Vasilas y Seif, 1985)

En etapas reproductivas la insuficiencia de área foliar provoca una retranslocación de fotoasimilados hacia algunos granos a fin de que completen su desarrollo, sacrificando otros granos en la misma mazorca. (Culpepper y Magoon, 1930)

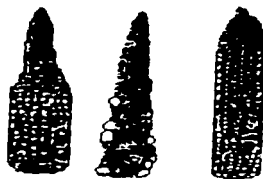
La pérdida de rendimiento promedio, en relación a la susceptibilidad por etapa fenológica, ha sido resumida por Agro Internacional (1994) en el

siguiente gráfico, en donde se ejemplifican las pérdidas de un cultivo en diferentes etapas fenológicas con 100% de defoliación (Figura 4).

Las componentes de rendimiento responsables de estas disminuciones de potencial productivo, varían a lo largo del ciclo fenológico. Gallais (1983) determinó la influencia de las fases de crecimiento del maíz sobre las principales componentes de rendimiento, definiendo las componentes responsables de la disminución del rendimiento en las diferentes etapas fenológicas para el cultivo de maíz (Figura 5).

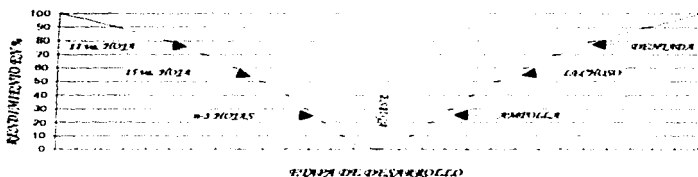
Es muy importante mencionar que no existe proporcionalidad entre la parte defoliada y el rendimiento foliar remanente, ya

Figura 4. Manifestación promedio de la disminución del rendimiento por etapa fenológica al 100% de defoliación en el cultivo de maíz (Agro International, 1994).



15ava. Hoja Espiga Lechoso Tardío

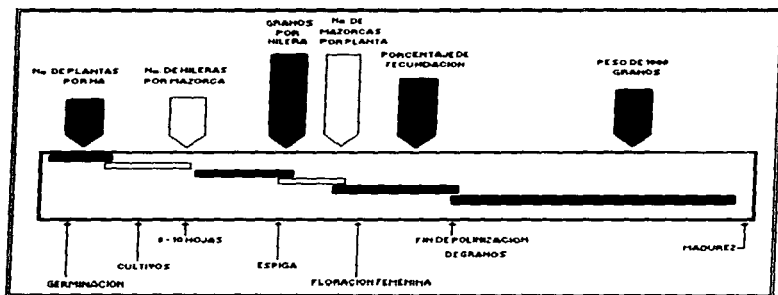
TENDENCIA PROMEDIO DE LA DISMINUCION DEL RENDIMIENTO



que la defoliación parcial de hojas aumenta la velocidad de producción de materia seca por unidad de área foliar de las

hojas remanentes, tornándolas más eficientes, como consecuencia de que no disminuye el tamaño de la

Figura 5. Componentes de rendimiento determinantes en la productividad por etapa de desarrollo para el cultivo de maíz. (Gallais, 1983)



demanda y de una mayor actividad, debido a su mayor captación y utilización de la energía solar. (Sánchez y Olivera, 1973; Krishnamurthy, 1973; Tanaka y Yamaguchi, 1984)

Puesto que los granos en desarrollo demandan productos

fotosintéticos de las hojas, una defoliación parcial aumenta la demanda a las hojas restantes y aumenta la eficiencia fotosintética de éstas. (Tanaka y Yamaguchi, 1984)

Sánchez y Olivera (1973) consideran que la planta de maíz parcialmente defoliada se vuelve

más eficiente "enmascarando" la contribución real, estimada en 83% para todas las hojas en plantas intactas.

Diferentes trabajos reportan retrasos en las floraciones de maíz cuando es sometido a defoliaciones por poda, este retraso en las floraciones repercute en un acortamiento del periodo de llenado de grano, por lo que probablemente sea otra de las causas de la disminución del rendimiento final a causa de la defoliación. (Delgado, et al., 1992)

Liedo (citado por Cuevas, 1993) concluye que por causa de la defoliación disminuye la calidad de las semillas, por lo que es indispensable precisar la magnitud del daño que pueden ocasionar defoliaciones severas

en los campos de producción de semilla.

Finalmente, algunos autores mencionan que existen variaciones en la respuesta a la defoliación debido a las diferencias entre variedades e híbridos, condiciones ambientales, diferentes cantidades de hoja removida, o cambio en la relación fuente demanda. (Gallais, 1983; Shapiro et al., 1986)

2.5. Procedimientos generales para la evaluación de daños por granizo.

El ajuste de pérdidas por granizo en los cultivos, y el proceso de cálculo de pérdidas en rendimiento fue desarrollado por la Asociación Nacional de Aseguradores de Cultivos (NCLA) y la Oficina de

Investigaciones para el Seguro de Cultivos, Inc. de los Estados Unidos de Norteamérica, basados en investigaciones extensivas de reducción de población, estadíos de crecimiento y porcentajes de defoliación. (Shapiro et al., 1986)

A través de un proceso sistemático en el empleo de métodos de identificación y evaluación de daños, se calculan las pérdidas de potencial de rendimiento, basados en tablas de pérdida. (Agro International, 1994)

Para la correcta aplicación del método, es imprescindible determinar con exactitud la etapa de desarrollo del cultivo al día del ajuste y del siniestro, a través de muestras representativas de la población. La precisión del método de

evaluación depende en muy alto porcentaje de la identificación correcta de las diferentes etapas del cultivo. (Idem)

Los métodos de evaluación se dividen en cuatro categorías, determinadas por los estadíos de desarrollo: (Ibidem)

- a) Siembra a décima hoja*
- b) Onceava hoja a espiga*
- c) Espiga a madurez*
- d) Madurez a cosecha.*

En cada uno de ellos se aplican procedimientos específicos de evaluación, ya que la capacidad de recuperación y sensibilidad del cultivo junto con la magnitud del siniestro, determinan el porcentaje final de pérdida real. (Lafitte, 1994)

Para la evaluación de pérdidas entre la etapa de siembra y décima hoja se aplican dos

procedimientos de cuantificación de daños:

- 1) *Reducción de densidad de población.*
- 2) *Defoliación (Área Foliar Perdida), de la séptima a la décima hoja.*

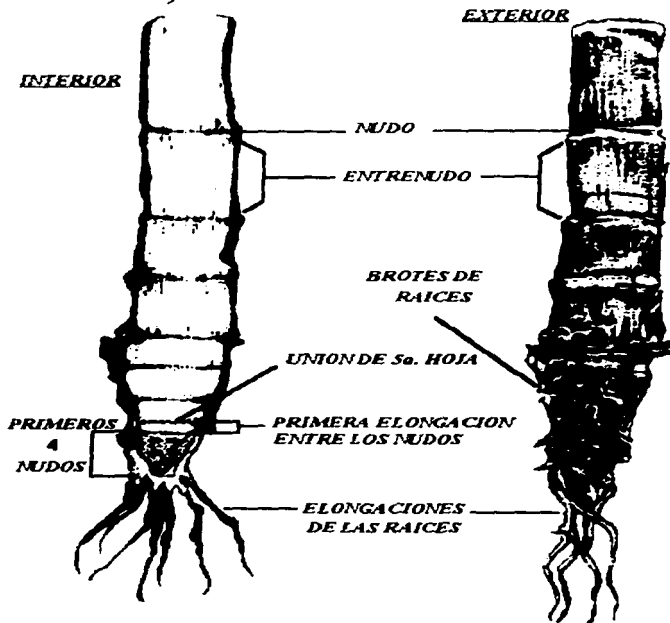
Primeramente se identifica el estadio de desarrollo. Cada etapa se determina por el número de hojas que tienen de un 40% a un 50% de área foliar expuesta, la hoja indicadora de etapa es la hoja superior de la planta con la punta debajo de una línea horizontal paralela al suelo. En el caso de no poder realizar un conteo directo por la pérdida de las primeras hojas, se realiza un corte longitudinal en el tallo a fin de exponer la parte interna de las raíces y apreciar los nudos y entrenudos de la planta. (Agro International, 1994)

Los primeros entrenudos son muy cortos, lo que hace difícil la diferenciación de cada uno de ellos. La quinta hoja se adhiere al ápice del primer entrenudo visible que está más alargado que los anteriores (+/- 1cm.), a partir de este punto continúan alargándose los entrenudos hacia la parte superior (Figura 6).

Después de determinar el nudo de la 5a. hoja se continúan contando los nudos hacia arriba, a fin de determinar el número de la hoja superior o de identificación de etapa.

En daños de pérdida de población en estadios de siembra a 10a. hoja se utilizan las tablas de reducción de densidad de población. (Agro International, 1994)

Figura 6. Sistema de identificación de nudos en el cultivo de maíz, vista ampliada de la base del tallo (Agro International, 1994)



La destrucción de plantas en estas etapas no se cuantifica en forma directa, ya que disminuye la competencia intraespecífica en el campo de cultivo, aumentando la disponibilidad de humedad, energía luminosa y nutrientes de las plantas remanentes, lo que compensa el rendimiento. (Shapiro et al., 1986; Agro International, 1994)

Para la evaluación de daños por defoliación es necesario considerar que hasta antes de la séptima hoja, éstas no afectan la acumulación de materia seca (Vasilas y Seif, 1985; Shapiro et al., 1986; Agro International, 1994). Se estima que el porcentaje de área foliar expuesto al estadio de séptima hoja, representa únicamente el 6% del área foliar total de la planta, por lo que defoliaciones en éstas etapas no repercutirán

significativamente sobre el rendimiento.

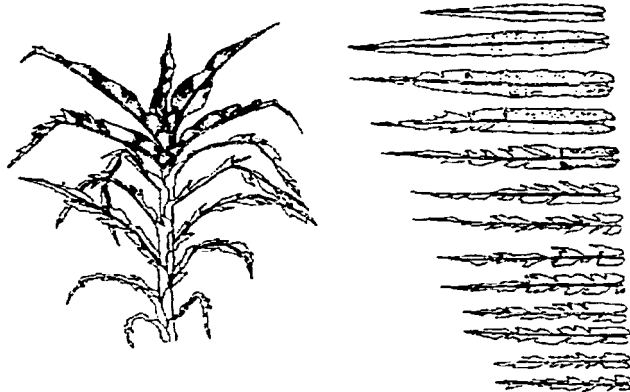
Por otra parte, se ha determinado que la semilla es capaz de aportar la energía necesaria para la emisión de las primeras siete hojas de la planta, por lo que el corte de hojas en estas etapas produce pocos efectos en la fisiología total del cultivo. (Vasilas y Seif, 1985; Shapiro, et al., 1986; Lafitte, 1994; Agro International, 1994)

La mayoría de los híbridos de maíz cultivados, tienen de 19 a 21 hojas en promedio, aunque existen excepciones como los maíces para palomitas, semilla y variedades criollas, sin embargo, se plantea uniformidad de comportamiento en las variedades para producción de grano. (Agro International, 1994)

Como se mencionó anteriormente, las pérdidas de área foliar en diferentes etapas de desarrollo no afectan el potencial de la planta en la misma forma (Agro Internacional, 1994). La determinación del porcentaje de área foliar perdida se basa en muestras representativas del

daño en el predio. Se realizan evaluaciones de cada una de las hojas expuestas al momento del siniestro, retirando cada hoja y estimando el porcentaje de área foliar mutilada, obteniéndose un promedio final de defoliación por planta (Figura 7).

Figura 7. Estimación del porcentaje de defoliación, etapa de 9na. hoja al momento del siniestro (Agro Internacional, 1994).



Es importante hacer énfasis en el hecho de que para una correcta apreciación del daño deberán transcurrir de 7 a 14 días después del día del siniestro, a fin de tener una completa manifestación del daño. También es necesario considerar que las primeras hojas se pierden en forma natural y que se evalúa únicamente sobre el área foliar expuesta el día del siniestro. (Agro International, 1994)

Después de determinar el porcentaje promedio de defoliación se utilizan las tablas de pérdidas por defoliación, con lo que se determina el porcentaje final de pérdida de potencial productivo del cultivo. (Idem)

En evaluaciones de pérdida para etapas de 11ava. hoja en adelante, se calcula la pérdida de población con base en conteos

de 100 plantas consecutivas, determinando el número de plantas destruidas en la muestra y considerando una proporción directa de 1:1. (Shapiro, et al., 1986; Edmeades y Lafitte, 1987; Agro International, 1994)

No se utiliza la tabla de reducción de densidad de población porque las plantas restantes no tienen el tiempo necesario para crecer, ni la habilidad de compensar, como en etapas anteriores. (Idem)

En estas etapas es muy común que para la determinación precisa de la etapa fenológica sea necesario utilizar el proceso de identificación de nudos descrito anteriormente.

El porcentaje de defoliación se determina igualmente que en las etapas tempranas, sólo que generalmente aumentan los

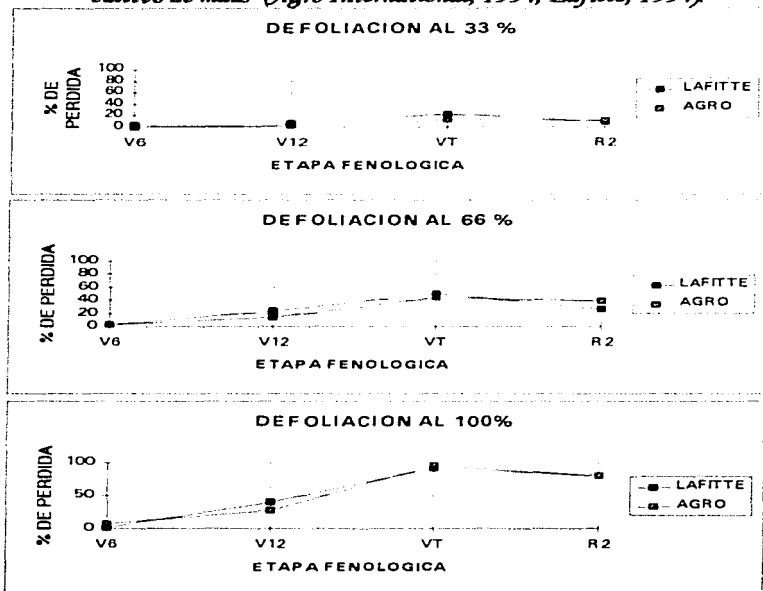
porcentajes de pérdida debido a que se tiene más área foliar expuesta. Asimismo, se utilizan las tablas de pérdidas por defoliación mencionadas anteriormente. (Agro International, 1994)

evaluación correspondiente se realiza sobre el número de granos dañados en relación al número total de granos. (Shapiro, et al., 1986; Lafitte, 1994; Agro International, 1994)

Comparaciones entre dos diferentes tablas de pérdida utilizadas para la evaluación de daños, manifiestan la misma tendencia de comportamiento en las pérdidas de rendimiento. Las más altas variaciones en los porcentajes de pérdida estimados por ambos métodos son aproximados al 10%, en todo caso, las siguientes gráficas comparativas evidencian que la tendencia manifestada por ambos métodos es similar en comportamiento (Figura 8).

En el caso de evaluaciones de daños por incidencia de granizos directamente sobre mazorcas, la

Figura 8. Comparación de métodos de evaluación de pérdidas en rendimiento, para diferentes porcentajes de defoliación en el cultivo de maíz (Agro Internacional, 1994; Lafitte, 1994).



III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización

Este trabajo fue realizado durante el ciclo primavera/verano de 1993 en los campos experimentales de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan, la cual está ubicada en el municipio de Cuautitlan Izcalli, Edo. de Méx. Sus coordenadas geográficas son el paralelo 19° 39' 0" de Latitud Norte y el meridiano 99° 12' 4" de Longitud Occidental, con una altitud de 2,270 msnm.

3.2. Condiciones ambientales

El clima de la zona es templado húmedo, con una temperatura media anual de entre 12° y 18°C.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1973), queda definido como C(w0)(w)6(i); por su temperatura se ubica como templado con verano fresco largo, con una temperatura del mes más frío entre -3° y 18 °C y el mes más caliente superior a 6.5 °C; por su precipitación como el más seco de los subhúmedos con un promedio de 60.5 mm de precipitación anual, con una probabilidad de 4.5% de que se presente esta cantidad de lluvia; y por su oscilación térmica se define como con poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, entre 5° y 7°C de variación.

3.3. Condiciones edáficas

Los suelos predominantes en el área quedan definidos como vertisoles pélicos, de acuerdo al sistema de clasificación FAO -

DETENAL (S.P.P. citado por De la Teja, 1982), los cuales se originaron a partir de depósitos de material ígneo. Son suelos pesados, difíciles de labrar y de drenaje interno con tendencia a deficiente.

De la Teja (1982) señala que estos suelos presentan dificultad al laboreo por su adhesividad y plasticidad cuando se humedecen y por su dureza cuando permanecen secos.

3.4. Material genético

Se utilizó el híbrido de maíz H-149, considerado como un híbrido de alto potencial de producción de grano y forraje (Asteinza y Espinosa, 1988). Se trata de un híbrido de tres líneas obtenido a partir de una cruce simple de Valles Altos. (Espinosa, 1985)

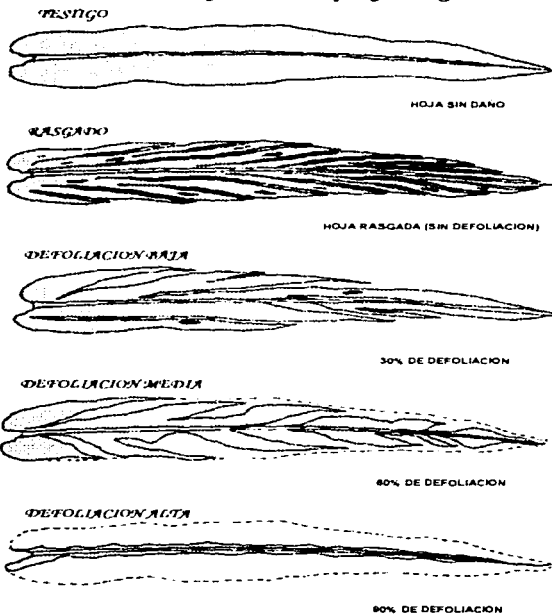
Este híbrido ha sido clasificado como ideal para Valles Altos, de buen rendimiento, con un promedio de 7 ton/ha bajo condiciones de temporal y de 11.5 ton/ha en condiciones de riego. (Espinosa, 1985)

3.5. Tratamientos

Se aplicaron 12 tratamientos más un testigo. La simulación del daño de granizo incluyó un tratamiento de rasgado de hojas (sin pérdida de área foliar) y defoliaciones de intensidad Baja, Media y Alta (Figura 9).

Estos porcentajes de daño se aplicaron sobre 3 etapas fenológicas del cultivo: 15ava. Hoja (etapa vegetativa), Floración Femenina (Jilote) y Grano Lechoso-Masoso.

Figura 9. Representación de tratamientos de defoliación simulada por granizo, aplicados sobre el híbrido de maíz 9F-149 en tres diferentes etapas fenológicas.



La aplicación de tratamientos se realizó cuando el 50% o más de la población presentó el estadio fenológico determinado. En el

Cuadro 1 se describen los tratamientos aplicados al cultivo, con su correspondiente fecha de aplicación.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos y fechas de aplicación para la evaluación de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz.

No.	Tratamiento	Descripción	Fecha
1	TR	Rasgado en etapa vegetativa	30/08/93
2	TB	Defoliación Baja en etapa vegetativa	30/08/93
3	TM	Defoliación Media en etapa vegetativa	30/08/93
4	TA	Defoliación Alta en etapa vegetativa	30/08/93
5	FR	Rasgado en etapa de floración femenina	02/10/93
6	FB	Defoliación Baja en floración femenina	02/10/93
7	FM	Defoliación Media en floración femenina	02/10/93
8	FA	Defoliación Alta en floración femenina	02/10/93
9	LR	Rasgado en etapa de lechoso-masoso	24/10/93
10	LB	Defoliación Baja en lechoso-masoso	24/10/93
11	LM	Defoliación Media en lechoso-masoso	24/10/93
12	LA	Defoliación Alta en lechoso-masoso	24/10/93

Para la simulación del daño se utilizaron cepillos de cerdas de alambre con diferentes densidades, con los que se cepillaron las hojas expuestas al momento de la aplicación del tratamiento.

En todos los casos se trató de dar uniformidad a cada tratamiento, procurando no mutilar las hojas en el daño de rasgado y remover aproximadamente el 30%, 60% y 90% de área foliar en los tratamientos de defoliación Baja, Media y Alta respectivamente.

3.6. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial, distribuidos en doce

tratamientos con cuatro repeticiones (De la Loma, 1982).

La parcela experimental constó de tres surcos de tres metros de longitud por 0.92 metros de ancho. La parcela útil la constituyó el surco central.

La densidad de población fue de aproximadamente 45,000 plantas por hectárea y de 36 plantas por parcela experimental.

3.6.1. Análisis estadístico

Se hizo un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por el método de Tukey (diferencia mínima significativa honesta).

Para la comparación de los resultados aquí obtenidos y la metodología de evaluación de

daños se realizó una prueba de comparación de medias muestrales en observaciones pareadas de importancia, con una probabilidad estadística para el error del 1 y 5 %.

3.7. Manejo agronómico

3.7.1. Siembra

Esta se realizó en forma manual el 10 de julio de 1993, con una distancia aproximada de 50 cm. entre matas, depositando de tres a cuatro semillas por golpe.

3.7.2. Riegos

Se aplicó un riego de auxilio el 26 de octubre, con la finalidad de favorecer el llenado de grano.

3.7.3. Control de maleza

Se realizaron deshierbes manuales durante todo el ciclo

de cultivo, para mantenerlo libre de malas hierbas, además se aplicó hierbamina (Ácido 2,4-D: Sal de dimetil amina del ácido 2,4-D) a razón de 1 lt/ha con 2 kg de gesaprim 50 (Atrazina: 2-cloro-4-(etilamino)-6-(isopropilamino)-1,3,5-triazina).

3.7.4. Control de plagas

Durante la etapa de espiga se aplicó Morestan (Quinometionato: 6 metil-1,3-ditiol(4,5-6) quinoxalin-2-ona), en dosis de 1 lt/ha, para el control de Araña Roja (Tetranychus spp.)

3.7.5. Fertilización

Se efectuó junto con la escarda con una dosis de 150-00-00; destinando Urea como fuente de nitrógeno, aplicándose en forma mateada. La escarda se realizó en forma manual, después de

realizar la labor de aclareo.

3.7.6. Cosecha

Se realizó en forma manual el día 5 de enero de 1994, a los 180 días del ciclo agrícola. La cosecha incluyó la recolección del área foliar de cada parcela.

3.8. Ajuste de daños

El día 18 de septiembre se realizó una evaluación de daños sobre los tratamientos de Defoliación Baja en etapa de 15ava. hoja (VB) y Defoliación Media en etapa de 15ava. hoja (VM).

Asimismo, el día 16 de octubre se evaluaron los tratamientos de Defoliación Baja en etapa de floración femenina (FB) y Defoliación Media en etapa de floración femenina (FM).

Las evaluaciones se realizaron con la metodología para ajuste de daños descrita anteriormente, estimándose el porcentaje de defoliación para cada tratamiento y consecuentemente el potencial de pérdida de rendimiento del cultivo.

Los resultados obtenidos se compararon con los porcentajes reales de defoliación y de pérdida de rendimiento de cada uno de los tratamientos mencionados.

3.9. Variables evaluadas

Altura de planta: Se midió la longitud en cm., desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga. Tomándose el promedio de 10 plantas al azar en cada parcela experimental. (CIMMYT, 1992).

Altura de mazorca: Se consideró la distancia en cm., comprendida entre la base de la planta hasta el nudo donde se produce la yema axilar que da lugar a la mazorca superior. Considerándose el promedio de 10 plantas.

Longitud de mazorca: Se determinó la distancia en cm., desde la base de inserción de la mazorca en el pedúnculo hasta su ápice.

Diámetro de mazorca: Se determinó midiendo la parte central de la mazorca con un calibrador pie de rey (vernier). Considerando el promedio de cinco mazorcas.

Diámetro de olate: Se obtuvo desgranando la mazorca y midiéndola por la parte central con un calibrador pie de rey

(vernier). Se consideró el promedio de cinco mazorcas.

Número de hileras/mazorca: Se tomó el promedio del número de hileras o "carreras" de cinco mazorcas, contadas en la parte central de la mazorca.

Número de granos/hilera: Se consideró el promedio del número de granos por hilera de cinco mazorcas, contados desde la base hasta el ápice de la mazorca.

Porcentaje de materia seca: Se tomó una muestra de grano de cinco mazorcas de cada parcela experimental, y se estimó el contenido de humedad con un determinador modelo Burrows Moisture Digital Computer 700.

Porcentaje de grano: Se obtuvo de la relación entre el peso de

grano seco y el peso de la mazorca:

$$\frac{\text{Peso de grano seco de 5 mazorcas}}{\text{Peso de 5 mazorcas con olote}} \times 100 = \text{Porcentaje de grano}$$

Peso de 200 granos: Se contaron y pesaron 200 granos por parcela experimental. La muestra de 200 granos se obtuvo de la mezcla de todos los granos de cinco mazorcas de la parcela útil.

Peso de hoja: Cada hoja se cortó a la altura de la ligula con la finalidad de extraer la totalidad de la lámina foliar por planta, misma que fue colocada en bolsas perforadas previamente y etiquetadas, las cuales se sometieron al proceso de secado en estufa a una temperatura de

70 °C durante 72 hrs. Posteriormente se determinó el peso seco en gramos con la ayuda de una báscula granataria.

Se consideró el porcentaje de defoliación para cada tratamiento como el resultante de la comparación de pesos de hoja de tratamientos, en relación al peso de hoja del testigo.

Rendimiento: Se evaluó en kg/ha, mediante la siguiente fórmula (Piña, 1992):

$$\text{Rendimiento} = \frac{(\text{P.C.} \times \% \text{M.S.} \times \% \text{G.} \times \text{F.C.})}{8,600}$$

Donde:

P.C. = *Peso de campo de la totalidad de las mazorcas de la parcela útil.*

% M.S. = *Porcentaje de materia seca del grano recién cosechado.*

% G. = *Porcentaje de grano de la relación grano olote.*

F.C. = *Factor de conversión para obtener el rendimiento por hectarea, depende del tamaño de la parcela útil empleada; es el cociente de 10,000 m²/tamaño de la parcela útil en m².*

8,600 = *Constante para estimar el rendimiento con humedad comercial (14%).*

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de varianza

Partiendo de los resultados obtenidos del análisis de varianza se elaboró el Cuadro 2, donde se observan diferencias estadísticas altamente significativas entre defoliaciones para las variables peso de 200 granos, longitud de mazorca y peso de hoja. La variable rendimiento no presenta diferencia estadística para defoliaciones.

En cuanto a etapas fenológicas se tienen diferencias estadísticas altamente significativas para altura de planta, longitud de mazorca y diámetro de mazorca, además de diferencias significativas para las variables diámetro de olote y granos por hilera.

*Con respecto a la interacción Def*Fenol, la mayoría de las variables evaluadas no presentaron significancia estadística, excepto peso de hoja que es altamente significativa y longitud de mazorca con significancia del 0.05 de probabilidad de error.*

Para repeticiones se tuvieron diferencias significativas en las variables longitud de mazorca y granos por hilera, así como diferencia estadística altamente significativa en rendimiento. El hecho de que exista significancia con las repeticiones para estas variables indica que era necesaria la distribución en bloques, puesto que hay diferencia espacial entre ellos.

Los coeficientes de variación para las diferentes variables oscilaron de 4.71% a 29.22%.

Cuadro 2. Cuadrados medios, significancia estadística y coeficientes de variación de las variables evaluadas en la reducción del rendimiento por defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993.

Variables	Defoliación	Fenología	Def * Fenol	Rep.	C.V.
Peso de 200 granos	240 2100 **	114 110 NS	69 890 NS	5 140 NS	12 24
Altura de mazorca	0 0035 NS	0 031 NS	0 010 NS	0 008 NS	7 01
Altura de planta	0 0150 NS	0 071 **	0 012 NS	0 023 NS	4 71
Longitud de mazorca	5 3200 **	6 660 **	2 870 *	3 330 *	7 84
Diámetro de mazorca	0 1650 NS	0 772 **	0 196 NS	0 028 NS	7 80
Diámetro de olote	0 0610 NS	0 097 *	0 029 NS	0 016 NS	7 88
Número de hileras	2 5520 NS	2 327 NS	1 208 NS	0 878 NS	8 11
Granos por hilera	8 9400 NS	50 990 *	20 880 NS	33 730 *	11 81
Peso de hoja	1 219 7500 **	7 277 NS	110 340 **	53 180 NS	17 97
Rendimiento	2,007,158 0600 NS	2,056,039 800 NS	279,890 970 NS	12,409,182 150 **	29 22

** Altamente significativo (0 01)

* Significativo (0 05)

NS No significativo

4.2. Prueba de comparación de medias

4.2.1. Defoliación

La comparación de medias para diferentes variables en los tratamientos de defoliación simulada de granizo muestra los siguientes valores (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias para diferentes variables en los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993.

DEFOLIACIÓN	Peso de 200 granos (gr)	Altura de mazorca (m)	Altura de planta (m)	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Diámetro de olote (cm)	Número de hileras	Granos por hilera	Peso de hoja (gr)	Rendimiento (kg)
TESTIGO	69.40 A	1.46 A	2.17 A	13.59 A	4.04 A	2.06 A	15.80 A	27.75 A	43.24 A	4.035.70 A
RASGADO	67.17 A B	1.48 A	2.18 A	13.79 A	4.20 A	2.17 A	16.69 A	28.92 A	31.08 B	3.841.90 A
BAJA	66.64 A B	1.44 A	2.22 A	12.94 A B	3.89 A	2.02 A	16.02 A	26.50 A	31.50 B	3.411.70 A
MEDIA	62.48 A B	1.48 A	2.26 A	13.36 A B	4.11 A	2.18 A	15.92 A	27.46 A	33.23 B	3.339.60 A
ALTA	58.13 B	1.46 A	2.2 A	12.10 B	4.02 A	2.12 A	16.79 A	27.51 A	15.14 C	3.014.40 A
DSH (0.05)	9.22	0.12	0.12	1.20	0.37	0.19	1.53	3.60	6.45	1.199.40

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey (0.05).

Como puede observarse, las variables altura de mazorca, altura de planta, diámetro de mazorca, diámetro de ote, número de hileras, granos por hilera y rendimiento no tuvieron diferencia estadística para los diferentes tratamientos de defoliación aplicados.

Las diferencias estadísticas las presentó el tratamiento de Defoliación Alta, cuyos valores fueron los más bajos para las variables peso de 200 granos, longitud de mazorca, peso de hoja y rendimiento, teniendo diferencia estadística significativa para peso de 200 granos, longitud de mazorca y peso de hoja.

Es importante señalar que no obstante que la variable peso de hoja tuvo diferencias significativas para los diferentes

tratamientos, no es sino la resultante directa de la aplicación de los tratamientos de defoliación, por lo que se trata de una condición impuesta al cultivo. Los tratamientos de Rasgado, Defoliación Baja y Defoliación Media no presentaron diferencia significativa entre ellos para esta variable.

Las variables peso de 200 granos y rendimiento manifiestan similar comportamiento en la secuencia de los valores de la media para tratamientos, siendo en orden decreciente: Testigo-Rasgado-Defoliación Baja-Defoliación Media y Defoliación Alta. Dicha tendencia es acorde con los diferentes porcentajes de defoliación aplicados en cada tratamiento.

El tratamiento de Rasgado no tuvo diferencia estadística significativa para ninguna variable en relación al Testigo, excepto para peso de hoja.

La variable rendimiento no presenta diferencia estadística para los diferentes tratamientos de defoliación, lo que evidencía el hecho de que las hojas parcialmente defoliadas manifiestan una mayor eficiencia fotosintética.

Por otra parte, no existe proporcionalidad entre el porcentaje de área foliar eliminada y el porcentaje de rendimiento del área foliar remanente.

4.2.2. Fenología

En el Cuadro 4 se presenta la comparación de medias para las

diferentes variables evaluadas en distintas etapas fenológicas en los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz.

Como puede apreciarse, los tratamientos aplicados en la etapa de Floración Femenina muestran diferencias estadísticas para las variables longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de olote y granos por hilerera, además de presentar los valores más bajos para las variables número de hileras, granos por hilerera y rendimiento. Dichos resultados indican que de las diferentes etapas fenológicas evaluadas la etapa de Floración Femenina es la que presenta mayor susceptibilidad a la incidencia de daños por defoliación.

Cuadro 4. Comparación de medias para diferentes variables en las distintas etapas fenológicas evaluadas en los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México, 1993.

ETAPA FENOLÓGICA	Peso de 200 granos (g)	Altura de mazorca (m)	Altura de planta (m)	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Diámetro de olote (cm)	Número de hileras	Granos por hilera	Peso de hoja (g)	Rendimiento (kg)
15ava. HOJA	67.43 A	1.42 A	2.14 B	13.57 A	4.27 A	2.18 A	16.51 A	29.23 A B	31.38 A	3.657.60 A
FLORACIÓN FEMENINA	64.04 A	1.50 A	2.21 A B	12.50 B	3.89 B	2.04 B	15.65 A	25.82 B	30.95 A	3.217.20 A
LECHOSO - MASOSO	62.82 A	1.48 A	2.26 A	13.40 A	4.00 B	2.12 A B	16.37 A	28.84 A	30.19 A	3.511.10 A
DSH (0.05)	6.09	0.08	0.08	0.79	0.24	0.13	1.01	2.51	4.26	792.06

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey (0.05).

La etapa de grano Lechoso-Masoso muestra diferencia significativa para la variable diámetro de mazorca y diferencia numérica para la variable peso de 200 granos, comportamiento semejante al descrito por Gallais (1983), en el que menciona que defoliaciones parciales 17 días después de la floración ocasionan pérdidas debidas esencialmente a la caída de peso de grano.

Los valores numéricos más altos los presentó la etapa fenológica de 15ava. hoja para las variables peso de 200 granos, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de olote, número de hileras, peso de hoja y rendimiento.

4.2.3. Interacción defoliación \times fenología

Las variables en las que se presentan diferencias estadísticas significativas son: longitud de mazorca, diámetro de mazorca y granos por hilera.

Para la variable de longitud de mazorca se observa diferencia estadística significativa entre los tratamientos de: Defoliación Media, Rasgado y Defoliación Baja en etapa de lechoso-masoso, Rasgado, Defoliación Alta y Defoliación Media en etapa de 15ava. hoja, Testigo y Rasgado en Floración Femenina con el tratamiento de Defoliación Alta en Floración Femenina (Cuadro 5).

Cuadro 5. Prueba de comparación de medias para la variable longitud de mazorca en los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993.

$MSE = 1.06$

$DMSI = 2.63$

TRATAMIENTO	N		
Def. Media en lechoso-masoso	4	14.3 cm	A
Rasgado en etapa vegetativa	4	14.1 cm	A
Def. Alta en etapa vegetativa	4	13.9 cm	A
Rasgado en floración femenina	4	13.7 cm	A
Rasgado en etapa lechoso-masoso	4	13.6 cm	A
Testigo	4	13.6 cm	A
Def. Media en etapa vegetativa	4	13.6 cm	A
Def. Baja en lechoso-masoso	4	13.4 cm	A
Def. Baja en etapa vegetativa	4	12.7 cm	A B
Def. Baja en floración femenina	4	12.7 cm	A B
Def. Media en floración femenina	4	12.2 cm	A B
Def. Alta en lechoso-masoso	4	12.1 cm	A B
Def. Alta en floración femenina	4	10.3 cm	B

medias en columnas seguidas son iguales estadísticamente

Todos los tratamientos de defoliación aplicados en etapa de Floración Femenina presentan los valores más

pequeños para la variable de longitud de mazorca, junto con el tratamiento de Defoliación Alta en etapa de grano lechoso-masoso.

Los demás tratamientos de defoliación simulada de granizo, aplicados en etapa de lechoso-masoso, no presentan diferencias estadísticas significativas en comparación con el testigo. De igual manera, ninguno de los tratamientos aplicados en etapa de 15ava. hoja presenta diferencias estadísticas significativas en comparación con el Testigo.

Es muy importante señalar que el efecto de la interacción defoliación x fenología significa que el efecto de la defoliación por sí solo deja de tener sentido si no se toma en cuenta la etapa fenológica del cultivo cuando ocurre la defoliación, de hecho esto significa que el efecto de la defoliación sobre la variable longitud de mazorca depende de la etapa fenológica en que se encuentre el cultivo.

Debe señalarse el hecho de que esta variable es importante para la manifestación final en rendimiento, ya que se encuentra relacionada con el número de granos por hilera.

La prueba de comparación de medias para la variable diámetro de mazorca muestra diferencias estadísticas entre los tratamientos con Defoliaciones Bajas y Altas en etapa de Floración Femenina en relación a los tratamientos de Defoliación Alta y Rasgado en etapa de 15ava. hoja (Cuadro 6). Nuevamente, tal y como se señaló para la variable de longitud de mazorca, se aprecia una agrupación de tratamientos por etapa fenológica, estableciéndose en forma general el siguiente orden decreciente: 15ava. hoja - Lechoso-Masoso - Floración Femenina.

Cuadro 6. Prueba de comparación de medias para la variable diámetro de mazorca en los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993.

$MSE = 0.1$

$DMSD = 0.81$

TRATAMIENTO	N			
Def. Alta en etapa vegetativa	4	4.5 cm	A	
Rasgado en etapa vegetativa	4	4.5 cm	A	
Def. Media en lechoso-masoso	4	4.3 cm	A	B
Def. Media en etapa vegetativa	4	4.2 cm	A	B
Rasgado en floración femenina	4	4.1 cm	A	B
Def. Baja en etapa vegetativa	4	4.1 cm	A	B
Testigo	4	4.0 cm	A	B
Rasgado en lechoso-masoso	4	3.9 cm	A	B
Def. Baja en lechoso-masoso	4	3.9 cm	A	B
Def. Media en floración femenina	4	3.8 cm	A	B
Def. Alta en lechoso-masoso	4	3.8 cm	A	B
Def. Alta en floración femenina	4	3.7 cm		B
Def. Baja en floración femenina	4	3.7 cm		B

medias en columnas seguidas son iguales estadísticamente

Es importante mencionar la gran cantidad de tratamientos que

superaron en esta variable al Testigo.

En el caso de la variable granos por hilera se tienen diferencias estadísticas entre el tratamiento de Defoliación Alta en etapa de Floración Femenina y el

tratamiento de Defoliación Alta en etapa Vegetativa. Los demás tratamientos no manifiestan diferencias significativas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Prueba de comparación de medias para la variable granos por hilera en los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993.

MSE = 10.65

DMSH = 8.32

TRATAMIENTO	N		
Def. Alta en etapa vegetativa	4	31.3 granos	A
Def. Media en lechoso-masoso	4	30.8 granos	A B
Rasgado en etapa vegetativa	4	29.5 granos	A B
Rasgado en lechoso-masoso	4	29.4 granos	A B
Def. Alta en lechoso-masoso	4	28.3 granos	A B
Def. Baja en lechoso-masoso	4	27.9 granos	A B
Rasgado en floración femenina	4	27.9 granos	A B
Def. Media en etapa vegetativa	4	27.8 granos	A B
Testigo	4	27.7 granos	A B
Def. Baja en floración femenina	4	26.7 granos	A B
Def. Baja en etapa vegetativa	4	24.8 granos	A B
Def. Media en floración femenina	4	23.8 granos	A B
Def. Alta en floración femenina	4	22.9 granos	B

medias en columnas seguidas son iguales estadísticamente

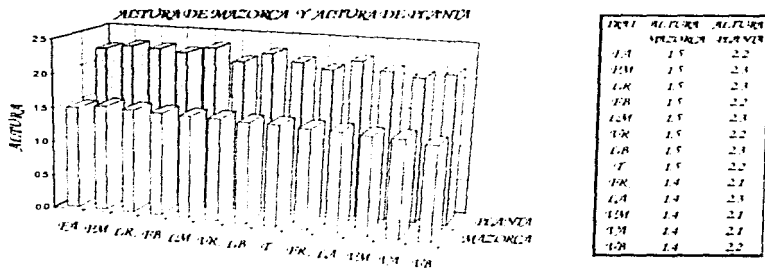
Es importante señalar que los tratamientos aplicados en la etapa de Floración Femenina, presentaron nuevamente los valores más bajos para el número de granos por hilera.

longitud de mazorca, el efecto de la defoliación sobre la variable granos por hilera depende de la etapa fenológica en que se encuentre el cultivo al momento del siniestro.

Al igual que en la variable

Las variables altura de mazorca y altura de planta (Figura 10),

Figura 10. Comparación de medias de altura de planta y altura de mazorca en los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México. 1993.



Medias estadísticamente iguales. Tukey (0.05)

no manifiestan diferencia estadística entre tratamientos, en ambos casos los tratamientos aplicados en etapa de 15ava. hoja manifiestan una ligera tendencia hacia un menor tamaño, tanto de mazorca como de planta.

Finalmente, el número de hileras no manifiesta diferencias estadísticas entre tratamientos, es importante destacar que la distribución decreciente de medias no tiene la misma tendencia que la mayoría de las otras variables, por lo que puede inferirse que no se tiene influencia de los tratamientos sobre esta variable.

4.3. Evaluación de pérdidas

Los valores de peso de hoja de los diferentes tratamientos se compararon en forma directa con

los valores del testigo, estimándose los porcentajes promedio de defoliación para cada tratamiento.

Como se señaló anteriormente, se realizaron determinaciones de los diferentes porcentajes de defoliación para los tratamientos de Rasgado, Defoliación Baja, Defoliación Media y Defoliación Alta en etapa de 15ava. hoja y etapa de floración femenina.

El Cuadro 8 presenta los resultados correspondientes a los porcentajes de defoliación estimados en cada una de las etapas fenológicas ajustadas, además de los valores calculados de t de la muestra, valores de t tabulados y su correspondiente nivel de significancia.

Como puede observarse, no existe diferencia estadística para

Cuadro B. Porcentajes de defoliación estimados, valores de *t* de la muestra, valores de *t* tabulados y nivel de significancia para los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz, Cuautitlán, México. 1993.

TRATAMIENTO	Porcentaje	Porcentaje	Valores de		Nivel de significancia
	de defoliación estimado	de defoliación calculado	<i>t</i> de la muestra	Valores de <i>t</i> tabulados	
					α 0.05 α 0.01
Rasgado en 15ava. hoja (VR)	0.0	18.1	7.5	3.2	5.8 Como 7.5 > 5.8, existe diferencia altamente significativa entre defoliaciones para VR
Defoliación baja en 15ava. hoja (VB)	23.2	33.7	2.9	3.2	5.8 Como 2.9 < 3.2, no existe diferencia estadística entre defoliaciones para VB
Defoliación media en 15ava. hoja (VM)	40.7	26.9	2.8	3.2	5.6 Como 2.8 < 3.2, no existe diferencia estadística entre defoliaciones para VM
Defoliación alta en 15ava. hoja (VA)	90.0	55.1	10.6	3.2	5.8 Como 10.6 > 5.8, existe diferencia altamente significativa entre defoliaciones para VA
					α 0.05 α 0.01
Rasgado en foración femenina (FR)	0.0	3.9	1.4	3.2	5.6 Como 1.4 < 3.2, no existe diferencia estadística entre defoliaciones para FR
Defoliación baja en foración femenina (FB)	28.4	34.6	3.1	3.2	5.8 Como 3.1 < 3.2, no existe diferencia estadística entre defoliaciones para FB
Defoliación media en foración femenina (FM)	45.4	37.6	1.9	3.2	5.8 Como 1.9 < 3.2, no existe diferencia estadística entre defoliaciones para FM
Defoliación alta en foración femenina (FA)	90.0	67.4	2.2	3.2	5.8 Como 2.2 < 3.2, no existe diferencia estadística entre defoliaciones para FA

los valores de porcentaje de defoliación ajustados y los porcentajes de defoliación calculados en los tratamientos aplicados en etapa de floración femenina.

Se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos de Rasgado en 15ava. hoja y de Defoliación alta en 15ava. hoja. Los tratamientos de Defoliación media y baja en etapa de 15ava. hoja, no presentaron diferencias estadísticas entre los valores de defoliación calculados y los valores ajustados en cada tratamiento.

Es importante señalar que no se realizaron las evaluaciones correspondientes en la etapa de grano lechoso-masoso.

Los porcentajes de defoliación calculados se utilizaron para la determinación de los porcentajes de pérdida en rendimiento del cultivo, mismos que fueron comparados con los porcentajes de pérdida real de cada tratamiento.

Los resultados correspondientes se presentan en el Cuadro 9, en donde se indican los porcentajes de pérdida promedio para cada tratamiento, además de los valores de t de la muestra, valores de t tabulados y su correspondiente nivel de significancia.

Se registró diferencia estadística altamente significativa entre las pérdidas ajustadas y las pérdidas reales para el tratamiento de Defoliación alta en 15ava. hoja. Debe señalarse que dicho tratamiento presentó diferencia estadística altamente

Cuadro 9. Porcentajes de pérdida en rendimiento estimados, valores de *t* de la muestra, valores de *f* tabulados y nivel de significancia para los tratamientos de defoliación simulada de granizo en el cultivo de maíz. Cuautitlán, México, 1993.

TRATAMIENTO	Porcentaje	Porcentaje	Valores de			Nivel de significancia
	de pérdida simulada	de pérdida real	<i>t</i> de la muestra	Valores de <i>f</i> tabulados		
				α = 0.05	α = 0.01	
Rasgado en 15ava. hoja (VR)	0.0	0.0	2.8	3.2	5.8	Como 2.8 < 3.2 no existe diferencia estadística entre pérdidas para VR
Defoliación baja en 15ava. hoja (VB)	2.7	0.0	2.5	3.2	5.8	Como 2.5 < 3.2 no existe diferencia estadística entre pérdidas para VB
Defoliación media en 15ava. hoja (VM)	9.3	0.0	2.4	3.2	5.8	Como 2.4 < 3.2 no existe diferencia estadística entre pérdidas para VM
Defoliación alta en 15ava. hoja (VA)	42.0	60.9	12.1	3.2	5.8	Como 12.1 > 5.8, existe diferencia altamente significativa entre pérdidas para VA
				α = 0.05	α = 0.01	
Rasgado en foración femenina (FR)	0.0	12.6	10.0	3.2	5.8	Como 10.0 > 5.8, existe diferencia altamente significativa entre pérdidas para FR
Defoliación baja en foración femenina (FB)	11.1	0.0	3.3	3.2	5.8	Como 3.3 > 3.2, existe diferencia significativa entre pérdidas para FB
Defoliación media en foración femenina (FM)	24.7	38.6	3.1	3.2	5.8	Como 3.1 < 3.2 no existe diferencia estadística entre pérdidas para FM
Defoliación alta en foración femenina (FA)	80.0	78.3	3.1	3.2	5.8	Como 3.1 < 3.2 no existe diferencia estadística entre pérdidas para FA
				α = 0.05	α = 0.01	
Rasgado en lechoso masoso (LR)	5.0	6.0	3.1	3.2	5.8	Como 3.1 < 3.2 no existe diferencia estadística entre pérdidas para LR
Defoliación baja en lechoso masoso (LB)	6.0	8.4	12.1	3.2	5.8	Como 12.1 > 5.8, existe diferencia altamente significativa entre pérdidas para LB
Defoliación media en lechoso masoso (LM)	7.4	0.0	3.3	3.2	5.8	Como 3.3 > 3.2, existe diferencia significativa entre pérdidas para LM
Defoliación alta en lechoso masoso (LA)	32.6	45.3	3.1	3.2	5.8	Como 3.1 < 3.2 no existe diferencia estadística entre pérdidas para LA

significativa para el porcentaje de defoliación ajustado.

El tratamiento de Rasgado en etapa de floración femenina presenta diferencia estadística altamente significativa para el porcentaje de pérdida ajustado, por lo que puede señalarse el hecho de que los valores de predicción resultaron inadecuados para este tratamiento. El tratamiento de Defoliación Baja en esta etapa presenta un comportamiento similar, no obstante que las diferencias estadísticas registradas son significativas. Debe señalarse el hecho de que para este tratamiento en particular el valor de pérdida ajustado (11.1%) fue mayor en relación al porcentaje de pérdida real del cultivo (0 %).

El tratamiento de Defoliación Baja aplicado en etapa de

Lechoso-Masoso presentó diferencias estadísticas altamente significativas para el porcentaje de pérdida ajustado (Cuadro 9), por lo que se deduce inexactitud en la predicción de pérdidas calculadas para este tratamiento en particular.

Se registro diferencia estadística significativa para los porcentajes de pérdida del tratamiento de Defoliación Media en etapa de Lechoso-Masoso, al igual que en el tratamiento de Defoliación Baja en Floración Femenina, el valor de porcentaje de pérdida ajustado es mayor que el porcentaje de pérdida del cultivo.

Para el tratamiento de Defoliación Alta en etapa de Lechoso-Masoso no se tuvieron diferencias estadísticas

*significativas en relación al
porcentaje de pérdida real.*

V. DISCUSION

Del cuadro de análisis de varianza (Cuadro 2) se infiere que las variable directamente afectada y responsable de las variaciones en rendimiento es la variable longitud de mazorca. Dicha variable presentó diferencia estadística para defoliación, fenología y la interacción defoliación x fenología, lo que indica además que el efecto de defoliación sobre esta variable depende de la etapa fenológica en que se encuentre el cultivo al momento del siniestro.

Asimismo, las correspondientes pruebas de comparación de medias determinaron diferencias estadísticas para las variables diámetro de mazorca y granos por hilera en la interacción defoliación x fenología, lo que

permite inferir que son junto con la longitud de mazorca las variables directamente afectadas por los diferentes porcentajes de defoliación y las causantes de las variaciones en rendimiento del presente experimento.

Las variables longitud de mazorca y número de granos por hilera se han señalado como componentes principales del rendimiento (Sánchez y Oliviera, 1973; Gallais, 1983; Tanaka y Yamaguchi, 1984) por lo que reducciones en su expresión final a consecuencia de pérdidas de área foliar provocan variaciones significativas en el rendimiento.

Por otra parte, la defoliación del maíz afecta en forma directa el peso de 200 granos y longitud de mazorca (Cuadro 2), independientemente de la etapa fenológica en que ésta se produzca. En este caso la

intensidad del daño influye directamente sobre el porcentaje de pérdida real en el cultivo.

*El hecho de que la variable rendimiento no presente diferencias estadísticas para los diferentes tratamientos de defoliación evidencia una mayor eficiencia fotosintética de las hojas parcialmente defoliadas, lo que coincide con lo reportado por Sánchez y Olivera (1973), Egharevba *et al* (1976), Tanaka y Yamaguchi (1984), Gutiérrez (1984), Shapiro *et al* (1986). Para el tratamiento de Rasgado no se registraron diferencias estadísticas para ninguna variable en relación al Testigo (Cuadro 3), amortiguándose el efecto del daño a través de una mayor eficiencia de su dosel foliar, o de un excedente de área foliar.*

Las variaciones en porcentajes de pérdida de rendimiento para los diferentes tratamientos de defoliación indican que no existe proporcionalidad entre el porcentaje de área foliar eliminada y el porcentaje de rendimiento del área foliar remanente, en concordancia con lo señalado por Sánchez y Olivera (1973), Gallais (1983) y Agro International (1984).

*La tendencia general de los resultados indica, que la etapa más susceptible al daño de defoliación simulada de granizo fue la etapa de floración femenina, resultados similares han sido reportados por Gallais (1983), Tanaka y Yamaguchi (1984), Shapiro *et al* (1986), Laffite (1994) y Agro International (1994). Es importante mencionar que si bien no se tuvieron diferencias significativas en la interacción*

defoliación x fenología para rendimiento, los valores promedio para esta etapa fenológica se ubicaron en los más bajos para las variables de longitud de mazorca, diámetro de mazorca y granos por hilera, las cuales como se mencionó anteriormente fueron las responsables directas de las pérdidas en rendimiento.

Defoliaciones altas en etapas de 15ava. hoja, floración femenina, o grano lechoso - masoso propician fuertes disminuciones en rendimiento. En general, la respuesta de los tratamientos indica que existe una relación directa no lineal entre el porcentaje de área removida y el porcentaje de pérdida en el cultivo.

Los rendimientos obtenidos en la etapa de grano lechoso-masoso son menores que los

rendimientos promedio de la etapa vegetativa, por lo que la etapa de grano lechoso-masoso se ubica como la etapa intermedia en sensibilidad al daño, en el presente experimento. Para ésta, las variables mayormente afectadas fueron diámetro de mazorca y diámetro de olote (Cuadro 4).

En relación con el método de evaluación de daños (ajuste) debe señalarse que los resultados de los cálculos en porcentaje de defoliación (Cuadro 8) indica aceptable confiabilidad en la determinación del área foliar perdida, no obstante, el hecho de que existan diferencias estadísticas para los tratamientos de rasgado en 15ava. hoja y defoliación alta en 15ava. hoja determinan como indispensable la realización de pruebas de precisión y coincidentalidad para los

valuadores de daños, por lo que es indispensable considerar los porcentajes de pérdida estimados por el ajustador en comparación con los porcentajes reales de pérdida de rendimiento (Cuadro 9).

Para los tratamientos aplicados en etapa de 15ava. hoja, se manifestó diferencia estadística únicamente para el tratamiento de defoliación alta. Dicha variación obedece al hecho de que se tienen diferencias en la determinación del porcentaje de área foliar destruida y consecuentemente en el porcentaje de pérdida calculado.

Puede decirse que en general la metodología de daños evaluó de manera aceptable las pérdidas de área foliar y rendimiento para los tratamientos aplicados en la etapa de 15ava. hoja.

En el caso de las evaluaciones sobre los tratamientos aplicados en etapa de floración femenina se presentó diferencia estadística altamente significativa en el tratamiento de rasgado y diferencia estadística significativa para el tratamiento de defoliación baja. Es importante mencionar que en este tratamiento en particular el valor inferido con el método de evaluación de daños es superior al porcentaje de pérdida real en el cultivo.

Para los tratamientos aplicados en etapa de floración femenina el método de evaluación de daños resultó medianamente aceptable, debido al registro de las diferencias estadísticas señaladas anteriormente.

Resultados semejante se manifestaron en las evaluaciones de pérdidas sobre los

tratamientos aplicados en etapa de grano lechoso-masoso (Cuadro 9), por lo que puede señalarse que el método actual de predicción de pérdidas en rendimiento presenta variaciones significativas que disminuyen su margen de confiabilidad.

En términos generales la aplicación de la metodología de evaluación de pérdidas presentó un margen de confiabilidad medianamente aceptable en la predicción de los valores de pérdidas en rendimiento, no obstante, los valores estimados por el método son un buen punto de partida para la estimación promedio de la intensidad de pérdidas en el campo.

Es indispensable la realización de trabajos de validación sobre diferentes intensidades de daño, etapas fenológicas y materiales en diferentes zonas que

permitan aumentar el grado de precisión del método.

VI. CONCLUSIONES

- 1. El daño de rasgado no produce pérdidas significativas en el cultivo de maíz, en ninguna etapa fenológica.*
- 2. Las variables directamente afectadas por el efecto de la defoliación simulada de granizo y responsables de las pérdidas en rendimiento son:*
 - longitud de mazorca,*
 - diámetro de mazorca y*
 - granos por hilera.*

El efecto del daño sobre estas variables depende de la etapa fenológica en que se encuentre el cultivo al momento del siniestro.

- 3. Se comprobó que la metodología de evaluación de daños para el cálculo de pérdidas en rendimiento predice con un margen de confiabilidad aceptable, la disminución del potencial productivo del cultivo.*

VII. BIBLIOGRAFIA

- Aggarwal, P. K.; Fischer, R. A., and Liboon, S. P. 1990. Source-sink relations and effects of post-anthesis canopy defoliation in wheat at low latitudes. *Journal of Agricultural Science* 114(2):93-99.
- Agro International. 1994. *Com Loss Adjustment, Handbook, U.S.A.*
- Arellano V., J. L. 1990. *Fisiotécnica. Apuntes de clase. FESC-UNAM. (mimeografiado). Cuautitlán Izcalli, Méx.*
- Asteiza B., G. y Espinosa C., A. 1988. Producción de maíz H-149 "orgánico" en condiciones de riego. *Resúmenes del XIV congreso nacional de fitogenética. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Méx. 1992.*
- Ayllón T., T. y Gutiérrez R., J. 1983. *Introducción a la observación meteorológica. Ed. Limusa. México.*
- CIMMYT. 1992. *Manejo de ensayos e informe de datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. México.*
- Cuevas L., J. A. 1993. *Efectos del desespigamiento, eliminación de hojas y densidad de población sobre el rendimiento y calidad de la semilla en el híbrido de maíz (Zea mays L.) H-34 para valles altos. Tesis de Licenciatura. FESC - UNAM. Cuautitlán Izcalli, Méx.*

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- Culpepper, C. W. and Magoon, C. A. 1930. Effects of defoliation and root pruning on the chemical composition of sweet-corn kernels. *Journal of Agricultural Research* 40 (6): 575-583.
- De la Loma J. L. 1982. Experimentación agrícola. Ed. UTEJCA, S.A. México.
- De la Teja A., O. 1982. Estudio de las características edáficas de los suelos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. FESC-UNAM. (mimeografiado). Departamento de Ciencias Agrícolas.
- Delgado P., J. G.; Tadeo R., M. y Espinosa C., A. 1992. Efecto de podas en la floración y productividad de semilla en progenitores de híbridos de maíz. Resúmenes del XIV congreso nacional de fitogenética. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Méx: 1992.
- Edmeades, G. O. and Lafitte, H. R. 1987. Effects of defoliation and density stress on tropical maize selected for reduced plant height. *Agronomy Abstracts* pp.90-91.
- Edmeades, G. O. and Lafitte, H. R. 1993. Defoliation and plant density effects on maize selected for reduced plant height. *Agronomy Journal* 85(4): 850-857.
- Egliareva, P. N.; Horrocks R. D. and Zuber, M. S. 1976. Dry matter accumulation in maize in response to defoliation. *Agronomy Journal* 68(1):40-43.

Espinosa C., A. 1985. Adaptabilidad, Productividad y calidad de líneas e híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría de Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx

Evans, L. T. and I. F. Wardlaw. 1976. Aspectos de la fisiología comparativa del rendimiento de grano en cereales. (mimeografiado, Trad. J. L. Arellano V. 1982) Adv. Agron. 28 : 301 - 350.

Gallais, A. 1983. Physiologie du maïs. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris, Francia.

García M., E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las

condiciones de la República Mexicana. UNAM. México.

Goldsworthy, P. R. 1970. The sources of assimilate for grain development in tall and short sorghum. Journal of Agricultural Science Cambridge 74(2) : 523-531.

Gutiérrez Hernández, G. F. 1984. Relaciones fuente - demanda mediante defoliación en los híbridos de maíz H - 30, H - 131, y H - 137E. Tesis de Licenciatura. FESC - UNAM. Cuautitlán Izcalli, Méx

Hanway, J. J. 1969. Defoliation effects on different corn (*Zea mays* L.) hybrids as influenced by plant population and stage of development. Agronomy Journal. 61 : 534 - 538.

Haro Arias, E. A. 1978. Efectos de Diferentes Grados de Defoliación en Trigo, en el Periodo de Post - Anthesis. Tesis de Licenciatura. Escuela de Agricultura. Universidad de Guadalajara. Guadalajara. Jalisco, Mex.

Krishnamurthy, K. 1973. Final technical report of the P.L. 480 project, A7-CR-278 investigations on the structure on yield in cereals (maize and Sorghum). Bangalore, India: University of Agricultural Sciences; 1973.

Lafitte, J. R. 1994. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de Campo. CIMMYT, México.

Lowry, W. P. 1975. Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de la clase IV. Volumen 3, Ciencias de la tierra 1975. Organización meteorológica mundial. (trad. D. Jacobo López de Rego. Instituto Nacional de Meteorología de España.).

Piña del Valle, A. 1992. Capacidad productiva de híbridos de maíz por diferente orden de combinación de progenitores. Tesis de Licenciatura. FESC - UNAM. Cuautitlán Izcalli, Méx.

Reyes Castañeda, P. 1990. El maíz y su cultivo. AGT Editor, S. A. México.

Rubio R., F. 1989. Causas y efectos de los siniestros en el cultivo del arroz (*Oryza*

sativa L.), con énfasis en la humedad, en la Chontalpa, Tabasco, México. Tesis de Licenciatura. UNAM. PES-Cuautitlan. México.

Sánchez Campos, H. y Osivera Arteaga, C. 1973. Producción de materia seca y estimación del potencial fotosintético mediante la defoliación artificial en maíz. Centro de Investigaciones Fitotécnicas y Ecogenéticas de Pairumani, Cochabamba, Bolivia.

Seguros América. 1993. Manual Técnico de Ramo Agropecuario. México. Seguros América.

Shapiro, C. A.; Peterson, T. A. and Flowerday, A. D. 1986. Yield Loss Due to Simulated Hail Damage on Corn: A Comparison of Actual and

Predicted Values. *Agronomy Journal*. 78 : 585 - 589.

Soza, R.F.; Violic, M. A. D. y Claire, V. 1979. Defoliación para forraje en maíz. *Simiente* 49(3-4): 33-38.

Tanaka A. y Yamaguchi J. 1984. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano en maíz. (Trad. J. Kashihi Shibata). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.

Torres Ruiz, E. 1984. *Agrometeorología*. Ed. Diana. México.

Vasilas, B. L. and R. D. Seif. 1985. Defoliation effects on two corn inbreds an their single - cross hybrid. *Agronomy Journal*. 77 : 816 - 820.