

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



20
Rej

**EFFECTO DEL ACIDO 2 (CLORETIL) FOSFONICO
SOBRE EL ACAME, EL RENDIMIENTO Y SUS
COMPONENTES EN LAS VARIETADES DE MAIZ
(ZEA MAYS L.) V-18 Y H-139.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
AGUSTIN MENDOZA ZAMORA

ASESOR: M.C. JOSE LUIS ARELLANO VAZQUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

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

F. E. S. M.
UNIDAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

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. 29 del Reglamento General de Exámenes nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Efecto del Acido 2 (cloretil) fosfónico sobre el acame, el rendimiento y sus componentes en las variedades de maíz (Zea mays L.) V-18 y H-139.

que presenta el pasante: Agustín Mendoza Zamora
con número de cuentas: 8409417-5 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Agrícola

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"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 28 de Mayo de 1956

PRESIDENTE	<u>M. en C. José Luis Arellano Vázquez</u>	
VOCAL	<u>Dr. Aquiles Carballo Carballo</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Guillermo Basante Butrón</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Javier Vega Martínez</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Julio C. Corzo Sosa</u>	

UAE/DEP/VAP/08

Doy gracias a Dios Padre Todo Poderoso con todo mi corazón y alma por concederme concluir una de mis más grandes aspiraciones en la vida.

**ATENCIÓN, OÍD MI VOZ, ESTAD ATENTOS, ESCUCHAD MIS PALABRAS. ¿ACASO EL
LABRADOR, CUANDO SIEMBRA, ESTÁ SIEMPRE ARANDO, BARBECHANDO Y
RASTRILLANDO LA TIERRA? ¿VERDAD QUE CUANDO HA ALISADO SU TIERRA
ECHA LA NIGELA, SIEMBRA EL COMINO, TIRA EN LOS SURCOS EL TRIGO,
SIEMBRA LA CEBADA EN SU LUGAR, Y PONE LA ESPelta EN LA ORILLA? SU
DIOS ES QUIEN ESAS REGLAS LE ENSEÑA; ÉL ES QUIEN LO INSTRUYE. PORQUE NI
EL TRINEO ES PARA TRILLAR LA NIGELA, NI POR EL COMINO PASA LA RUEDA
DEL CARRO; CON EL GARROTE SE GOLPEA LA NIGELA Y CON LA VARA EL
COMINO. EL TRIGO DEBE TRILLARSE, PERO NO HAY QUE GOLPEARLO SIEMPRE;
LA RUEDA DEL CARRO SOBRE DE ÉL PASA, CON TODO Y CABALLOS, PERO NO SE
LE APLASTA. TAMBIÉN ESO VIENE DEL SEÑOR DE LOS EJÉRCITOS:
ADMIRABLES SON SUS CONSEJOS, NUMEROSOS SUS RECURSOS.**

ISAÍAS 28:23.

AGRADECIMIENTOS:

Quiero expresar mi más sincera apreciación y gratitud al M. C. José Luis Arellano Vázquez, por su valiosa asistencia y dirección del presente trabajo de Tesis, así como por su sincera y desinteresada amistad, enseñanzas y estímulo de superación constante en la vida.

Un amplio agradecimiento a la M. C. Yolanda Salinas Moreno por su coparticipación e indicaciones brindadas respecto a la aplicación de ethrel en el presente trabajo.

Al M. C. Francisco Cienfuegos Ibarra, por su valiosa y desinteresada colaboración durante el análisis estadístico.

A los miembros del Jurado por su revisión y valiosas sugerencias aportadas.

DEDICATORIA

Con profundo cariño, respeto, gratitud y orgullo,

A mis padres:

Eloy Mendoza Huerta y Domitila Zamora Tellez

Por la vida que me dieron, la orientación hacia la sencillez, honradez, respeto, justicia y superación.

A mis hermanos:

Victor, Antonia, Rolando, Emilio, Eloy, Hilda, Miriam y Guadalupe como un camino a seguir y muestra de que todo en la vida con esfuerzo es posible realizar.

CONTENIDO

	Página
CONTENIDO	i
ÍNDICE DE CUADROS EN EL TEXTO	iv
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Objetivos.....	4
1.2. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Acame en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	5
2.2. Estimación de acame en maíz.....	5
2.3. Altura de planta.....	6
2.4. Acame de tallo.....	7
2.4.1. Caracteres morfológicos relacionados al acame de tallo.....	7
2.5. Acame de raíz.....	8
2.5.1. Factores promotores de acame de raíz.....	8
2.6. Características de una planta resistente al acame.....	9
2.7. Rendimiento en grano y sus componentes.....	10
2.8. Efecto del acame sobre el rendimiento.....	16
2.9. Contribución del área foliar a el rendimiento en grano.....	17
2.10. Etileno.....	18
2.10.1. Propiedades físicas.....	19
2.10.2. Preparación.....	20
2.10.3. Concentración endógena de etileno.....	20
2.10.4. Efecto del etileno sobre el alargamiento y engrosamiento del tallo de monocotiledóneas.....	20

2.10.5. Inhibición en la expansión foliar por efecto de etileno.....	21
2.11. Ethrel (ácido 2-cloroetil fosfónico) como fuente de etileno.....	22
2.11.1. Formación de etileno a partir del ácido 2-cloroetil fosfónico.....	23
2.12. Uso de ethephon (ácido 2-cloroetil fosfónico) como un regulador de crecimiento vegetal en cereales de grano pequeño.....	24
2.13. Uso de ethephon como un regulador de crecimiento en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	26
2.13.1. Efecto del ethephon sobre el rendimiento y sus componentes.....	27
2.13.2. Efecto de la época de aplicación de ethephon.....	30
2.13.3. Efecto del ethephon sobre el área foliar.....	31
2.13.4. Efecto del ethephon sobre la altura de planta y mazorca.....	32
2.13.5. Efecto del ethephon sobre la fortaleza del tallo y acame.....	33
2.13.6. Efecto del ethephon sobre días a floración y días a madurez fisiológica.....	34
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1. Localización del sitio experimental.....	35
3.2. Variedades empleadas.....	35
3.3. Establecimiento y conducción de la investigación vía experimental..	36
3.4. Diseño experimental, de tratamientos y parcela experimental.....	37
3.5. Determinación de la etapa de desarrollo de la planta para la aplicación de ethrel.....	39
3.6. Aplicación de ethrel a las plantas.....	39
3.7. Datos Registrados.....	40
3.7.1. Materia seca en tallo (MST) y área foliar de la hoja de la mazorca principal (AFHMP).....	40

3.7.2. Longitud promedio de entrenudos del tallo (LET), peso seco total de planta (PSTP) y peso de grano mazorca ¹ (PGMzc ¹).....	41
3.7.3. Días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF).....	42
3.7.4. Altura de planta (AP) y de mazorca (AM).....	42
3.7.5. Días a madurez fisiológica (DMF).....	42
3.7.6. Porcentaje de acame (% AC).....	43
3.7.7. Número de plantas m ⁻² (NP m ²).....	43
3.7.8. Peso de campo (PC).....	43
3.7.9. Determinación de humedad del grano (HG) y porcentaje de materia seca (% MS).....	44
3.7.10. Rendimiento en grano y sus componentes (REN Y COM).....	44
3.8. Análisis Estadístico.....	46
4. RESULTADOS.....	47
4.1. Área foliar de la hoja de la mazorca principal y peso seco de tallo..	47
4.2. Longitud de entrenudos, porcentaje de acame, días a floración femenina y días a madurez fisiológica.....	50
4.3. Componentes del rendimiento y rendimiento.....	58
4.4. Análisis de correlación entre componentes del rendimiento.....	65
5. DISCUSIÓN.....	70
5.1. Área foliar de la hoja de la mazorca principal y peso seco de tallo..	70
5.2. Longitud de entrenudos, acame, días a floración femenina y días a madurez fisiológica.....	71
5.3. Componentes del rendimiento y rendimiento.....	73
6. CONCLUSIONES.....	76
7. BIBLIOGRAFÍA.....	78

ÍNDICE DE CUADROS EN EL TEXTO

	Página
CUADRO 1. Cuadrados medios, valor de "F" y significancia estadística de parámetros de acumulación de materia seca en variedades de maíz bajo el efecto del ethrel.....	48
CUADRO 2. Medias de los parámetros de área foliar y materia seca acumulada en variedades de maíz bajo tres dosis de aplicación de ethrel.....	49
CUADRO 3. Medias de parámetros de área foliar de la hoja de la mazorca principal y materia seca acumulada en variedades de maíz bajo dos épocas de aplicación de ethrel.....	51
CUADRO 4. Medias de las variables cuantificadas de materia seca acumulada en estructuras, órganos y planta de variedades de maíz V-18 y H-139 bajo el efecto de ethrel.....	52
CUADRO 5. Cuadrados medios, valor de "F" y significancia estadística de longitud de entrenudos, porciento de acame, días a floración femenina y a madurez fisiológica en variedades de maíz bajo el efecto del ethrel.....	53
CUADRO 6. Medias de los parámetros longitud de entrenudos, porciento de acame, días a floración femenina y a madurez fisiológica en variedades de maíz bajo tres dosis de ethrel.....	55

CUADRO 7.	Medias de longitud de entrenudos, porciento de acame, días a floración femenina y a madurez fisiológica en variedades de maíz bajo dos épocas de aplicación de ethrel.....	56
CUADRO 8.	Medias de longitud de entrenudos, porciento de acame, días a floración femenina y a madurez fisiológica de las variedades V-18 y H-139 bajo el efecto de ethrel.....	57
CUADRO 9.	Cuadrados medios, valor de "F" y significancia estadística de componentes de rendimiento morfológicas en variedades de maíz bajo la aplicación de ethrel.....	59
CUADRO 10.	Cuadrados medios valor de "F" y significancia estadística de rendimiento y sus componentes en variedades de maíz bajo la aplicación de ethrel.....	60
CUADRO 11.	Medias de los parámetros altura de planta y de mazorca y rendimiento en grano de maíz y sus componentes bajo el efecto de tres dosis de ethrel.....	62
CUADRO 12.	Medias de los parámetros altura de planta y de mazorca y rendimiento en grano de maíz y sus componentes bajo dos épocas de aplicación de ethrel.....	63
CUADRO 13.	Medias de los parámetros altura de planta y de mazorca y rendimiento en grano de maíz y sus componentes de las variedades V-18 y H-139 bajo el efecto del ethrel.....	64
CUADRO 14.	Coefficientes de correlación y su significancia estadística de área foliar, peso seco de tallo y planta, longitud de	

entrenudos, porcentaje de acame, días a floración y a madurez, altura de planta y rendimiento y sus componentes de la variedad V-18 bajo el efecto del etrel.....	66
---	----

CUADRO 15. Coeficientes de correlación y su significancia estadística de área foliar, peso seco de tallo y planta, longitud de entrenudos, porcentaje de acame, días a floración y a madurez, altura de planta y rendimiento y sus componentes del híbrido H-139 bajo el efecto del etrel.....	68
---	----

RESUMEN

Los objetivos de este estudio fueron determinar la influencia de la dosis y época de aplicación del ácido 2 (cloretil) fosfónico, sobre el rendimiento y sus componentes y conocer su efecto sobre la longitud del tallo, peso seco de la planta y el acame en las variedades de maíz (*Zea mays* L.) V-18 y H-139.

El ethrel (ácido 2 (cloretil) fosfónico) fué aplicado a las variedades mejoradas V-18 y H-139 en tres dosis (0, 140 y 280 g i. a. ha⁻¹) en dos estados de crecimiento (diferenciación de espiga (DE) y diferenciación de mazorca principal (DM)). Ambas variedades fueron sembradas en un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con un arreglo en parcela sub-dividida; los tratamientos se definieron en base a un arreglo factorial 3 x 2 x 2.

El experimento se estableció en terrenos del Campo Experimental Santa Lucía, del Centro de Investigaciones Región Centro del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, localizado en Coatlincán, Edo. de México.

El uso de 280 g ha⁻¹ de ácido 2 (cloretil) fosfónico, aplicado en el estado de crecimiento de diferenciación de mazorca principal redujo el área foliar de la hoja de la mazorca principal, el peso seco total de planta, la longitud promedio de los entrenudos de la parte media del tallo, la altura de planta, peso de grano por mazorca y el acame en ambas variedades en un 13 %, 3 %, 6 %, 7 %, 11 % y 44 % respectivamente. La aplicación de ethrel en diferenciación de mazorca principal fué crítica y determinante en la reducción de longitud de entrenudos de la parte media del tallo y altura de planta, ambos componentes influyeron de manera positiva en la incidencia de acame, en adición a esto se redujo la acumulación de materia seca en la planta; sin embargo, esto condujo a reducir el rendimiento en grano principalmente en la variedad V-18, las componentes del rendimiento afectadas en éste fueron: peso de mazorca m⁻², número de granos por mazorca, número de granos m⁻² y peso de grano m⁻². La aplicación de 280 g de ácido 2 (cloretil) fosfónico, así como la aplicación en el estado de crecimiento de diferenciación de espiga redujeron en 12 y 4 días

respectivamente la madurez fisiológica en ambas variedades. Del mismo modo, se redujo la longitud de mazorca en época de aplicación de diferenciación de mazorca principal para ambas variedades.

El análisis de correlación para la variedad V-18, mostró una correlación positiva altamente significativa entre % de acame y área foliar ($r=0.756^{**}$); esto explica que quizá la disminución en incidencia de acame fué debida a una reducción en el área foliar de la hoja de la mazorca principal y en la acumulación de materia seca en la planta. Por otro lado, para el híbrido H-139 se observaron valores de correlación positivos significativos entre % de acame y longitud de entrenudos de la parte inferior del tallo ($r=0.569^*$) y altamente significativos entre % de acame y área foliar de la hoja de la mazorca principal ($r=0.763^{**}$), peso seco de tallo en antesis ($r=0.733^{**}$) y peso seco total de planta en madurez fisiológica ($r=0.750^{**}$). Esta disminución en materia seca en la planta influyó de manera detrimental en la madurez fisiológica, el peso de grano por mazorca y el rendimiento en grano de maíz de ambas variedades.

Ambas variedades respondieron particularmente a la aplicación del ácido 2 (cloretii) fosfónico. El híbrido H-139 fué más sensible a el ethrel, sin embargo, se expresó de manera favorable en el rendimiento en grano en comparación a la variedad V-18.

1. INTRODUCCIÓN.

El acame es la mayor limitante en producción de maíz (*Zea mays* L.) (Zuber y Kang, 1978; Esehie, 1985) en los U.S.A., a pesar de los esfuerzos de los fitomejoradores para desarrollar resistencia a el acame. Comúnmente se acepta que, prácticas de manejo para maximizar los rendimientos tales como altas dosis de fertilización de nitrógeno, altas densidades de población, irrigación o alta precipitación, frecuentemente dan plantas más altas y frágiles, las cuales se acaman por efecto del viento y por daños de barrenadores del tallo (Carter, 1985; Norberg *et al.*, 1988).

El acame reduce el rendimiento en grano principalmente por restringir la translocación de fotosintato a el grano y por obstaculizar la cosecha mecánica (Lieberhardt *et al.*, 1968; Wiersma *et al.*, 1986). Esto ha conducido a que recientemente se haya enfocado el interés sobre el uso de compuestos antiacame tales como el ethephon para su prevención en cultivos en campo.

El ethrel, inicialmente se usó para sincronizar la floración en piña, desde entonces se usa como un regulador de crecimiento para muchas otras especies (Cooke y Randall, 1968; de Wilde 1971). Mayor interés en el manejo intensivo de cereales ha incrementado el uso de ethephon como un agente antiacame para granos pequeños (Dahnous *et al.*, 1982; Nafziger *et al.*, 1986; Wiersma *et al.*, 1986).

Pocos estudios, se han realizado en México para cuantificar el acame en maíz y evitarlo por medio de productos químicos por lo que se plantea el presente estudio con los siguientes objetivos.

1.1. OBJETIVOS.

1. Conocer la influencia de la época y dosis de aplicación del ácido 2 (cloretil) fosfónico sobre el rendimiento y sus componentes en las variedades de maíz V-18 y H-139.

2. Conocer el efecto de dosis y época de aplicación de ethrel (ácido 2 (cloretil) fosfónico) sobre la longitud del tallo, el peso seco de la planta y el acame en las variedades de maíz V-18 y H-139.

1.2. HIPÓTESIS.

1. El ethrel afecta las estructuras vegetativas y reproductivas de manera diferencial de acuerdo con dosis, época de aplicación y variedad.

2. Altas dosis de ethrel (ácido 2 (cloretil) fosfónico) aplicadas en diferenciación de mazorca principal están asociadas con mayor reducción del rendimiento en grano y de sus componentes y menor expresión de acame.

2. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Acame en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

El acame en el cultivo de maíz no sucede en forma súbita, existen diversos factores que lo ocasionan entre ellos variables del tiempo y suelos húmedos, los cuales sólo o en combinación causan o contribuyen a el acame (Carter, 1985). Poehlman, (1987); Moentono, (1988); Vaidya y Mahab, (1988) mencionan que en maíz dos tipos de acame son observados; uno es llamado acame de raíz, mientras que el otro es denominado rompimiento de tallo.

Jugenheimer, (1981) define el acame como la caída o inclinación de la planta en un ángulo de 45° con respecto a el suelo. Poehlman, (1987) considera a el acame como la inclinación mayor o igual de 30° de la planta a partir de la vertical o el rompimiento del tallo antes de la cosecha del grano. Vaidya y Mahab, (1988) por su parte definen técnicamente el acame como el tendido parcial o completo de la planta sobre el suelo antes de la cosecha.

2.2. Estimación de acame en maíz.

Esechie, (1985) y Fritz *et al.*, (1991) consideraron a las variedades resistentes de maíz a el acame con calificación uno o dos, mientras que las variedades susceptibles las registraron con calificación tres, cuatro o cinco dependiendo de la severidad. Esechie, (1985); Beck *et al.*, (1988); Khosravi y Anderson, (1991) consideraron el acame de planta como aquellas que poseían una inclinación en un ángulo mayor o igual a 30° con respecto a la vertical.

Por su parte Poehlman, (1987) menciona que las observaciones de acame son registradas en diferentes formas por diferentes fitomejoradores. Un método común para medir el acame es expresarlo en porciento. En maíz, el acame es generalmente expresado como el porciento de plantas con acame de raíz y porciento de plantas con rompimiento de tallo.

Gaska y Oplinger, (1988a, 1988b) estimaron el acame visualmente como el porcentaje de plantas en la parcela acamadas por raíz o tallo en ángulo mayor que 0.524 radianes con respecto a la vertical. Bullock y Raymer, (1989) y Norberg *et al.*, (1988) registraron el porcentaje de acame en las parcelas durante la cosecha, como la proporción de plantas acamadas con tallo roto o inclinado en un ángulo mayor que 0.78 radianes.

2.3. Altura de planta.

Fisiológicamente, la altura de planta es el producto del número de nudos y el promedio de la longitud de entrenudos (Cooper, 1973; Suresh y Khanna, 1975). Las condiciones ambientales existentes durante el alargamiento del tallo ejercen una notoria influencia sobre la altura de la planta madura, el diámetro del tallo y también en cierto modo, el potencial de rendimiento. La temperatura y el fotoperiodo pueden influir sobre la altura de tallo al afectar la cantidad de entrenudos. Sin embargo, existen efectos más directos como los que resultan de las variaciones en el nivel de humedad, nutrición, temperatura, cantidad y calidad de la luz (Evans, 1983).

Una reducción de altura de planta disminuye la susceptibilidad al acame, hace que el cultivo de maíz responda más favorablemente a un mejor manejo y puede mejorar la eficiencia del rendimiento a través del mejoramiento del índice de cosecha (Sprague, 1981).

2.4. Acame de tallo.

Poehlman, (1987) considera que una planta de maíz usualmente se clasifica como acamada de tallo si el tallo se rompe abajo de la mazorca, la rotura del tallo puede ocurrir antes o después de la cosecha. Por otro lado Vaidya y Mahab, (1988) mencionan que el acame de tallo es un fenómeno físico, el cual ocurre cuando la parte inmediatamente arriba del suelo es incapaz de sostener el peso causado por las partes arriba de la superficie del suelo.

2.4.1. Caracteres morfológicos relacionados al acame de tallo.

Yoshida, (1972); Mohammad, (1978) y Poehlman, (1987) coinciden que entre los caracteres de planta asociados con acame, la altura de planta, es el factor predominante que afecta la resistencia al acame. Vaidya y Mahab, (1988) reportan que la altura de planta incrementa el peso que es soportado por los entrenudos más bajos de las plantas y secundariamente incrementan la fuerza de movimiento del viento y conjuntamente causan que el tallo se acame.

La longitud internodal basal está estrechamente correlacionada con acame Esehie, (1985) en su estudio observó que el acame se correlacionó positivamente con longitud internodal basal ($r=0.82^{**}$). A partir de un mayor crecimiento y poseer entrenudos basales más largos, las variedades susceptibles fueron de tallos delgados en la base, y tuvieron cortezas más delgadas que las variedades resistentes. Stamp y Kiel, (1992) reportaron que el acame se correlacionó negativamente con el diámetro basal del entrenudo ($r=-0.90^{**}$), grosor de corteza ($r=-0.88^{**}$) y peso de una sección basal de entrenudo ($r=-0.90$), esto les condujo a pensar que las variedades resistentes al acame debieran ser robustas en la base, presentar cortezas más gruesas y poseer un buen sistema fibrovascular.

2.5. Acame de raíz.

El acame de raíz ocurre cuando bajo el suelo, las partes del sistema radical son incapaces de sostener el peso causado por las partes aéreas de la planta, técnicamente, el acame de raíz puede ser parcial o el completo tendido de la planta sobre el suelo (Vaidya y Mahab, 1988) en adición a lo anterior para Stamp y Kiel, (1992) el anclaje de la planta por la raíz y el apalancamiento del brote juegan un papel mayor en el proceso de acame de raíz.

2.5.1. Factores promotores de acame de raíz.

Beck, (1985) y Poehlman, (1987) mencionan que fuertes vientos, organismos pudridores de raíz y gusanos que se alimentan de la raíz del maíz por ejemplo *Diabrotica virgifera* Le Conte, *Diabrotica longicornis* (Say) son las causas primarias de acame de raíz, asimismo la humedad del suelo y factores ambientales presentan influencia en este tipo de acame.

Los efectos combinados de elementos del clima especialmente lluvias intensas y fuertes vientos promueven el acame de raíz, en su momento el acame reduce el rendimiento y calidad del grano (Jugenheimer, 1981; Beck, 1985; Carter, 1985; Moentono, 1988; Poehlman, 1987; Stamp y Kiel, 1992).

Moentono, (1988) menciona que observaciones de campo muestran que el acame de raíz puede causar un serio problema en suelos aluviales, en los cuales la raíz no puede asirse fuertemente a los agregados del suelo; por condiciones húmedas del suelo (Carter, 1985); en combinación con elementos del tiempo (Beck, 1985; Stamp y Kiel, 1992) o en áreas fangosas donde la superficie del agua usualmente expone las raíces de anclaje.

Las raíces de anclaje sanas y el tallo fuerte de una planta de maíz asegura una buena probabilidad de que ésta planta permanecerá en la época de cosecha (Carter, 1985). Grancher *et al.*, citados por Beck, (1985) reportan una baja pero significativa correlación entre acame y número de raíces, la cual consideran que puede ser usada por los fitomejoradores. Por su parte, Stamp y Kiel, (1992) reportan que no encontraron correlaciones entre el número total de raíces y acame de raíz.

El acame de raíz resulta de una fertilidad deficiente, por lo general se ha atribuido a una deficiencia de potasio, también se ha encontrado que el nitrógeno y el fósforo influyen en el acame, particularmente cuando los niveles de éstos nutrientes se incrementan y el potasio permanece a niveles bajos. Debido a ello, se han realizado diversos estudios de campo en los que se ha observado que los tratamientos de fertilidad influyen en el acame de maíz notablemente (Jugenheimer, 1981; Beck, 1985; Poehlman, 1987; Vaidya y Mahab, 1988).

2.6. Características de una planta resistente al acame.

La resistencia es la capacidad de una planta para permanecer relativamente inafectada por influencias ambientales anormales debido a las propiedades inherentes que posee. La excelente resistencia al acame ha contribuido considerablemente a la popularidad de los híbridos de maíz (Jugenheimer, 1981).

La selección para resistencia al acame de raíz es el mayor objetivo en el mejoramiento del maíz. Sin embargo, la impredecible naturaleza de condiciones ambientales que promueven el acame de la raíz, crea dificultad para obtener avances consistentes por selección, de este modo, los fitomejoradores deben evaluar líneas en muchos medios ambientes o seleccionar para menor acame en localidades donde el acame de raíz ocurre significativamente. La mayor limitación para la selección de reducción de acame de raíz, es que cuando el estrés medio ambiental promueve el acame de raíz, aunque éstos efectos raramente son uniformemente distribuidos dentro de

un experimento o bien pueden causar que el cultivar más resistente se acame; consecuentemente, la precisión para medir el acame de raíz frecuentemente es pobre (Beck, 1985).

Los fitomejoradores de maíz deben incorporar muchas características deseables en sus híbridos, sin embargo, tres rasgos muy importantes que es necesario considerar son: los rendimientos elevados, la madurez adecuada y la excelente resistencia a el acame (Jugenheimer, 1981). En concordancia con lo anterior Poehlman, (1987) menciona que los híbridos de nuestros días tienden a ser más cortos y tempranos, con un fuerte sistema radical y tallos más rígidos para mantener la planta erecta sin acame.

2.7. Rendimiento en grano y sus componentes.

El rendimiento se ha considerado como un carácter controlado por genes cuantitativos, es decir, está influenciado de muchos genes de efectos pequeños e individuales que fenotípicamente se considera como un carácter único. Sin embargo, el rendimiento es un carácter complejo que depende de la interacción de varias componentes fisiológicas, en especial de aquellas que más lo limitan y que varían su expresión de acuerdo con el genotipo y el medio ambiente (Wallace citado por Ozuna, 1980). Para Poey, (1978) y Poehlman, (1987) el rendimiento, ya sea por planta o superficie, debe interpretarse como producto final de procesos fisiológicos de la planta, estos productos dependen de efectos genéticos y ambientales que pueden afectar las estructuras morfológicas en formas diferentes e independientes a las diversas componentes del rendimiento, el rendimiento en grano debe interpretarse de acuerdo a la eficiencia de procesos metabólicos que logren la máxima producción, translocación y acumulación de sólidos solubles en los granos con la menor interacción con el medio ambiente. Es difícil controlar los mecanismos genéticos que se ejercen a través del control de los componentes fisiológicos, los cuales interaccionan para expresar el rendimiento económico.

Un alto rendimiento en grano de cualquier cultivo puede ser alcanzado sólo cuando una combinación apropiada de variedad, medio ambiente y prácticas agronómicas son obtenidas. Bajo la comprensión de los procesos fisiológicos incluidos en la producción de grano, el crecimiento vegetativo, la formación de órganos de almacenamiento y llenado de grano, ayudan a determinar la mejor combinación de los tres factores y también hace pensar que las mejores combinaciones permiten mayor incremento en el rendimiento en grano (Yoshida, 1972).

Para que una planta de maíz produzca granos es necesario que se cumplan dos etapas secuenciales; en primera instancia, debe existir una cantidad teórica de granos polinizados capaces de experimentar un desarrollo posterior y segundo, deben recibir productos fotosintéticos durante este periodo. De modo, que el rendimiento en grano a la cosecha queda determinado por la cantidad de los granos establecidos en el momento de la polinización o por la cantidad de productos fotosintéticos disponibles entre la polinización y la madurez. El tamaño de la demanda depende de la cantidad de granos polinizados y desarrollo existente por planta, multiplicada por el peso potencial de aquellos. Los productos fotosintéticos necesarios para llenar los granos resultan de la tasa de fotosíntesis del cultivo durante el periodo de llenado, menos las pérdidas por respiración, más las reservas de carbohidratos almacenados anteriormente en la estructura de la planta y disponibles durante dicho lapso. El rendimiento potencial en grano en anthesis es función del crecimiento anterior (Evans, 1983).

Halmann, (1990) menciona que a la fecha, los esfuerzos por optimizar los rendimientos de cultivo fueron dirigidos primeramente a mejorar las técnicas de cultivo, adecuado abastecimiento de nutrientes y agua, selección y fitomejoramiento de la planta con características más favorables, hibridación y protección de malezas competitivas así como insectos plaga y hongos fitopatógenos. Sin embargo, para aprovechar el máximo potencial de rendimiento del cultivo, es necesario sobrepasar las limitaciones del rendimiento causadas por los sistemas reguladores naturales de crecimiento. Las

reacciones metabólicas en los vegetales son controladas por el abastecimiento y conversión de nutrientes y por su modelo hormonal endógeno (derivado internamente).

Para Nyanguila, (1980) los factores incluidos en el rendimiento en grano pueden ser simultáneamente resumidos en la siguiente ecuación: Rendimiento en grano/área de terreno = área foliar/área de terreno x número de granos/área foliar x peso de grano. Donde: área foliar/área de terreno es el índice de área foliar y mediciones de eficiencia de intercepción de luz; número de granos/área foliar es el tamaño de demanda; peso de grano se refiere a el monto de fotosintatos almacenados en el grano y el producto de número de granos/área foliar y peso de granos es la eficiencia del rendimiento, el cual es una función de eficiencia fotosintética en la producción de granos, toda la materia seca producida después de anthesis es translocada a los granos en crecimiento o es una función de la translocación en los otros casos.

Una estrecha correlación se encuentra entre rendimiento de grano e Índice de Área Foliar (IAF) en maíz en floración femenina (Yoshida, 1972).

La existencia de una fuerte correlación entre rendimiento de grano e Índice de Área Foliar (IAF) en floración femenina implica que el IAF en floración es estrechamente correlacionado con la formación de estructuras reproductivas o con la producción de carbohidratos para llenado de grano o con ambos (Yoshida, 1972).

Las componentes del rendimiento se pueden considerar como todos aquellos caracteres, estructuras morfológicas y procesos fisiológicos de la planta identificables, los cuales en última instancia regulan la producción final del grano.

Para su estudio se dividen las componentes del rendimiento en morfológicas y fisiológicas. Los caracteres morfológicos son aquellos relacionados con los órganos aéreos y subterráneos de la planta, en tanto que los fisiológicos incluyen todos aquellos procesos determinantes de la producción primaria.

Para Evans, (1983) los principales componentes fisiológicos son tasa de crecimiento del cultivo (TCC), utilización de la luz, intercambio neto de CO_2 y como subcomponentes movilización y distribución de fotosintatos, respiración oscura, fotorrespiración y actividad enzimática. Por su parte Suresh y Khanna, (1975) consideran los siguientes componentes fisiológicos: a) producción de materia seca, de la cual los subcomponentes son el área foliar y tasa de fotosíntesis neta o tasa de asimilación neta (TAN); b) tasa de fotosíntesis, cuyos subcomponentes son el intercambio gaseoso, el cual está relacionado con la frecuencia de estomas y la tasa de difusión, la carboxilación, la fosforilación y la fotorrespiración y c) el crecimiento de la raíz y la absorción de nutrientes por unidad de peso.

Dentro de las componentes morfológicas del maíz más estudiadas se encuentran: altura de planta, peso de la planta (fresco o seco), número y tamaño de hojas, rendimiento en grano planta⁻¹, área foliar planta⁻¹, peso y dimensiones de la mazorca así como el número de hileras y de granos (Leng, 1954). Jugenheimer, (1981) menciona que el número y tamaño de los granos contribuyen a el rendimiento en grano. El número de granos está determinado por la longitud de la mazorca, el número de hileras mazorca⁻¹, el número de mazorcas planta⁻¹ y el número de plantas por unidad de área. Poey, (1978) así como Tanaka y Yamaguchi, (1984) mencionan que muchas características de la planta están asociadas con la aptitud para el rendimiento; sin embargo, Mohammad, (1978) considera que características como altura de planta y mazorca no son componentes del rendimiento, pero son importantes en cuanto a prácticas de producción, Índice de Área Foliar (IAF) e intercepción de la radiación solar.

El número de granos por unidad de área sembrada depende básicamente de los eventos que ocurran antes y alrededor de la floración. Tanaka y Yamaguchi, (1984) observaron correlaciones significativas entre el número de granos por unidad de área sembrada (NGUAS) y rendimiento de grano. El NGUAS también es denominado

tamaño de la demanda fisiológica, esta compuesta por: a) número de plantas por unidad de área sembrada; b) número de mazorcas planta⁻¹ y c) número de granos mazorca⁻¹. En los trópicos, es la componente de rendimiento que usualmente se emplea para evaluar el rendimiento entre variedades (Fisher y Palmer, 1983).

Tanaka y Yamaguchi, (1984) mencionan que el número de granos mazorca⁻¹ es el producto del número de hileras mazorca⁻¹ y el número de granos hilera⁻¹; para una variedad dada, el número de granos mazorca⁻¹ es constante para una amplia variación de condiciones de cultivo y está controlado genéticamente, es decir, no es afectada fácilmente por las condiciones de cultivo. Mientras que el número de granos hilera⁻¹ decrece con una disminución del espaciamiento y del nivel de nitrógeno. Hay diferencias varietales en el número de granos hilera⁻¹ y también en la respuesta de dicho número a las condiciones del cultivo. Sin embargo, Hansen *et al.*, (1978) mencionan que el número de granos línea⁻¹ se establece durante el crecimiento vegetal temprano, cerca del inicio del alargamiento lineal del tallo. La modificación del número de líneas para un cultivar dado es causado por la variabilidad genética y condiciones medio ambientales. El potencial de rendimiento alto a partir del incremento en el número de líneas es más tarde reducido por el stress, el cual, acorta la longitud de la mazorca y decrece el tamaño de semilla.

Para Poey, (1978) entre las características determinantes en el rendimiento final en grano se encuentran el número y peso del grano y el número de mazorcas planta⁻¹. Estas componentes dependen de efectos genéticos cuantitativos y pueden seleccionarse con relativa facilidad. El número de granos, depende de la mazorca y se determina por medio de número de hileras de granos de cada hilera. Del mismo modo, el número de mazorcas que produzca cada planta influirá en el potencial del número de granos por planta.

Tanaka y Yamaguchi (1984) encontraron que el rendimiento en grano está más estrechamente relacionado con el número de granos por unidad de área sembrada que

con el peso de 1,000 granos. Sobre la base de la unidad de área foliar, la velocidad de incremento de peso de grano está positivamente correlacionado con el número de granos. Estos resultados les hizo pensar que la fotosíntesis potencial de las hojas no es el factor limitante, sino que el número de granos, es decir, la demanda fisiológica, es el factor que controla íntimamente la velocidad del llenado de grano y no el rendimiento. De sus experimentos sobre las relaciones del rendimiento y sus componentes, concluyen que más que cualquier otro factor, el número de granos por unidad de área sembrada es el que determina el rendimiento en grano de maíz.

Poey (1978) considera que el máximo rendimiento ha^{-1} dependerá de un peso óptimo de grano que pueda producirse $planta^{-1}$, a una densidad de población óptima bajo condiciones ambientales de ésta variedad. Este peso estará determinado por dos factores principales e independientes: uno, se relaciona con la mazorca y su potencial para desarrollar un número determinado de granos, el otro, se relaciona con el grano en sí, en su potencial de desarrollar su peso individual promedio.

El peso individual del grano depende totalmente de factores que controlan el abastecimiento de asimilados para el llenado de grano (fuente) relativo a el número total de granos (demanda) y sobre el límite genético de crecimiento individual de grano (demanda individual de grano).

El peso del grano es el producto de la duración del periodo efectivo de llenado de grano y la tasa de crecimiento de llenado de grano. La variación principal del rendimiento se relaciona a cambios en la tasa de acumulación de materia seca, pero no la duración del periodo efectivo de llenado de grano (Fisher y Palmer, 1983).

Lawlor, (1987) considera que para el caso de cereales, el rendimiento es determinado por el número de mazorcas producidas por unidad de área de terreno, el número de granos $mazorca^{-1}$ y la masa $grano^{-1}$. El rendimiento del cultivo es entonces limitado por la capacidad de almacenamiento para asimilados (capacidad de demanda)

bajo algunas condiciones y la dosis de producción de asimilados (fuente de abastecimiento) en otros.

2.8. Efecto del acame sobre el rendimiento.

El acame reduce el área de los haces vasculares, los cuales perturban el movimiento de asimilados fotosintéticos y nutrientes absorbidos via sistema radical. Además, el acame perturba la hoja, lo cual muestra resultados de sombreo y eventualmente incrementa el porcentaje de granos no llenados (Yoshida, 1972), granos encogidos y arrugados afectando el rendimiento y calidad de grano (Vaidya y Mahab, 1988).

Zuber y Kang, (1978) mencionan que el incremento en la fortaleza del tallo para de este modo controlar el acame a expensas del rendimiento tuvo que ser asumido, debido a que ambos compiten en la planta.

Esechie, (1985) observó que el rendimiento en grano se correlacionó negativamente ($r=-0.90$) con acame, el cual fué indicador de que las variedades de maíz resistentes a el acame tienen un mayor rendimiento en grano en relación a las variedades susceptibles; en adición a éste, Remison y Akinleye, (1978); Jugenheimer, (1981) también reportan correlación negativa entre acame y rendimiento en grano.

El efecto del acame sobre el rendimiento y calidad de grano depende de su severidad y tiempo de ocurrencia, el acame en anthesis se identifica como el más detrimental (Vaidya y Mahab, 1988). El acame contribuye a reducir la cantidad y calidad de grano y paja, debido a la reducción de fotosíntesis, incremento en la severidad de enfermedades, efecto detrimental de humedad sobre el dosel de un cultivo acamado y reduce la eficiencia de la cosecha (Lieberhardt *et al.*, 1968; Jugenheimer, 1981; Wiersma *et al.*, 1986).

Poehlman, (1987) menciona que las pérdidas en el rendimiento debido al acame pueden resultar a partir de que las plantas de maíz se inclinan, o el tallo se rompe abajo de la mazorca. Las mazorcas sobre los tallos acamados frecuentemente son pérdidas en la operación de cosecha. Las pérdidas pueden resultar también debidas a que el acame promueve debido a una menor incidencia de radiación mazorcas inmaduras. La calidad del grano puede ser reducida si los tallos son rotos, así, las mazorcas tocan el suelo y es dañada por la pudrición de granos.

2.9. Contribución del área foliar a el rendimiento en grano.

La fotosíntesis durante la fase de almacenamiento puede convertirse en un determinante importante del rendimiento, pero la que tiene lugar antes de este momento contribuye a determinar la capacidad de almacenamiento y genera reservas que pueden movilizarse durante la fase en que se almacenan los compuestos (Evans, 1983; Lawlor, 1987). Hoy en día, en la mayoría de los cultivos parece que éstas contribuyen a determinar el rendimiento final en una proporción relativamente pequeña, 20 por ciento en el caso de maíz y cebada, 5 y 10 por ciento en trigo (Evans, 1983).

Eastin, (1969) y Tanaka y Yamaguchi, (1984) estudiaron la contribución de las hojas, acorde a su posición en la planta de maíz, a el rendimiento en grano y materia seca. Ellos encontraron que las hojas arriba de la mazorca contribuyeron principalmente al llenado de grano. La remoción de las hojas superiores durante el periodo de polinización redujo el rendimiento del control. Sin embargo, la remoción de las hojas inferiores durante éste mismo periodo no tiene el mismo efecto sobre el rendimiento en grano. Hallazgos similares observaron diversos autores citados por Soza *et al.*, (1975); Yoshida, (1972).

Eastin, (1969) y Palmer citado por Soza *et al.*, (1975) siguieron la translocación de los productos de la fotosíntesis con $^{14}\text{CO}_2$ y encontraron que las hojas superiores

contribuyeron principalmente al tallo, en adición a lo anterior, Eastin concluye que la jerarquía de importancia de contribución foliar a el rendimiento en grano, el cual estableció como: 1) hojas de la mazorca; 2) hojas superiores del follaje y 3) hojas más bajas del follaje.

Castro, (1978) menciona que al reducir el área foliar, probablemente se reduciría el rendimiento por planta; sin embargo, podría incrementarse el número de plantas ha⁻¹ lo que eventualmente aumentaría la productividad.

2.10. Etileno.

Fue un fisiólogo Ruso llamado Dimitry N. Neljubow quien en 1901 estableció por primera vez los efectos del etileno (C_2H_4 ; $CH_2=CH_2$) sobre el crecimiento vegetativo, él identificó el etileno como un componente del gas iluminatorio y mostró que causa la triple respuesta de plántulas de guisante: inhibición del alargamiento del tallo, incremento en la expansión radial o incremento en el grosor del tallo y una orientación de crecimiento horizontal (Abeles, 1973).

A mediados de los 30's los científicos en el Boyce Thompson de Investigación Vegetal en N.Y., descubrieron mucho de lo actualmente conocido acerca de los efectos fisiológicos del etileno. Sus observaciones los condujeron a pensar que el etileno no era tan sólo un regulador endógeno de crecimiento sino también una hormona maduradora (Crocker *et al.*, citados por Rivier y Crozier, 1987).

El surgimiento y gran interés por la bioquímica y fisiología del etileno ocurrió poco después de la década de los 50's y desde entonces este es un campo de investigación muy productivo. El etileno es ahora conocido como un producto natural del metabolismo vegetal que es producido por tejidos sanos así como senescentes y enfermos, el cual ejerce un control regulatorio e influencia sobre el crecimiento y

desarrollo vegetal generalmente a través de la ontogenia. Sus interacciones con otras especies de hormonas son numerosas y complejas (Moore, 1989).

2.10.1. Propiedades físicas.

El etileno es un gas hidrocarbonado C_2 no saturado simple con una doble ligadura y un peso molecular de 28.054. Su punto de congelación es $-181^\circ C$, de ebullición $-103.7^\circ C$ y de fusión $-169.0^\circ C$. Es un gas incoloro con olor dulce como el del éter. Es flamable con límites de explosión de 2.75 a 28.60 por ciento en el aire, debido a su doble ligadura, absorbe luz UV en 161, 166 y 175 nm con coeficientes de extensión de 3.94, 3.80 y 3.70 respectivamente (Abeles, 1973).

El etileno es cinco veces más soluble en agua que el oxígeno. A $10^\circ C$ su coeficiente de absorción (α) es 0.266 y en $25^\circ C$ 0.18. El coeficiente de absorción es el volumen de un gas, reducido a condiciones estándares ($0^\circ C$ y 760 mm Hg), disuelto en un volumen específico de 861.5 ml g^{-1} a $21^\circ C$, es idéntico a el del nitrógeno, escasamente más que el del aire (830.2 ml g^{-1}) y considerablemente mayor que el del oxígeno (755.4 ml g^{-1}) o dióxido de carbono (547.0 ml g^{-1}). El etileno es ligeramente más ligero que el aire, con una gravedad específica de 0.9740 (aire=1.0). En una concentración de 1 ppm en la fase de gas y a una temperatura de $0^\circ C$, la molaridad del etileno en agua es de 10.1×10^9 , a $25^\circ C$ 4.43×10^9 (Abeles, 1973; Rivier y Crozier, 1987).

2.10.2. Preparación.

El etileno es sintetizado a partir de una serie de compuestos incluyendo alcohol en la presencia de H_2SO_4 u óxido de aluminio. El etileno es también formado a partir de β -hydroxiethylhidrazina y ácido 2-cloroetil fosfónico (Abeles, 1973).

2.10.3. Concentración endógena de etileno.

La concentración de etileno requerida para producir efectos de umbral en una variedad de respuesta fisiológica es 0.01 ppm; las respuestas máximas medias ocurren en 0.1 ppm, la saturación de las respuestas ocurren en 10 ppm y mayores concentraciones son generalmente no tóxicas (Abeles, 1973; Bonner y Varner, 1976), aunque a una concentración de 50 ppm para completamente la división celular y la síntesis de ADN en la región apical de plántulas de frijol etiolado (Lieberman, 1979).

2.10.4. Efecto del etileno sobre el alargamiento y engrosamiento del tallo de monocotiledóneas.

A diferencia del efecto del etileno sobre tallos de dicotiledóneas, el etileno puede promover o inhibir el crecimiento de monocotiledóneas. Muchos investigadores (Abeles, Burg y Burg, Heck y Pires, Kessler, Mack y Livingston, Smith y Gane y Van Andel) encontraron que el etileno reduce el alargamiento del tejido de monocotiledóneas. En general una mayor concentración de etileno es requerida para mostrar un efecto sobre monocotiledóneas y el grado de inhibición del crecimiento es menor que el observado en dicotiledóneas (citados por Abeles, 1973).

El etileno indujo el engrosamiento de tallos a partir de una inhibición del alargamiento con poco o ningún cambio en la canalización de agua, éste engrosamiento

puede ocurrir en ápices de tallos de plántulas, en raíces, en la base foliar en el caso de bulbos o tejido nodal, los aspectos anatómicos del engrosamiento incluyen un incremento en el tamaño celular así como un cambio opuesto a la división y colocación celular original (Abeles, 1973; Burg, 1973; Salisbury y Cleon, 1989).

Microfotografías electrónicas de células epidérmicas revelan un cambio en el modelo microfibrilar de las paredes celulares epidérmicas. Apelbaum y Burg. encontraron que el engrosamiento fué debido a un cambio en la orientación de las microfibrillas de radial a longitudinal. El cambio en la deposición microfibrilar probablemente explica la apariencia alterada de las paredes celulares, resultando en células de forma isodiamétrica más que rectangular como fué visto por Burg y Burg, bajo luz polarizada (citados por Abeles, 1973).

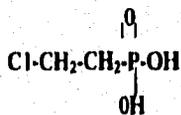
2.10.5. Inhibición en la expansión foliar por efecto de etileno.

La inhibición en la expansión foliar por el etileno es un ejemplo especializado de inhibición de crecimiento. Middleton *et al.*, encontraron que 0.05 ppm de etileno causaron crecimiento anormal en maravilla (*Calendula arvensis* L.) y 0.1 ppm causó anomalías foliares en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Para Burg *et al.*, la inhibición celular explica la prevención de la expansión foliar (citados por Abeles, 1973).

2.11. Ethrel (ácido 2-cloroetil fosfónico) como fuente de etileno.

La aplicación de etileno a los vegetales puede ser usada para regular un sin número de procesos fisiológicos, los cuales tienen valor comercial o práctico. Sin embargo, los gases son difíciles para usar en campo, comparado con otros reguladores vegetales, los cuales son usualmente aplicados en aspersiones acuosas. No obstante, intentos para usar etileno en el campo tuvieron que llevarse a cabo.

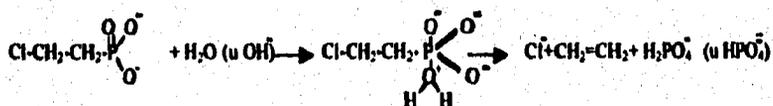
La respuesta práctica para encontrar un medio de tratamiento para plantas en campo con etileno llegó con la introducción de componentes capaces de liberar etileno por medio de alguna reacción química. El primer compuesto usado para este propósito fue el β -hydroxyetilhidrazina (BOH). Palmer *et al.*, citados por Abeles, (1973) reportaron que el porcentaje de conversión de BOH en etileno fue de 1 por ciento y la tasa de descomposición fue influenciada por el pH. Otros compuestos reportados para formar etileno son ethylpropylfosfonato (Dollwe y Kumamoto citados por Abeles, 1973) y ethrel o ethephon (ácido 2-cloroetil fosfónico) (de Wilde, 1971). De los compuestos mencionados anteriormente, el ethrel (cuya fórmula se describe posteriormente) parece ser uno de los más efectivos generadores de etileno y es uno de los más extensamente estudiados (Abeles, 1973).



Fórmula desarrollada del ethrel

2.11.1. Formación de etileno a partir del ácido 2-cloroetil fosfónico.

En 1946 Kabachnik y Rossiiskaya reportaron la síntesis química del ácido 2-cloroetil fosfónico ($\text{Cl-CH}_2\text{-CH}_2\text{-PO}_3\text{-H}_2$), en 1963 Maynard y Swan describieron la formación de etileno a partir de este compuesto (de Wilde, 1971). Abeles, (1973) menciona que una agrupación $\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-}$ en el centro de la molécula, con un electrón final quitado del centro y un electrón donador es capaz de producir etileno. El mecanismo de producción de etileno acorde a Yang, (1969) se pensó procede de la siguiente manera:



Fuertes propiedades en la regulación del crecimiento fueron observadas para el ácido 2-cloroetil fosfónico cuando se aplicó a plantas con su subsecuente rompimiento por acción del pH citoplásmico, con la formación de etileno, el cual afecta las células de cultivos vegetales, pudiendo causar la regulación de varios aspectos del crecimiento vegetal (Warner y Leopold, 1967, 1969; Abeles, 1973; Bullock y Raymer, 1989; Moore, 1989; Halmann, 1990).

Cuando el ácido 2-cloroetil fosfónico también variablemente citado como CEPA (Abeles, 1973; Warner y Leopold, 1967, 1969) y ethrel (de Wilde, 1971; Sachs y Hackett, 1972; Abeles, 1973) es desintegrado en el citoplasma celular con la subsecuente liberación de etileno e iones, cloruro y fosfato produce una amplia variedad de respuestas de tipo hormonal en las plantas (Cooke y Randall, 1968; Yang, 1969; Maynard y Swan, citados por de Wilde, 1971; Salisbury y Cleon, 1989).

El ethrel representa un nuevo tipo de reguladores de crecimiento vegetal, el cual produce una amplia variedad de respuestas de tipo hormonal en las plantas. La regulación del crecimiento vegetal es alcanzada primariamente a través de la única estructura de este compuesto, el cual libera etileno directamente en el tejido vegetal donde el químico es absorbido y translocado (Warner y Leopold, 1967, 1969; Cooke y Randall, 1968).

El ethrel es esencialmente estable en soluciones acuosas con un pH menor de cuatro. Cuando la presencia de iones hidroxilos se incrementa y el pH sube arriba de cuatro, la desintegración del químico toma lugar (Cooke y Randall, 1968; Edgerton y Blanpied 1968; Warner y Leopold, 1967, 1969; de Wilde, 1971).

2.12. Uso de ethephon (ácido 2-cloroetil fosfónico) como regulador de crecimiento vegetal en cereales de grano pequeño.

Formas tradicionales de controlar acame incluyen la restricción de aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y uso de cultivares cortos resistentes al acame. En algunos países, los Reguladores de Crecimiento Vegetal (RsCV) son usados para ayudar en el control de acame e incrementar el rendimiento, pero algunos reportes son conflictivos respecto a los RsCV teniendo restringida su escala de uso (Appleby *et al.*, 1966; Humphries, 1968; Leary y Oplinger, 1983). Las reducciones en los rendimientos toman lugar cuando el acame es severo. En ausencia de acame, sin embargo, los rendimientos en ocasiones son reducidos con ciertas aplicaciones de RsCV. Sin embargo, el cloromequat (Cloruro 2-cloro-N, N, N-trimetil amonio) es usado para el control de acame en granos pequeños en el Norte de Europa (Wiersma *et al.*, 1986; Stützel y Aufhammer, 1989; White, 1991).

En adición a el clomequat, el ethrel es ampliamente examinado y comercializado para el control de acame e incrementar los rendimientos en granos pequeños en Europa (Wiersma *et al.*, 1986; Stützel y Aufhammer 1989; White, 1991) y recientemente se registró su uso en Norte América (Wiersma *et al.*, 1986). El ethrel estimula la producción de etileno en plantas, el cual inhibe el movimiento de auxinas en tejidos de tallo, por medio de esto reduce la posibilidad de las auxinas para promover el alargamiento del tallo (Dahnous *et al.*, 1982).

Wiersma *et al.*, (1986) en un estudio para evaluar los efectos del Regulador de Crecimiento Vegetal (RCV) ethrel, sobre el rendimiento en grano, acame, altura de planta, época de cultivo y porcentaje de humedad del grano, de siete cultivares de trigo de invierno bajo una densidad de 400,000 semillas ha⁻¹ en tres localidades de WI, U.S.A., observaron que el ethrel redujo el acame y altura de planta e incrementó el rendimiento en grano en un promedio de 0.28 mg ha⁻¹, 6.4 %. El acame y el rendimiento en grano fueron correlacionados negativamente, mientras que acame y altura de planta se correlacionaron positivamente. No observaron incremento en el rendimiento en grano por las aplicaciones de RCV cuando el acame fué ausente. En adición a esto Mohamed *et al.*, (1991) trabajando con la vc de trigo Yecora Roja, encontraron que la aplicación de ethephon redujo el acame pero no tuvo efectos en el rendimiento y proteína en grano.

Diversos estudios realizados en diferentes localidades de Europa y Norte América sobre el uso de RsCV en diversos genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) tienen reportadas reducciones en altura de planta y control de acame pero insignificantes reducciones en rendimiento (Foy y Witt, 1986; Alberici *et al.*, 1991; Taylor *et al.*, 1993). Sin embargo, Moes y Stobbe, (1993) y White, (1991) reportan reducciones en altura de planta y en el porcentaje de acame acompañado de un incremento en el rendimiento en grano de cebada por el uso de RsCV.

2.13. Uso de ethephon como un regulador de crecimiento en el cultivo de maíz (*Zm. mays* L.).

El acame es la mayor limitante en la producción de maíz, sea este dulce o palomero, debido primeramente a el débil tallo y pobre desarrollo del sistema radicular, lluvias pesadas y fuertes vientos, afectando de algún modo considerablemente el rendimiento (Zuber y Kang, 1978; Esehie, 1985; Colville y Nielsen, 1986; Gaska y Oplinger, 1988a; Fritz *et al.*, 1991). Prácticas de manejo para maximizar el rendimiento tales como altas dosis de fertilización y densidades de plantas, irrigación o alta precipitación dan como resultado plantas muy altas y frágiles que se acaman por efecto del viento y barrenadores del tallo (Carter, 1985; Cox y Andrade, 1988; Norberg *et al.*, 1988). Cuando el acame ocurre, el rendimiento en grano en campo es reducido (Lieberhardt *et al.*, 1968; Yoshida, 1972; Zuber y Kang, 1978; Jugenheimer, 1981; Poehlman, 1987; Vaidya y Mahab, 1988).

Halmann, (1990) menciona que los reguladores de crecimiento vegetal pueden ser considerados como una nueva generación de agroquímicos, después de fertilizantes, pesticidas y herbicidas. Entre los reguladores de crecimiento vegetal sintéticos, el grupo más importante hasta ahora es el etileno y compuestos liberadores de éste, así como antagonicos (inhibidores) de auxinas y giberelinas. Cerca de sesenta biorreguladores vegetales son ahora comercialmente disponibles.

Investigaciones recientes en maíz han despertado el interés en el uso de reguladores de crecimiento vegetal con efecto antiacame, tal es el caso del ethephon que se ha usado para la prevención de acame en campos de cultivo (Cox y Andrade, 1988; Konsler y Grabau, 1989).

2.13.1. Efecto del ethephon sobre el rendimiento y sus componentes.

Earley y Slife, (1969) observaron que el rendimiento en grano planta⁻¹ se redujo por cada dosis de aplicación de ethrel en cada época de aplicación. La mayor reducción del rendimiento ocurrió con aplicaciones de 1.12 y 2.24 kg ha⁻¹ de ethephon, 29 días después de la siembra. Los rendimientos promedio en grano seco de plantas examinadas y las que recibieron 0.56, 1.12 y 2.24 kg ha⁻¹ de ethrel fueron 138, 102, 98 y 92 g respectivamente. La reducción en rendimiento en grano para los tres días tardíos de tratamiento fué asociada con el área foliar planta⁻¹. Esto mostró que el ethrel redujo el rendimiento en grano de maíz por restringir el crecimiento de las hojas. El grano seco dm² de área foliar para las plantas examinadas y para las que recibieron 0.56, 1.12 y 2.24 kg ha⁻¹ del químico fueron 3.15, 2.54, 2.53 y 2.44 respectivamente.

El uso de RsCV, los cuales pueden incrementar los rendimientos de maíz deben dar resultados consistentes de una magnitud suficientemente grande para ser de valor económico. Procesos de desarrollo de mazorca estrechamente relacionados con el rendimiento, los cuales son continuos sobre un largo periodo, crea dificultad en el tiempo de aplicación de reguladores de crecimiento para alcanzar el resultado deseado. También, hay substanciales compensaciones entre componentes del rendimiento. La estimulación hormonal adquirida en un componente puede ser nulificada por el stress sobre otro componente. Resultados obtenidos por Hansen *et al.*, (1978) muestran que el incremento en el diámetro y longitud de mazorca debe resultar en incremento del rendimiento. El tamaño de mazorca, tamaño de semillas y número de mazorcas probablemente no permanecen compatibles con el cambio en el medio ambiente, por otro lado, los RsCV modifican un único componente y quizá ninguno de los beneficios de un RCV modificará el rendimiento debido a la necesidad de alterar más de un componente de rendimiento antes de que los rendimientos se incrementen.

Colville y Nielsen, (1986) con dosis de aplicación de 0.0 y 0.42 kg i. a. ha⁻¹ observaron que las parcelas tratadas con ethephon rindieron 0.25 mg ha⁻¹ más que las parcelas no tratadas. Por otro lado, Hall y Nielsen, (1986) observaron que bajo estas mismas dosis aplicadas en el estado de crecimiento V8 hubo reducciones en el rendimiento de grano de 11 % con la aplicación de ethephon.

Norberg *et al.*, (1988) en un estudio para determinar los efectos del ethephon sobre acame y rendimiento y sus componentes en los híbridos de maíz P 3475, P 3377 y P 3183 realizaron tres aplicaciones de ethephon entre diferenciación de espiga y primordio de la mazorca en dosis de 0.0, 0.14, 0.28 y 0.56 kg i. a. ha⁻¹. Observaron que cuando la dosis de aplicación de ethephon se incrementó ocurrió una reducción lineal en el rendimiento cosechable de 11,350 a 10,380 kg ha⁻¹. El análisis de los componentes del rendimiento, les mostró que el incremento en la dosis de aplicación redujo el peso de grano de 330 a 324 mg grano⁻¹, el número de granos mazorca⁻¹ se redujo de 556 a 507; mientras que el número de mazorcas cosechadas m⁻² se incrementó de 6.1 a 6.4, dicho incremento tuvo lugar con altas dosis en diferenciación de mazorca.

En otro estudio Norberg *et al.*, (1989) encontraron una correlación negativa entre mazorcas cosechadas m⁻² con peso de grano mazorca⁻¹ y positiva entre acame y altura de mazorca. Las mazorcas cosechadas m⁻² se incrementaron así como la altura de planta y el peso de mazorca decreció.

Langan y Oplinger, (1987) en un experimento de campo trabajando con dos híbridos bajo dosis de ethephon de 0.0 a 840 g i. a. ha⁻¹ aplicadas en el estado de crecimiento vegetativo V10, observaron que la dosis de ethephon tuvo un efecto altamente significativo sobre el rendimiento de grano de los híbridos empleados, éste efecto fué negativo para el rendimiento; sin embargo, la dosis baja (140 g i. a. ha⁻¹) incrementó el rendimiento del híbrido P 3780. También observaron que el incremento en la dosis de aplicación de ethephon redujo el rendimiento mazorca⁻¹ y peso de grano

en ambos híbridos. Esto les indicó que en algunos de los casos, el ethephon puede incrementar el rendimiento en grano de maíz. El incremento del rendimiento es más probable con dosis de ethephon abajo de 200 g ha^{-1} .

Cox y Andrade, (1988) reportan que en experimentos establecidos para evaluar los híbridos "Cornell 281" y "Pioneer 3901" bajo el efecto de $0.42 \text{ kg de i. a. ha}^{-1}$ de ethephon aplicado en el estado de crecimiento de décima quinta y décima sexta hoja. Observaron que el ethephon no tuvo efecto sobre el rendimiento en grano y sobre el número de mazorcas por planta. Sin embargo, el ethephon si redujo el número de granos por mazorca en 3.6 por ciento para el híbrido Cornell 281 y en 4.2 por ciento para el P 3901. Se tiene documentado que el ethephon posee propiedades gametocidas sobre trigo, cebada y maíz (Hughes *et al.*, Fairey y Atoskopf y Yamaguzhim y Akhmetov citados por Cox y Andrade, 1988). Debido a que el ethephon fué aplicado sólo pocos días antes de antesis, es concebible que la reducción en el número de granos puede ser atribuida a las propiedades gametocidas de la fitohormona. Estas respuestas del ethephon les indicó que éste puede inducir efectos deletéreos sobre el desarrollo reproductivo del maíz. El ethephon redujo significativamente el peso de grano, siendo esta la componente de rendimiento responsable del rendimiento en grano.

Gaska y Oplinger, (1988b) reportaron que el rendimiento en grano se redujo por la alta dosis de aplicación de ethephon en la época de aplicación de diferenciación de mazorca. Sin embargo, en la época de aplicación en diferenciación de espiga el rendimiento no cambió en dosis de $280 \text{ a } 560 \text{ g ha}^{-1}$. El número de mazorcas planta⁻¹ se redujo significativamente por la dosis alta de aplicación ($560 \text{ g i. a. ha}^{-1}$) en la época tardía comparado con la aplicación temprana e intermedia. La alta dosis de ethephon decreció el rendimiento en un 4 por ciento. Sin embargo, éstos mismos autores en 1988a trabajando con maíz dulce reportan que las épocas de aplicación de ethephon en diferenciación de mazorca incrementaron significativamente el rendimiento y número de mazorcas. El análisis de correlación les mostró una respuesta altamente significativa de rendimiento con la dosis de ethephon ($r=0.78$).

Bullock y Raymer, (1989) observaron que el rendimiento y humedad de grano decrecieron cuando la aplicación de ethephon se retrasó y que el rendimiento en grano no se incrementó al aplicar bajas dosis de ethephon.

Khosravi y Anderson, (1991) en un estudio de campo realizado para evaluar el efecto de la época y dosis de aplicación de ethephon sobre el rendimiento en el cultivo de maíz observaron reducciones en el rendimiento en un seis por ciento con la aplicación de 560 g i. a. ha⁻¹ de ethephon respecto al testigo.

2.13.2. Efecto de la época de aplicación de ethephon.

Gaska y Oplinger, (1988a, 1988b) consideran que a partir de que el ethephon actúa sobre regiones meristemáticas donde el crecimiento es más rápido, el tiempo de aplicación efectivo es mejor determinado por un estado específico de crecimiento o acumulación de unidades grado de crecimiento más que por días después de siembra o altura de planta. Sin embargo, el estado puede ser específico para cada híbrido.

Khosravi y Anderson, (1991) en un estudio de campo realizado para estudiar el efecto del estado de crecimiento y la dosis de aplicación de ethephon sobre el crecimiento en el cultivo de maíz aplicaron ethephon de 0.0 a 560 g i. a. ha⁻¹ de diferenciación de espiga (DE) a diferenciación de mazorca (DM), observaron que el rendimiento y el acame decrecieron cuando la aplicación de ethephon se retrasó, la altura de mazorca se redujo cuando la dosis de ethephon se incrementó, pero la altura de planta fue similar en las dos épocas de aplicación. Los resultados respecto a la época de aplicación les mostró que la aplicación en el estado de DE afectó el alargamiento de los entrenudos ubicados por abajo de la mazorca, mientras que en el estado de DM el alargamiento de entrenudos ubicados por arriba de la mazorca fue afectado. Ellos concluyen que la mayor dosis de aplicación de ethephon aplicada en el inicio de DM

tiene el mejor control de acame; sin embargo, esta reducción en el acame no resulta en incrementos del rendimiento.

Hansen *et al.*, (1978) encontraron que las dos características de mazorca más estrechamente relacionadas con el rendimiento fueron longitud de mazorca y profundidad de grano. Ambas características están sujetas a interacciones genético-ambiental e interacciones culturales y esto crea dificultad para enfocar un tiempo específico de aplicación de ethephon.

2.13.3. Efecto del ethephon sobre el área foliar.

Earley y Slife, (1969) observaron que el área foliar se redujo por planta por cada dosis mayor de ethrel y que la mayor reducción ocurrió en 1.12 y 2.24 kg de ethrel ha⁻¹. Los valores promedio de área foliar de las plantas examinadas que recibieron las tres dosis del químico (0.56, 1.12 y 2.24 kg ha⁻¹) fueron 40.5, 39.0 y 37.9 dm² respectivamente. El número de hojas por planta abajo y arriba de la mazorca no fue afectada por el ethrel.

Cox y Andrade, (1988) en un estudio para observar los efectos del ethephon sobre el crecimiento en maíz, reportan que el ethephon no tuvo efecto sobre el Índice de Área Foliar (IAF) y que una reducción observada en fitomasa y tasa de crecimiento del cultivo por efecto del ethephon puede ser atribuida a la tasa de asimilación neta.

Konsler y Grabau, (1989) reportan una reducción en el área foliar de la hoja de la mazorca cuando se aplicó ethephon en estados de crecimiento vegetativo, a su vez mencionan que también existe un fuerte impacto sobre las hojas localizadas en la parte inferior de la planta, ésto les indicó que algunas hojas se alargaron simultáneamente y de este modo fueron sensitivas a el ethephon el cual indujo a la reducción del área foliar.

Encontraron coeficientes de correlación entre rendimiento y área foliar de la hoja de mazorca ($r=0.55$ y $r=0.33$, respectivamente).

2.13.4. Efecto del ethephon sobre la altura de planta y mazorca.

Estudios sobre la aplicación de ethephon en maíz han reportado reducciones en altura de planta (Colville y Nielsen, 1986; Hall y Nielsen, 1986; Khosravi y Anderson, 1991). Colville y Nielsen, (1986) reportan que ocurrieron reducciones en altura de planta de 223.6 a 201.0 cm cuando se aplicaron 0.42 kg i. a. de ethephon en el estado vegetativo V8. Hall y Nielsen, (1986) reportan reducciones en altura de planta de 44 cm cuando se aplicó ethephon en estado vegetativo V8. Cox y Andrade, (1988) reportan reducciones en altura de planta en un 22 por ciento cuando el ethephon se aplicó en el estado de crecimiento vegetativo V15 a V16. Gaska y Oplinger, (1988a) reportan que bajo dosis de 560 g i. a. ha⁻¹ de ethephon el altura de planta se redujo un 12.5 por ciento en la época de aplicación tardía. Khosravi y Anderson, (1991) encontraron reducciones en la altura de planta en un 30 por ciento con dosis de 0.56 kg i. a. ha⁻¹. En adición a las altas dosis de aplicación de ethephon, éstos investigadores observaron que las épocas de aplicación tardía redujeron más drásticamente la altura de planta.

Diversos estudios realizados sobre aplicación de ethephon a maíz reportan reducciones en altura de mazorca por efecto de aplicación de ethephon. Colville y Nielsen, (1986) observaron reducciones en la altura de mazorca de 131.6 a 104.6 cm por efecto del ethephon aplicado en 0.42 kg i. a. ha⁻¹ en el estado de crecimiento vegetativo V8. Hall y Nielsen, (1986) aplicaron ethephon en 0.42 kg i. a. ha⁻¹ en el estado de crecimiento V8 y reportan reducción de 40.3 cm en altura de mazorca. Norberg *et al.*, (1989) reportan reducción de 40.3 cm en altura de mazorca por efecto de aplicar 0.56 kg i. a. ha⁻¹ de ethephon. Cox y Andrade, (1988) reportan reducciones de un 13 por ciento en altura de mazorca cuando aplicaron ethephon en el estado de crecimiento V15 a V16. Gaska y Oplinger, (1988a) reportan reducción en un 20

por ciento en altura de mazorca por efecto de aplicar 560 g i. a. ha⁻¹ de ethephon. Por su parte Khosravi y Anderson, (1991) observaron que el ethephon redujo la altura de mazorca en un 28 por ciento con dosis de 0.56 kg i. a. ha⁻¹. En su mayoría, estos investigadores mencionan que altas dosis de aplicación de ethephon en épocas de aplicación tardía presentaron efectos más drásticos en la altura de mazorca.

2.13.5. Efecto del ethephon sobre la fortaleza del tallo y acame.

Colville y Nielsen, (1986) trabajando con dos dosis de ethephon (0.0 y 0.42 kg i. a. ha⁻¹) aplicadas en el estado de crecimiento vegetativo V8, observaron que la fortaleza del tallo a la opresión; un componente de fortaleza del tallo el cual es negativamente correlacionado con el acame de tallo, se redujo 35 por ciento, por efecto del ethephon. En concordancia a lo anterior Hall y Nielsen, (1986) observaron que las plantas tratadas con ethephon presentaron menor fortaleza a la opresión del tallo comparado con las plantas no tratadas.

Diversas investigaciones en maíz han sido dirigidas hacia el uso de ethephon como un agente controlador de acame, diversos investigadores reportan reducciones en altura de planta y mazorca por efecto de la aplicación de ethephon, dichas reducciones las asocian con la reducción de acame (Langan y Oplinger, 1987; Cox y Andrade, 1988; Gaska y Oplinger, 1988a; Norberg *et al.*, 1989; Fritz *et al.*, 1991, Khosravi y Anderson, 1991). Cox y Andrade, (1988) reportan reducciones de 64 por ciento en acame por efecto de aplicar ethephon en los estados de crecimiento V15 a V16. Gaska y Oplinger, (1988a) reportan reducciones en acame en un 63 por ciento por la aplicación de ethephon. Norberg *et al.*, (1988, 1989) y Fritz *et al.*, (1991) reportan que las aplicaciones en diferenciación de mazorca poseen un mayor control de acame, pero una reducción en rendimiento. Sin embargo, Cox y Andrade, (1988) y Gaska y Oplinger, (1988a, 1988b) mencionan que el ethephon puede ser usado como un agente controlador de acame de maíz y de este modo incrementar los rendimientos en grano de variedades de maíz que poseen poca estabilidad.

2.13.6. Efecto del ethephon sobre días a floración y días a madurez fisiológica.

Earley y Slife, (1969) no observaron efecto sobre el día y tasa de liberación de polen, ni tampoco anomalías o necrosis del polen por aplicación de etrel.

Gaska y Oplinger, (1988b) reportaron que la alta dosis de aplicación de ethephon (560 g i. a. ha⁻¹) redujo el tiempo de cosecha 20 por ciento debido a la supresión de acame.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización del sitio experimental.

El experimento fué establecido en el Campo Experimental Santa Lucía, del Centro de Investigaciones Región Centro (CIRCE) dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). El Campo Experimental Santa Lucía se localiza en Coatlínchán, México, a los 19° 17' LN y 98° 53' LO y en una altitud de 2249 m.s.n.m. El clima es templado frío con una precipitación pluvial promedio de 670 mm y 15° C de temperatura media anual.

El experimento de campo fué conducido en 1993 sobre un suelo areno-arcilloso.

3.2. Variedades empleadas.

Las variedades empleadas en esta investigación vía experimental fueron el híbrido H-139 y la variedad de polinización libre V-18. La variedad V-18 fué generada por el extinto Instituto de Investigación y Capacitación Agrícola del Estado de México (ICAMEX); el híbrido H-139 fué generado por el Programa de Maíz de Valles Altos del CIRCE. Ambos fueron elegidos por su contraste en el grado de acame, la variedad V-18 es muy susceptible al acame, presenta hasta un 40 por ciento de acame, en tanto que el híbrido H-139 presenta entre un 5-10 por ciento, Arellano V., J. L. (1993).

Arellano V., J. L. 1993. Investigador del Programa de Maíz de Valles Altos del CIRCE.
Comunicación Personal.

3.3. Establecimiento y conducción de la investigación vía experimental.

La labranza del suelo consistió en un barbecho profundo, seguido de dos pasos de rastra y nivelación. Se surcó a un espaciamiento de 0.80 m.

La siembra se realizó manualmente el 17 de mayo de 1993, depositando dos semillas por golpe a una separación de 20.5 cm, para posteriormente aclarar a una planta por mata y tener de este modo una densidad de 60,000 plantas ha⁻¹.

La fórmula de fertilización empleada fué 180-90-00. La fertilización se realizó en dos oportunidades: al momento de la siembra con la fórmula 90-90-00, incorporando a el suelo urea (195.7 kg ha⁻¹) y super fosfato de calcio triple (214.3 kg ha⁻¹), como fuente de nitrógeno (N₂) y fósforo (P₂O₅) respectivamente. La segunda incorporación de fertilizante a el suelo se realizó en la segunda labor de escarda cuya fórmula fué 90-00-00, incorporando urea a el suelo (195.7 kg ha⁻¹) como fuente de nitrógeno (N₂).

El control de arvenses se realizó mediante dos escardas, en adición a éstas se aplicó el herbicida Esteron 47 M (Acido 2,4-D; Ester butílico del ácido 2,4-D (ácido 2,4-Diclorofenoxiacético), se realizó una aplicación post emergente al cultivo, usando 1.5 l de Esteron 47 M ha⁻¹ mezclada en un volumen de 200 l de agua ha⁻¹ aplicado a el suelo.

En la etapa de crecimiento vegetativo de la planta, se detectó incidencia de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* S. E. Smith), para su control se aplicó insecticida con nombre comercial Methomyl 90 PS (S-metil-N-((Metil carbamoil oxi) tioacetamidato); se realizó una aplicación, usando 300 g ha⁻¹ disuelto en 200 l de agua.

La siembra se condujo bajo punta de riego. Se aplicó un riego a la siembra y posteriormente tres riegos de auxilio, se estimó que éstos riegos fueron suficientes a la llegada de las precipitaciones pluviales del lugar, de éste modo fueron cubiertos los requerimientos hídricos del cultivo.

3. 4. Diseño experimental, de tratamientos y parcela experimental.

El experimento en campo se estableció bajo un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con tres repeticiones; con un arreglo en parcelas subdivididas, en el cual la parcela principal fué la dosis de ethrel, como subparcela se consideró la época de aplicación de ethrel y la sub-subparcela consideró las variedades.

Los tratamientos se definieron en base a un arreglo factorial 3x2x2.

Los factores de estudio tuvieron los siguientes niveles:

Dosis (D) de ácido 2 (cloretil) fosfónico (g ha^{-1}):

$$D_1 = 0$$

$$D_2 = 140$$

$$D_3 = 280$$

Época de aplicación (E) de ethrel (ácido 2 (cloretil) fosfónico):

E_1 = La aplicación se realizó cuando la planta se hallaba en alargamiento de espiga (2 - 4 mm).

E_2 = Se aplicó ethrel cuando la planta se hallaba en alargamiento de mazorca principal (2-4 mm).

Variedades (V):

V_1 = H - 139

V_2 = V - 18

Los tratamientos establecidos fueron:

- | | | |
|------------------|---|---|
| 1 $E_1 D_1 V_1$ | = | Época de aplicación en diferenciación de espiga, 0.0 g de ethrel e híbrido H-139. |
| 2 $E_1 D_2 V_1$ | = | Época de aplicación en diferenciación de espiga, 140 g i. a. de ethrel ha^{-1} e híbrido H-139. |
| 3 $E_1 D_3 V_1$ | = | Época de aplicación en diferenciación de espiga, 280 g i. a. ha^{-1} de ethrel e híbrido H-139. |
| 4 $E_2 D_1 V_1$ | = | Época de aplicación en diferenciación de mazorca principal, 0.0 g de i. a. ha^{-1} de ethrel e híbrido H-139. |
| 5 $E_2 D_2 V_1$ | = | Época de aplicación en diferenciación de mazorca principal, 140 g i. a. ha^{-1} de ethrel e híbrido H-139. |
| 6 $E_2 D_3 V_1$ | = | Época de aplicación en diferenciación de mazorca principal, 280 g i. a. ha^{-1} de ethrel e híbrido H-139. |
| 7 $E_1 D_1 V_2$ | = | Época de aplicación en diferenciación de espiga, 0.0 g i. a. ha^{-1} de ethrel y variedad V-18. |
| 8 $E_1 D_2 V_2$ | = | Época de aplicación en diferenciación de espiga, 140 g i. a. ha^{-1} de ethrel y variedad V-18. |
| 9 $E_1 D_3 V_2$ | = | Época de aplicación en diferenciación de espiga, 280 g de i. a. ha^{-1} de ethrel y variedad V-18. |
| 10 $E_2 D_1 V_2$ | = | Época de aplicación en diferenciación de mazorca principal, 0.0 g i. a. ha^{-1} de ethrel y variedad V-18. |

- 11 E₂ D₂ V₂ = Época de aplicación en diferenciación de mazorca principal, 140 g i.
a. ha⁻¹ de ethrel y variedad V-18.
- 12 E₂ D₃ G₂ = Época de aplicación en diferenciación de mazorca principal, 280 g i.
a. ha⁻¹ de ethrel y variedad V-18.

La parcela experimental se integró por cuatro surcos de 6.5 m de longitud cada uno.

3.5. Determinación de la etapa de desarrollo de la planta para la aplicación de ethrel.

Se realizaron disecciones periódicas de plantas a partir de los 20 días después de la siembra (dds) para determinar el momento en el cual la espiga en desarrollo alcanzó una longitud de 2 a 4 mm, esto se realizó empleando un bisturi y agujas de disección usando un microscopio estereoscópico para observar las estructuras reproductivas. La ubicación de la etapa de desarrollo que presentaban las estructuras se efectuó con la ayuda de las ilustraciones del trabajo de Bonnet, (1983) y el trabajo sobre el desarrollo de la planta de maíz de Ritchie y Hanway (1982).

3.6. Aplicación de ethrel a las plantas.

La primera época de aplicación de ethrel se realizó cuando las plantas tenían 34 dds y la inflorescencia masculina mostraba una longitud entre 2 y 4 mm.

Para la segunda época de aplicación que se efectuó en la etapa de diferenciación de mazorca principal, la inflorescencia femenina mostraba una longitud entre 2 y 4 mm; las plantas habían acumulado 51 dds y presentaban una altura aproximada de 90 cm. Ambas aplicaciones se realizaron por la mañana con la ayuda de un atomizador manual

disolviendo el producto en la cantidad de agua suficiente para cubrir completamente las plantas de la parcela.

El regulador de crecimiento vegetal ethrel utilizado es vendido bajo el nombre comercial de ETHREL 250 CE (Ethephon: Ácido 2 (cloretil) fosfónico) y es sintetizado por RHÔNE-POULENC AGRO, S.A. de C.V.

3.7. Datos registrados.

3.7.1. Materia seca en tallo (MST) y área foliar de la hoja de la mazorca principal (AFHMP).

Cuando las parcelas experimentales se encontraban en la etapa fenológica de antesis (estado VT, Ritchie y Hanway, 1982), se procedió a tomar cuatro plantas por parcela experimental; elegidas al azar de los surcos centrales de cada parcela experimental; éste modelo de toma de muestra asumió la minimización de cualquier efecto potencial de borde. Posteriormente las muestras se transportaron a el laboratorio, lugar donde se midió el área foliar de la hoja de la mazorca principal mediante la fórmula propuesta por Montgomery (citado por Ramírez, 1985) y que se expresa de la siguiente manera: $AF = L \times A (0.75)$; donde L es el largo máximo de la hoja y A es el ancho máximo, mientras que 0.75 es un factor de corrección por forma de la hoja, se cuantificó mediante el uso de un flexómetro.

Una vez determinada el área foliar, se procedió a obtener el peso seco del tallo. Cada tallo se picó y colocó en bolsas de papel grueso perforadas para colocarlas en una secadora a 80° C durante el tiempo suficiente para alcanzar un peso constante y así proceder a pesarlás y obtener de éste modo el peso seco del tallo.

3.7.2. Longitud promedio de entrenudos del tallo (LET), peso seco total de planta (PSTP) y peso de grano mazorca⁻¹ (PGMzc⁻¹).

Cuando las plantas se encontraban en madurez fisiológica (estado R 6, Ritchie y Hanway, 1982), se procedió a tomar la muestra de cada parcela experimental. El procedimiento de toma de muestra utilizado fué similar al empleado para determinar acumulación de materia seca en tallo y área foliar de la hoja de la mazorca principal descrito anteriormente.

Las muestras posteriormente fueron transportadas al laboratorio, donde se midió la longitud de entrenudos del tallo, ésta se cuantificó de nudo a nudo, iniciando del entrenudo superior al entrenudo inferior. Para observar la longitud promedio de los entrenudos del tallo, éste se dividió en tres porciones (parte inferior (PI), parte media (PM) y parte superior (PS)); dicha medición se realizó manualmente con la ayuda de un flexómetro.

Una vez realizadas las mediciones respectivas, se procedió a picar las plantas y colocarlas en bolsas de papel grueso perforadas, posteriormente se colocaron en estufas a 80° C hasta alcanzar un peso constante. Las mazorcas se colocaron en bolsas separadas y se secaron de igual manera.

Una vez secas las muestras, se procedió a pesarlas y obtener de este modo el peso seco de planta incluyendo las mazorcas, posteriormente se procedió a pesar el número total de granos mazorca⁻¹ de cada planta.

3.7.3. Días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF).

Ambas etapas fenológicas se determinaron considerando la fecha de siembra y el momento en el cual más del 50 % de las plantas de cada parcela presentaban el fenómeno en cuestión. Para el caso de floración masculina, más del 50 % de las plantas debe presentar liberación de polen, mientras que para la floración femenina se considera cuando más del 50 % de las plantas presentan los estigmas expuestos (+ de 1 cm).

3.7.4. Altura de planta (AP) y de mazorca (AM).

El altura de planta se estimó midiendo la longitud vertical que se encuentra entre el cuello de la planta y la ligula de la hoja bandera de cinco plantas de cada parcela experimental. Para el caso de mazorca se realizó en base a una muestra del mismo tamaño, considerando la longitud vertical localizada a partir del nivel del suelo a el nudo de inserción de la mazorca principal.

3.7.5. Días a madurez fisiológica (DMF).

Para determinar madurez fisiológica, se realizaron muestreos en cada parcela experimental a intervalos de siete días. La madurez fisiológica es indicada cuando se observa la formación de la capa negra, para lo cual es necesario abrir las brácteas de la mazorca y con la ayuda de una navaja extraer algunos granos completos y quitándoles el pedicelo, observar la formación de dicho tejido (Ritchie y Hanway, 1982).

3.7.6. Porcentaje de acame (% AC).

El registro de acame se realizó en madurez fisiológica. Se evaluó en los dos surcos centrales de cada parcela experimental; definiéndose como planta acamada a aquella que presentará un ángulo de inclinación mayor o igual a 45° respecto a la vertical. En adición a lo anterior se realizó el conteo del número de plantas en los surcos centrales de cada parcela experimental.

3.7.7. Número de plantas m^{-2} (NP m^{-2}).

Se contabilizó el número de plantas que se encontraban en una longitud de 1.25 m, se eligieron los surcos centrales de cada parcela experimental, las muestras se tomaron al azar.

3.7.8. Peso de campo (PC).

La cuantificación de este parámetro consistió en registrar el peso total en kg de las mazorcas cosechadas en un surco de 6.5 m de longitud.

3.7.9. Determinación de humedad del grano (HG) y porcentaje de materia seca (% MS).

De las mazorcas cosechadas en un surco de 6.5 m se tomaron cinco al azar por parcela experimental, éstas se desgranaron para obtener una muestra de 100 g que fué introducida en el determinador de humedad marca "Stenlite" modelo SS 250, con el valor de humedad de grano registrada y el auxilio de tablas de conversión se determinó el porcentaje de materia seca.

3.7.10. Rendimiento en grano y sus componentes (REN Y COM).

El rendimiento expresado en kg ha^{-1} fué calculado mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\% \text{ MS} \times \text{PSMZS} \times \% \text{ DE DESGRANE} \times \text{F. C.}}{10,000}$$

donde: % MS, es el porcentaje de materia seca del grano dividido entre 86 para obtener el peso seco de grano a un nivel de 14 % de humedad; PSMZS, es el peso seco de las mazorcas cosechadas por parcela ó peso de campo; % de desgrane, es la relación grano-olote multiplicada por 100; F. C. es un factor de conversión para expresar a nivel de ha, que es el nivel comercial de grano y fué igual a 1250 en éste trabajo.

Para el caso de las componentes del rendimiento, se tomó una muestra de mazorcas de los surcos centrales por parcela experimental, tomando como base 1.25 m lineales que equivale a 1 m². Las mazorcas cosechadas por parcela se sometieron a secado hasta alcanzar peso constante, para posteriormente evaluar los siguientes componentes del rendimiento:

Peso de mazorca m² (PM m²). Es el peso seco de las mazorcas cosechadas por m².

Longitud de mazorcas (LM). Se midió el largo de la mazorca en cm que representa la distancia de la base a la punta de la mazorca.

Número de hileras mazorca⁻¹ (NHMzc⁻¹). Se contabilizó el número total de hileras de la mazorca, en referencia a su posición media.

Número de granos hilera⁻¹ (NGH⁻¹). Se realizó el conteo del número de granos existentes en cada línea de la mazorca y posteriormente se obtuvo un valor medio por mazorca.

Número de granos mazorca⁻¹ (NGMzc⁻¹). Se obtuvo mediante la aplicación de la siguiente expresión: $NGMzc^{-1} = NHMzc^{-1} \times NGH^{-1}$, se expresa en promedio.

Número de granos m² (NG m²). Fue calculado mediante la siguiente expresión: $NG\ m^2 = NGMzc^{-1}$ de las mazorcas cosechadas en 1 m².

Peso del grano de la mazorca (PG). Es el peso expresado en g del número total de granos mazorca⁻¹, expresado en promedio de mazorcas.

Peso de 100 granos (P 100 G). Se contaron 100 granos tomados al azar de cada mazorca y se procedió a pesarlos, se expresa en g.

Peso de grano m² (PG m²). Es el peso de los granos expresado en g del número total de granos pertenecientes a las mazorcas cosechadas m².

Número de mazorcas cosechadas m² (NMzcs m²). Se refiere al conteo del número de mazorcas cosechadas, tomando como referencia 1 m² de parcela.

3.8. Análisis estadístico.

Los datos fueron analizados estadísticamente por el procedimiento de análisis de varianza. Para cada variable cuantificada se realizó prueba de comparación múltiple de medias mediante el estadístico de Tukey al 0.05 de probabilidad de error. Se efectuó análisis de correlación lineal entre las variables para cada variedad en estudio. Todos los análisis estadísticos se condujeron bajo los modelos de procedimiento lineal general de SAS.

4. RESULTADOS.

4.1. Área foliar de la hoja de la mazorca principal y peso seco de tallo.

El análisis de varianza permitió detectar diferencias estadísticas significativas por efecto de las dosis de aplicación de ethrel en el área foliar de la hoja de la mazorca principal (AFHMP), peso seco de tallo en madurez fisiológica (PSTMF) y diferencias altamente significativas en el peso seco de tallo en anthesis (PSTA). Se observaron diferencias altamente significativas en AFHMP, por efecto de épocas de aplicación de ethrel. Del mismo modo, se observaron diferencias altamente significativas entre variedades en relación al PSTA. También se observó significancia estadística en las interacciones dosis x variedades para PSTMF y Peso Seco Total de Planta en Madurez Fisiológica (PSTPMF) y en época x variedades para PSTA y PSTPMF de manera altamente significativa y significativa respectivamente. El peso seco de grano planta⁻¹ (PSGP) no fue afectado por ninguna dosis de aplicación, época de aplicación, variedades o sus interacciones (Cuadro 1).

Lo anterior indica que en general, las dosis de aplicación de ethrel son las que afectaron de manera más significativa la producción de materia seca y el AFHMP y que las variedades expresaron particularmente su peso seco total de planta (PSTP) acorde con la dosis o época de aplicación de ethrel.

En la prueba de comparación de medias de Tukey se observó que a mayor dosis de aplicación de ethrel (280 g i. a. ha⁻¹) se redujo el AFHMP y el PSTA en un 13 y 15 % respectivamente; sin embargo, no se observó diferencia en los valores promedio de PSTMF, PSTPMF y PSGP, aunque éste último, por efecto del ethrel en altas dosis se redujo en un 11 % (Cuadro 2).

CUADRO 2. MEDIAS DE LOS PARÁMETROS DE ÁREA FOLIAR Y MATERIA SECA ACUMULADA EN VARIEDADES DE MAÍZ BAJO TRES DOSIS DE APLICACIÓN DE ETHREL.

DOSIS DE ETHREL (g i. a. ha ⁻¹)	AFHMP (cm ²)	%	PSTA (g)	%	PSTMF (g)	%	PSTPMF (g)	%	PSGP (g)	%
0	725.3 a	100	120.5 a	100	172.3 a	100	428.0 a	100	143.1 a	100
140	666.5 a	92	105.9 b	87	107.6 a	62	346.0 a	78	117.4 a	82
280	635.7 b	87	102.9 b	85	185.5 a	107	416.3 a	97	127.5 a	89

Tukey 0.05. Letras diferentes muestra tratamientos diferentes.

AFHMP= Área foliar de la hoja de la mazorca principal

PSTA= Peso seco de tallo en antesis

PSTMF= Peso seco de tallo en madurez fisiológica

PSTPMF= Peso seco total de planta en madurez fisiológica

PSGP= Peso seco de grano por planta

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas en el AFHMP, la época de aplicación de ethrel en diferenciación de mazorca principal redujo el AFHMP en un 11 % respecto a la época de aplicación en diferenciación de espiga. No se observa diferencia estadística para PSTMF, PSTPMF y PSGP por efecto de la época de aplicación; sin embargo, se observó una tendencia a incrementarse el peso seco de planta y grano en épocas de aplicación tardías (DM) (Cuadro 3).

La prueba de medias de Tukey mostró diferencias significativas entre variedades en cuanto al PSTA; es decir, los tallos de la variedad V-18 acumularon más materia seca y de este modo fueron más pesados en comparación a los tallos del híbrido H-139. La prueba de medias no detecta diferencia estadística en los promedios de los diferentes parámetros de AFHMP, PSTMF, PSTPMF y PSGP; sin embargo, se observa en general que el H-139 presentó menor AFHMP y acumuló menor peso seco en comparación a la variedad V-18 (Cuadro 4).

4.2. Longitud de entrenudos, porcentaje de acame, días a floración femenina y días a madurez fisiológica.

De acuerdo con el análisis de varianza se pudieron detectar diferencias estadísticas altamente significativas por efecto de las dosis de aplicación de ethrel en la longitud promedio de los entrenudos de la parte inferior del tallo (LEPIT), % acame (% AC) y días a madurez fisiológica (DMF). Se observó diferencia significativa en la longitud promedio de los entrenudos de la parte media del tallo (LEPMT), en los días a floración femenina (DFF) y diferencias altamente significativas en el % AC y en DMF por efecto de época de aplicación de ethrel. En las variedades se observó diferencia estadística altamente significativa en LEPMT, DFF y significativa en el % AC. También se observó diferencia significativa en la interacción dosis x épocas de aplicación para DMF. La longitud promedio de los entrenudos de la parte superior del tallo (LEPST) no fué afectada por dosis de aplicación ethrel, época de aplicación, variedades o sus interacciones (Cuadro 5).

CUADRO 3. MEDIAS DE PARÁMETROS DE ÁREA FOLIAR DE LA HOJA DE LA MAZORCA PRINCIPAL Y MATERIA SECA ACUMULADA EN VARIETADES DE MAÍZ BAJO DOS ÉPOCAS DE APLICACIÓN DE ETHREL.

ÉPOCA DE APLICACIÓN DE ETHREL	AFHMP (cm ²)	%	PSTA (g)	PSTMF (g)	PSTPMF (g)	PSGP (g)
DIFERENCIACIÓN DE ESPIGA	716.3 a	100	110.2 a	152.9 a	392.1 a	127.8 a
DIFERENCIACIÓN DE MAZORCA	635.3 b	89	109.3 a	157.3 a	401.3 a	130.8 a

TUKEY 0.05. Letras diferentes muestra tratamientos diferentes.

AFHMP= Área foliar de la hoja de la mazorca principal

PSTA= Peso seco de tallo en antesis

PSTMF= Peso seco de tallo en madurez fisiológica

PSTPMF= Peso seco total de planta en madurez fisiológica

PSGP= Peso seco de grano por planta

CUADRO 4. MEDIAS DE LAS VARIABLES CUANTIFICADAS DE MATERIA SECA ACUMULADA EN ESTRUCTURAS, ÓRGANOS Y PLANTA DE VARIEDADES DE MAÍZ V-18 y H-139 BAJO EL EFECTO DE ETHREL.

VARIEDADES	AFHMP (cm²)	PSTA (g)	PSTMF (g)	PSTPMF (g)	PSGP (g)
V-18	678.5 a	114.2 a	159.0 a	414.2 a	130.6 a
H-139	673.2 a	105.3 b	151.3 a	379.2 a	128.1 a

TUKEY 0.05. Letras diferentes muestra tratamientos diferentes.

AFHMP= Área foliar de la hoja de la mazorca principal
PSTA= Peso seco de tallo en antesis
PSTMF= Peso seco de tallo en madurez fisiológica
PSTPMF= Peso seco total de planta en madurez fisiológica
PSGP= Peso seco de grano por planta

CUADRO 5. CUADRADOS MEDIOS, VALOR DE "F" Y SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA DE LONGITUD DE ENTRENADOS, PORCIENTO DE ACAME, DÍAS A FLORACIÓN FEMENINA Y A MADUREZ FISIOLÓGICA EN VARIETADES DE MAÍZ BAJO EL EFECTO DEL ETHREL.

FACTOR DE VARIACIÓN	LEPIT	"F"	LEPMT	"F"	LEPST	"F"	% AC	"F"	DFF	"F"	DMF	"F"
BLOQUE	1.6	0.3 NS	1.4	0.5 NS	1.7	0.7 NS	171.0	0.7 NS	2.5	0.7 NS	1.3	0.5 NS
DOSIS	37.1	8.6 **	3.5	1.3 NS	1.7	0.7 NS	1983.5	9.1 **	3.3	1.0 NS	584.0	214.5 **
BLOQUE X DOSIS												
DOSIS	5.2	1.2 NS	0.9	0.3 NS	2.0	0.8 NS	400.9	1.8 NS	3.3	1.0 NS	3.4	1.2 NS
ÉPOCAS	13.4	3.1 NS	13.4	4.9 *	2.2	0.9 NS	2433.7	11.2 **	21.7	6.7 *	136.1	50.0 **
DOSIS X ÉPOCAS												
BLOQUE X DOSIS	4.6	1.0 NS	2.8	1.0 NS	0.5	0.2 NS	615.1	2.8 NS	3.6	1.1 NS	34.0	12.5 **
DOSIS X ÉPOCAS												
VARIEDADES	3.8	0.9 NS	1.8	0.6 NS	3.3	1.3 NS	169.1	0.7 NS	7.1	2.2 NS	2.7	1.0 NS
DOSIS X VARIEDADES	1.0	0.2 NS	21.7	8.0 **	2.2	0.9 NS	1045.4	4.8 *	36.0	11.1 **	5.4	2.0 NS
DOSIS X ÉPOCAS												
VARIEDADES	3.5	0.8 NS	1.1	0.4 NS	1.7	0.7 NS	11.3	0.0 NS	7.5	2.3 NS	1.3	0.5 NS
DOSIS X VARIEDADES	0.4	0.1 NS	1.0	0.3 NS	2.2	0.9 NS	4.0	0.0 NS	5.4	1.6 NS	5.4	2.0 NS
DOSIS X ÉPOCAS												
VARIEDADES	6.8	1.5 NS	1.0	0.4 NS	2.5	1.0 NS	391.0	1.8 NS	0.3	0.1 NS	1.3	0.5 NS
C. V. %	10.0		7.9		8.8		49.9		1.8		0.8	

*, ** Indica significancia a niveles 0.05 y 0.01, respectivamente. NS= No significativo.

LEPIT= Longitud de entrenados de la parte inferior del tallo

LEPMT= Longitud de entrenados de la parte media del tallo

LEPST= Longitud de entrenados de la parte superior del tallo

% AC= Porcentaje de acame

DFF= Días a floración femenina

DMF= Días a madurez fisiológica

De lo anterior, se puede indicar que en general son las dosis y épocas de aplicación de ethrel las que de manera significativa afectaron la longitud de los entrenudos de la parte inferior y media del tallo, % AC, DFF y DMF; particularmente las variedades se expresaron de manera similar en cuanto a la longitud de entrenudos del tallo de la planta, acame, DFF y DMF por efecto de la dosis y época de aplicación de ethrel.

En la prueba de comparación de medias se observó que a mayor dosis de ethrel (280 g i. a. ha⁻¹) se redujeron los DMF en 12 días respecto al testigo, por otro lado no se observaron diferencias significativas en las medias de LEPIT, LEPMT, LEPST, % AC y DFF (Cuadro 6). Por otro lado, la prueba de comparación de medias mostró que la época de aplicación en diferenciación de mazorca redujo significativamente la LEPMT y % AC en 6 % y 44 % respectivamente e incrementó con 4 días los DMF respecto a la época de aplicación temprana (DE); no se observó diferencia en las medias de LEPIT, LEPST y DFF (Cuadro 7).

Respecto a las variedades en estudio, la prueba de comparación de medias muestra diferencia estadística en la LEPMT, % AC y DFF. En general para los parámetros de LEPIT, LEPMT, LEPST, % AC, DFF y DMF el híbrido H-139 presentó valores numéricos diferencialmente más pequeños en comparación a la variedad V-18 (Cuadro 8).

CUADRO 6. MEDIAS DE LOS PARÁMETROS LONGITUD DE ENTRENUDOS, PORCIENTO DE ACAME, DÍAS A FLORACIÓN FEMENINA Y A MADUREZ FISIOLÓGICA EN VARIETADES DE MAÍZ BAJO TRES DOSIS DE ETHREL.

DOSIS DE ETHREL (g i. a. ha ⁻¹)	LEPIT (cm)	LEPMT (cm)	LEPST (cm)	% AC	DFF (No. Días)	DMF (No. Días)
0	22.5 a	21.3 a	17.4 a	43.3 a	95.6 a	188.0 a
140	19.4 a	20.7 a	17.6 a	27.2 a	96.5 a	188.0 a
280	19.6 a	22.2 a	18.1 a	17.9 a	96.5 a	176.0 b

Tukey 0.05. Letras diferentes muestra tratamientos diferentes.

LEPIT= Longitud de entrenudos de la parte inferior del tallo
 LEPMT= Longitud de entrenudos de la parte media del tallo
 LEPST= Longitud de entrenudos de la parte superior del tallo
 % AC= Porcentaje de acame
 DFF= Días a floración femenina
 DMF= Días a madurez fisiológica

CUADRO 7. MEDIAS DE LONGITUD DE ENTRENUDOS, PORCIENTO DE ACAME, DÍAS A FLORACIÓN FEMENINA Y A MADUREZ FISIOLÓGICA EN VARIEDADES DE MAÍZ BAJO DOS ÉPOCAS DE APLICACIÓN DE ETHREL.

ÉPOCA DE APLICACIÓN DE ETHREL	LEPIT (cm)	LEPMT (cm)	%	LEPST (cm)	% AC	%	DFF (No. Días)	DMF (No. Días)
DIFERENCIACIÓN DE ESPIGA	21.1 a	21.3 a	100	17.5 a	37.7 a	100	97.0 a	182.1 b
DIFERENCIACIÓN DE MAZORCA	19.9 a	20.1 b	94	18.0 a	21.2 b	56	95.5 a	186.0 a

Tukey 0.05. Letras diferentes muestra tratamientos diferentes.

LEPIT= Longitud de entrenudos de la parte inferior del tallo
 LEPMT= Longitud de entrenudos de la parte media del tallo
 LEPST= Longitud de entrenudos de la parte superior del tallo
 % AC= Porcentaje de acame
 DFF= Días a floración femenina
 DMF= Días a madurez fisiológica

CUADRO 8. MEDIAS DE LONGITUD DE ENTRENUDOS, PORCIENTO DE ACAME, DÍAS A FLORACIÓN FEMENINA Y A MADUREZ FISIOLÓGICA DE LAS VARIETADES V-18 Y H-139 BAJO EL EFECTO DEL ETHREL.

VARIETADES	LEPIT (cm)	LEPMT (cm)	LEPST (cm)	% AC	DFF (No. Días)	DMF (No. Días)
V-18	20.7 a	21.5 a	18.0 a	34.8 a	97.2 a	184.4 a
H-139	20.3 a	20.0 b	17.5 a	24.1 b	95.2 b	183.6 a

Tukey 0.05. Letras diferentes muestra tratamientos diferentes.

LEPIT= Longitud de entrenudos de la parte inferior del tallo
 LEPMT= Longitud de entrenudos de la parte media del tallo
 LEPST= Longitud de entrenudos de la parte superior del tallo
 % AC= Porcentaje de acame
 DFF= Días a floración femenina
 DMF= Días a madurez fisiológica

4.3. Componentes del rendimiento y rendimiento.

El análisis de varianza permitió detectar diferencias estadísticas altamente significativas por efecto de la dosis de aplicación de ethrel en altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM) y significativas en el peso de mazorcas m^2 (PM m^2). Por efecto de épocas de aplicación de ethrel se observó diferencia altamente significativa en AP, AM y significativa en el PM m^2 , de la misma manera, se observaron diferencias altamente significativas en el PM m^2 . También se observó significancia estadística en la interacción dosis x variedades para PM m^2 . El número de mazorcas m^2 (NM m^2) no fué afectado por dosis de aplicación de ethrel, época de aplicación de ethrel, variedad o sus interacciones (Cuadro 9).

Lo anterior permite establecer que en general son las dosis y épocas de aplicación de ethrel las que de manera significativa afectan el AP, AM y PM m^2 , en adición a esto, las variedades se expresaron de manera particular en cuanto a éstos parámetros morfológicos del rendimiento en función de la dosis de aplicación de ethrel.

Respecto al rendimiento en grano y sus componentes, el análisis de varianza mostró diferencia estadística altamente significativa por efecto de la dosis de aplicación de ethrel en el número de granos m^2 (NG m^2) y peso de grano m^2 (PG m^2). Se observó diferencia significativa en la longitud de mazorca (LM), en NG m^2 y altamente significativa en PG m^2 por efecto de la época de aplicación de ethrel. Del mismo modo, se observó diferencia significativa entre variedades para número de granos mazorca⁻¹ (NGMzc⁻¹), NG m^2 , PG m^2 y altamente significativas en el rendimiento (REN). En adición a lo anterior, se observó diferencia estadística significativa de las interacciones dosis de aplicación x variedades para NG m^2 y altamente significativa para PG m^2 y en dosis de aplicación x épocas de aplicación x variedades altamente significativos para NG m^2 . El peso de 100 granos (P 100 G) no fué afectado por dosis de aplicación de ethrel, épocas de aplicación, variedades o sus interacciones (Cuadro 10).

CUADRO 9. CUADRADOS MEDIOS, VALOR DE "F" Y SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO MORFOLÓGICAS EN VARIETADES DE MAÍZ BAJO LA APLICACIÓN DE ETHREL.

FACTOR DE VARIACIÓN	AP	"F"	AM	"F"	NM m ⁻²	"F"	PM m ⁻²	"F"
BLOQUE	1046.3	3.5 NS	324.3	1.4 NS	2.3	2.2 NS	0.08	2.4 NS
DOSIS	4712.1	15.9 **	2120.0	9.1 **	2.5	2.5 NS	0.15	4.9 *
BLOQUE X DOSIS	2359.4	7.9 **	1238.4	5.3 **	1.0	1.0 NS	0.06	2.0 NS
ÉPOCAS	4624.0	15.6 **	1892.2	8.1 **	2.2	2.1 NS	0.16	4.9 *
DOSIS X ÉPOCAS	290.3	0.9 NS	74.0	0.3 NS	0.5	0.5 NS	0.03	0.9 NS
BLOQUE X DOSIS X ÉPOCAS	770.1	2.6 NS	390.8	1.6 NS	2.1	2.0 NS	0.03	1.1 NS
VARIETADES	3844.0	12.9 **	3620.0	15.6 **	1.3	1.3 NS	0.18	5.8 *
DOSIS X VARIETADES	65.3	0.2 NS	54.8	0.2 NS	1.3	1.3 NS	0.11	3.5 *
ÉPOCAS X VARIETADES	69.4	0.2 NS	220.0	0.9 NS	1.3	1.3 NS	0.00	0.0 NS
DOSIS X ÉPOCAS X VARIETADES	691.4	2.3 NS	46.0	0.2 NS	1.3	1.3 NS	0.04	1.3 NS
C. V. %	5.4		8.3		22.1		27.3	

*,** Indica significancia a niveles 0.05 y 0.01, respectivamente. NS= No significativo.

AP= Altura de planta

AM= Altura de mazorca

NM m⁻²= Número de mazorcas m⁻²

PM m⁻²= Peso de mazorcas m⁻²

CUADRO 10. CUADRADOS MEDIOS, VALOR DE "F" Y SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA DE RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN VARIETADES DE MAÍZ BAJO LA APLICACIÓN DE ETHREL.

FACTOR DE VARIACIÓN	LM	"F"	NGMzc ⁻¹	"F"	NG m ⁻²	"F"	P100G	"F"	PG m ⁻²	"F"	REN	"F"
BLOQUE	2.5	1.6 NS	16938.8	1.6 NS	242931.5	0.9 NS	82.8	3.9 *	0.0	3.6 NS	2262708.3	2.4 NS
DOSIS	3.3	2.1 NS	4545.3	0.4 NS	1225014.2	4.7 **	0.6	0.0 NS	0.1	6.5 **	1706240.5	1.8 NS
BLOQUE X DOSIS	3.8	2.4 NS	7205.5	0.6 NS	756090.5	2.9 NS	19.6	0.9 NS	0.0	2.7 NS	581519.7	0.6 NS
ÉPOCAS	8.0	5.0 *	9473.7	0.8 NS	1594327.1	6.2 *	19.0	0.9 NS	0.1	8.5 **	173333.4	0.1 NS
DOSIS X ÉPOCAS	1.3	0.8 NS	3548.5	0.3 NS	137061.3	0.5 NS	37.8	1.8 NS	0.0	2.2 NS	65876.3	0.0 NS
BLOQUE X DOSIS X ÉPOCAS	1.0	0.6 NS	6183.0	0.5 NS	317611.0	1.2 NS	3.8	0.1 NS	0.0	1.7 NS	565569.8	0.6 NS
VARIETADES	0.6	0.4 NS	57280.4	5.3 *	3501888.4	13.6 *	29.8	1.4 NS	0.1	7.1 *	18241441.0	19.6 **
DOSIS X VARIETADES	0.8	0.5 NS	9787.1	0.9 NS	1341710.8	5.2 *	57.9	2.7 NS	0.1	5.8 **	53406.5	0.0 NS
ÉPOCAS X VARIETADES	1.3	0.8 NS	9933.4	0.9 NS	76913.7	0.3 NS	1.1	0.0 NS	0.0	0.1 NS	71289.0	0.0 NS
DOSIS X ÉPOCAS X VARIETADES	0.8	0.5 NS	16493.3	1.5 NS	67386.1	3.7 **	1.2	0.0 NS	0.0	1.7 NS	617015.5	0.6 NS
C. V. %	9.0		21.4		23.0		14.7		23.0		19.1	

*,** Indica significancia a niveles 0.05 y 0.01, respectivamente. NS= No significativo.

LM= Longitud de mazorca
 NGMzc⁻¹= Número de granos mazorca⁻¹
 NG m⁻²= Número de granos m⁻²
 P100G= Peso de 100 granos
 PG m⁻²= Peso de grano m⁻²
 REN= Rendimiento

Lo anterior permite establecer que en general, son las épocas y dosis de aplicación de ethrel, las que de manera significativa afectaron las componentes del rendimiento y que las variedades expresaron su rendimiento y componentes de manera particular acorde a la dosis o época de aplicación de ethrel.

En la prueba de comparación de medias no se observaron diferencias estadísticas por efecto de la dosis de ethrel para AP, AM, NM m², LM, NGMzc¹, NG m², P 100 G, PG m² y REN. Sin embargo, se observó una tendencia en reducción de éstos parámetros por efecto de la alta dosis de aplicación de ethrel (Cuadro 11).

La prueba de comparación de medias para época de aplicación de ethrel muestra que la época de aplicación tardía (DM) redujo significativamente el AP, AM y LM en un 7 %, 8 % y 7 % respectivamente en relación a la época de aplicación en diferenciación de espiga. No obstante esto, no se observó diferencia en las medias de AM, número de mazorcas m² (NM m²), PM m², NGMzc¹, NG m², P 100 G, PG m² y REN; sin embargo, se observa que éstos parámetros tienden a reducirse por efecto de la época de aplicación en diferenciación de mazorca principal (Cuadro 12).

La prueba de comparación de medias respecto a variedades mostró diferencias significativas entre variedades para AP, AM, PM m², NGMzc¹, NG m², PG m² y REN (Cuadro 13). Lo anterior permite indicar que el híbrido H-139 presentó menor AP y AM, pero mazorcas con mayor número de granos y más pesadas, esto contribuyó a un mayor rendimiento en grano de maíz del híbrido.

CUADRO 11. MEDIAS DE LOS PARÁMETROS ALTURA DE PLANTA Y DE MAZORCA Y RENDIMIENTO EN GRANO DE MAÍZ Y SUS COMPONENTES BAJO EL EFECTO DE TRES DOSIS DE ETHREL.

DOSIS DE ETHREL (g i. a. ha ⁻¹)	AP (cm)	AM (cm)	NM m ⁻² (No.)	PM m ⁻² (Kg)	LM (cm)	NGMzc ⁻¹ (No.)	NG m ⁻² (No.)	P100G (g)	PG m ⁻² (kg)	REN (kg ha ⁻¹)
0	341.1 a	196.6 a	5.0a	0.74 a	14.1 a	485.5 a	2460.8 a	31.2 a	0.63 a	5469.8 a
140	304.0 a	175.7 a	4.6 a	0.70 a	14.1 a	495.0 a	2292.5 a	30.9 a	0.61 a	4850.1 a
280	310.6 a	172.0 a	4.0 a	0.52 a	13.2 a	475.5 a	1842.7 a	30.8 a	0.45 a	4787.7 a

Tukey 0.05. Letras diferentes muestra tratamientos diferentes.

AP= Altura de planta

AM= Altura de mazorca

NM m⁻²= Número de mazorcas m⁻²

PM m⁻²= Peso de mazorcas m⁻²

LM= Longitud de mazorca

NGMzc⁻¹= Número de granos mazorca⁻¹

NG m⁻²= Número de granos m⁻²

P100G= Peso de 100 granos

PG m⁻²= Peso de grano m⁻²

REN= Rendimiento

CUADRO 12. MEDIAS DE LOS PARÁMETROS ALTURA DE PLANTA Y DE MAZORCA Y RENDIMIENTO EN GRANO DE MAÍZ Y SUS COMPONENTES BAJO DOS ÉPOCAS DE APLICACIÓN DE ETHREL.

ÉPOCA DE APLICACIÓN DE ETHREL	AP		AM		NM m ²	PM m ²	LM		NGMzc ⁻¹	NG m ²	P100G	PG m ²	REN
	(cm)	%	(cm)	%	(No.)	(kg)	(cm)	%	(No.)	(No.)	(g)	(kg)	(kg ha ⁻¹)
DIFERENCIACIÓN													
DE ESPIGA	329.9 a	100	188.7 a	100	4.8 a	0.72 a	14.3 a	100	495.6 a	2409.1 a	31.7 a	0.63 a	5105.2 a
DIFERENCIACIÓN													
DE MAZORCA	307.2 b	93	174.2 a	92	4.3 a	0.58 a	13.3 b	93	463.1 a	1988.2 a	30.3 a	0.50 a	4966.4 a

Tukey 0.05. Letras diferentes muestra tratamientos diferentes.

AP= Altura de planta

AM= Altura de mazorca

NM m²= Número de mazorcas m⁻²

PM m²= Peso de mazorcas m⁻²

LM= Longitud de mazorca

NGMzc⁻¹= Número de granos mazorca⁻¹

NG m²= Número de granos m⁻²

P100G= Peso de 100 granos

PG m²= Peso de grano m⁻²

REN= Rendimiento

CUADRO 13. MEDIAS DE LOS PARÁMETROS ALTURA DE PLANTA Y DE MAZORCA Y RENDIMIENTO EN GRANO DE MAÍZ Y SUS COMPONENTES DE LAS VARIETADES V-18 Y H-139 BAJO EL EFECTO DEL ETHREL.

VARIETADES	AP (cm)	AM (cm)	NM m ⁻² (No.)	PM m ⁻² (kg)	LM (cm)	NGMzc ⁻¹ (No.)	NG m ⁻² (No.)	P100G (g)	PG m ⁻² (kg)	REN (kg ha ⁻¹)
V-18	328.9 a	191.5 a	4.3 a	0.58 b	14.0 a	439.5 b	1886.8 b	31.9 a	0.5 b	4324.0 b
H-139	308.2 b	171.4 b	4.7 a	0.72 a	13.7 a	519.2 a	2510.6 a	30.1 a	0.6 a	5747.7 a

Tukey 0.05. Letras diferentes muestra tratamientos diferentes.

AP= Altura de planta

AM= Altura de mazorca

NM m⁻²= Número de mazorcas m⁻²

PM m⁻²= Peso de mazorcas m⁻²

LM= Longitud de mazorca

NGMzc⁻¹= Número de granos mazorca⁻¹

NG m⁻²= Número de granos m⁻²

P100G= Peso de 100 granos

PG m⁻²= Peso de grano m⁻²

REN= Rendimiento

4.4. Análisis de correlación entre componentes del rendimiento.

Los resultados en la variedad V-18 mostraron correlaciones significativas positivas entre LEPMT y LEPST ($r=0.501^*$), del mismo modo entre PSTPMF y PGMzc¹ ($r=0.450^*$). Se observaron diversas correlaciones positivas altamente significativas entre AFHMP y % AC ($r=0.756^{**}$), PSTA y DMF ($r=0.627^{**}$), LEPIT y AP ($r=0.698^{**}$), LEPST y PGMzc¹ ($r=0.608^{**}$), LEPST y PSTPMF ($r=0.526^{**}$), DMF y NGMzc¹ ($r=0.493^{**}$) y LM y NGMzc¹ ($r=0.586^{**}$). También se observó correlación negativa altamente significativa entre PSTPMF y DMF ($r=-0.590^{**}$). No se observó correlación alguna entre rendimiento y los diferentes parámetros cuantificados (Cuadro 14).

Estas correlaciones indican relación entre % AC, PGMzc¹ y DMF con el PSTPMF, así mismo estos fueron afectados por la aplicación de ethrel.

Lo anterior permite establecer que posiblemente el control de acame en esta variedad fué debido a una reducción en el área foliar de la planta. El altura de planta fué afectada en mayor proporción por la LEPIT; acorde a esto es posible establecer que la época de aplicación de ethrel en DE acortó más la longitud de éstos entrenudos y de este modo influyeron en la expresión de la altura de la planta. La acumulación de materia seca en la planta es determinante en la madurez fisiológica de la variedad y fundamental en el PGMzc¹ debido posiblemente a que el periodo de llenado de grano fué reducido. El peso de las mazorcas determinaron el rendimiento en grano de maíz de la variedad, quizá la reducción en el rendimiento en grano de maíz de la variedad se debió principalmente al afectar la acumulación de materia seca total en la planta por efecto de la aplicación de ethrel, así, fué afectado el rendimiento biológico, el cual se correlaciona positivamente con el rendimiento económico.

Estos resultados se agregan con estudios previos concernientes a aplicaciones de ethephon en maíz. Khosravi y Anderson, (1991) reportan que la altura de planta fué influenciada principalmente por los entrenudos abajo de la mazorca, debido a que las

CUADRO 14. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y SU SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA DE ÁREA FOLIAR, PESO SECO DE TALLO Y PLANTA, LONGITUD DE ENTRENUDOS, PORCENTAJE DE ACAME, DÍAS A FLORACIÓN Y A MADUREZ, ALTURA DE PLANTA Y RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES DE LA VARIEDAD V-18 BAJO EL EFECTO DEL ETHREL.

	AFHMP	PSTA	LEPIT	LEPMT	LEPST	PSTPMF	PGMzc ⁻¹	% AC	DFF	DMF	REN	AP	LM	NGMzc ⁻¹	P100G
AFHMP	1.0	0.174NS	0.177NS	0.337NS	-0.103NS	-0.304NS	-0.101NS	0.736**	0.198NS	0.381NS	0.0NS	0.286NS	0.051NS	0.162NS	0.166NS
PSTA		1.00	0.403NS	0.306NS	0.094NS	-0.032NS	0.066NS	0.059NS	-0.408NS	0.627**	0.024NS	0.202NS	-0.365NS	0.101NS	-0.119NS
LEPIT			1.0	0.272NS	0.0NS	0.096NS	-0.052NS	0.201NS	0.122NS	0.107NS	0.282NS	0.698**	-0.152NS	-0.218NS	-0.075NS
LEPMT				1.0	0.501*	0.119NS	0.370NS	0.427NS	0.184NS	0.171NS	-0.176NS	0.415NS	0.131NS	0.241NS	-0.193NS
LEPST					1.0	0.526**	0.608**	-0.133NS	-0.162NS	-0.158NS	-0.318NS	0.147NS	-0.033NS	0.052NS	-0.088NS
PSTPMF						1.0	0.450*	-0.321NS	-0.203NS	-0.590**	-0.068NS	0.212NS	-0.200NS	-0.233NS	0.033NS
PGMzc ⁻¹							1.0	0.010NS	-0.094NS	-0.129NS	-0.106NS	0.153NS	0.074NS	-0.143NS	-0.323NS
% AC								1.0	0.326NS	0.304NS	0.152NS	0.245NS	0.190NS	0.180NS	0.040NS
DFF									1.0	-0.173NS	-0.044NS	-0.006NS	0.191NS	0.118NS	0.116NS
DMF										1.0	0.149NS	0.001NS	0.062NS	0.493**	-0.161NS
REN											1.0	0.102NS	-0.060NS	0.028NS	0.075NS
AP												1.0	0.240NS	-0.022NS	0.198NS
LM													1.0	0.586**	0.138NS
NGMzc ⁻¹														1.0	0.361NS
P100G															1.0

*,** Indica significancia a niveles 0.05 y 0.01, respectivamente. NS= No significativo.

aplicaciones de ethephon en DE principalmente afectan el alargamiento de entrenudos inferiores. Sin embargo, Gaska y Oplinger, (1988a); Konsler y Grabau, (1989); Norberg *et al.*, (1989) reportan que el retraso en la aplicación de ethephon de DE a DM incrementó la eficacia del ethephon en reducir la altura de planta. Reducciones en el rendimiento por aplicación de ethephon fueron atribuidas a la reducción del rendimiento por planta (Earley y Slife, 1969), a reducciones en el peso de grano (Cox y Andrade, 1988; Norberg *et al.*, 1988) y a reducciones en rendimiento por mazorca y peso de grano (Langan y Oplinger, 1987).

El análisis de correlación correspondiente a el híbrido H-139 mostró correlaciones positivas significativas entre % AC y LEPIT ($r=0.569^*$), AFHMP y AP ($r=0.574^*$), AFHMP y NGMzc¹ ($r=0.427^*$), PSTPMF y PSTA ($r=0.582^*$), PSTPMF y LEPIT ($r=0.579^*$), PGMzc¹ y LEPIT ($r=0.510^*$), PGMzc¹ y PSTPMF ($r=0.456^*$), REN y PSTPMF ($r=0.494^*$), REN y P 100 G ($r=0.508^*$), correlaciones negativas significativas entre LEPST y AFHMP ($r=-0.452^*$), LEPST y PSTA ($r=-0.482^*$), DFF y LEPIT ($r=-0.504^*$), DFF y PSTPMF ($r=-0.487^*$) y DFF y DMF ($r=-0.482^*$). Correlaciones positivas altamente significativas entre AFHMP y PSTA ($r=0.909^{**}$), AFHMP y LEPIT ($r=0.606^{**}$), AFHMP y % AC ($r=0.763^{**}$), AP y LEPIT ($r=0.592^{**}$), AP y % AC ($r=0.662^{**}$), AP y P 100 G ($r=0.647^{**}$), PSTA y LEPIT ($r=0.691^{**}$), PSTA y % AC ($r=0.733^{**}$), PSTA y AP ($r=0.671^{**}$), PSTPMF y AFHMP ($r=0.552^{**}$), PSTPMF y % AC ($r=0.750^{**}$), PSTPMF y AP ($r=0.529^{**}$), PSTPMF y P 100 G ($r=0.517^{**}$), NGMzc¹ y PSTA ($r=0.599^{**}$), NGMzc¹ y LM ($r=0.686^{**}$) y DMF y LEPIT ($r=0.521^{**}$). También se observaron correlaciones negativas altamente significativas entre PGMzc¹ y DFF ($r=-0.599^{**}$) y DFF y % AC ($r=-0.563^{**}$) (Cuadro 15). Los coeficientes de correlación indican relación entre AP, AFHMP y acumulación de materia seca en la planta con % AC. El AFHMP influyó la acumulación de materia seca en la planta, el número y peso de granos mazorca¹ y los DFF.

CUADRO 15. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y SU SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA DE ÁREA FOLIAR, PESO SECO DE TALLO Y PLANTA, LONGITUD DE ENTRENUDOS, PORCENTAJE DE ACAME, DÍAS A FLORACIÓN Y A MADUREZ, ALTURA DE PLANTA Y RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES DEL HÍBRIDO H-139 BAJO EL EFECTO DEL ETHREL.

	AFHMP	PSTA	LEPIT	LEPMT	LEPST	PSTPMF	PGMzc ⁻¹	% AC	DFF	DMF	REN	AP	LM	NGMzc ⁻¹	P100G
AFHMP	1.0	0.909**	0.606**	0.234NS	-0.452*	0.552**	0.205NS	0.763**	-0.329NS	0.314NS	0.236NS	0.574*	0.207NS	0.427*	0.209NS
PSTA		1.0	0.691**	0.237NS	-0.482*	0.582*	0.241NS	0.733**	-0.305NS	0.351NS	0.404NS	0.671**	0.317NS	0.599**	0.397NS
LEPIT			1.0	0.347NS	-0.193NS	0.579*	0.510*	0.569*	-0.504*	0.521**	0.181NS	0.592**	0.084NS	0.310NS	0.404NS
LEPMT				1.0	0.111NS	-0.185NS	-0.177NS	0.028NS	0.143NS	0.140NS	-0.254NS	0.224NS	0.108NS	-0.079NS	0.217NS
LEPST					1.0	-0.338NS	0.051NS	-0.266NS	0.239NS	-0.146NS	-0.287NS	-0.193NS	-0.036NS	-0.063NS	-0.049NS
PSTPMF						1.0	0.456*	0.750**	-0.487*	0.408NS	0.494*	0.529**	-0.162NS	0.026NS	0.517**
PGMzc ⁻¹							1.0	0.320NS	-0.599**	0.243NS	0.226NS	0.054NS	0.096NS	0.206NS	0.107NS
% AC								1.0	-0.563**	0.432NS	0.378NS	0.662**	0.190NS	0.322NS	0.443NS
DFF									1.0	-0.482*	-0.226NS	-0.273NS	-0.116NS	-0.091NS	-0.027NS
DMF										1.0	0.200NS	0.259NS	0.086NS	0.038NS	0.308NS
REN											1.0	0.302NS	0.101NS	0.248NS	0.508*
AP												1.0	0.257NS	0.412NS	0.647**
LM													1.0	0.686**	0.121NS
NGMzc ⁻¹														1.0	0.075NS
P100G															1.0

*,** Indica significancia a niveles 0.05 y 0.01, respectivamente. NS= No significativo.

Lo anterior permite establecer que el % AC para ésta variedad está en función del AP, en adición a esto, los entrenudos de la parte inferior del tallo son determinantes en la expresión de acame, del AFHMP y de la acumulación de materia seca en la planta. La LEPIT influyeron en el AP, en el PSTP y en el PGMzc¹. El AFHMP determinó en primera instancia, la acumulación de materia seca en la planta de este híbrido, el número y peso de los granos mazorca¹, siendo la componente P100G determinante en el rendimiento en grano de maíz de este híbrido. De ésta manera, la acumulación de materia seca en la planta determinó los DFF y éstos a su vez el PGMzc¹ y los DMF. Lo anterior revela la importancia del área foliar en la acumulación de materia seca (rendimiento biológico) y su relación en la expresión del rendimiento en grano en este híbrido. Las reducciones observadas en el AFHMP en éste híbrido por efecto de la dosis y época de aplicación de ethrel son indeseables debido a su efecto detrimental hacia el rendimiento biológico el cual de alguna manera afecta el rendimiento en grano de maíz.

Los efectos del ethrel sobre maíz en este estudio se asemejan a los efectos sobre otras especies y generalmente se agregan con resultados de estudios previos. Konsler y Grabau, (1989) mencionan que es preocupante el impacto del ethephon sobre la distribución del área foliar dentro de la planta, debido a que aplicaciones de ethephon en estados vegetativos afectan el área foliar de la hoja de la mazorca (AFHM), cuyo efecto es negativo sobre el rendimiento en grano. El flujo de fotosintatos de la hoja de la mazorca se encuentra relacionado a la velocidad de desarrollo del grano (Eastin, 1969; Tanaka y Yamaguchi, 1984) y presumiblemente, el impacto del ethephon sobre el alargamiento celular puede ocasionar una reducción en el área de éstas hojas críticas si es aplicado antes de alcanzar su completa extensión. En efecto, reducción en área foliar vegetal fué observada con el uso de ethephon en maíz (Earley y Slife, 1969).

De este modo, los resultados obtenidos en la presente investigación anteriormente descritos, permiten establecer que los objetivos planteados al inicio de la investigación, fueron alcanzados en toda su extensión, como anteriormente fueron presentados los efectos de la época y dosis de aplicación de ethrel sobre la longitud del

tallo, el peso seco de planta, el acame y el rendimiento y sus componentes en las variedades de maíz V-18 y H-139.

5. DISCUSIÓN.

5.1. Área foliar de la hoja de la mazorca principal y peso seco de tallo.

La reducción observada en AFHMP y en producción de materia seca por efecto de la dosis y época de aplicación de ethrel puede ser atribuida a la acción del etileno, ya que su contenido, el ácido 2 (cloretil) fosfónico redujo la velocidad de crecimiento en órganos que en esos momentos se encontraban fisiológicamente activos (Earley y Slife, 1969; Abeles, 1973; Burg, 1973; Jackson, 1981; Bullock y Raymer, 1989; Konler y Grabau, 1989); por lo que es posible que el área foliar se haya visto afectada en su crecimiento por efecto del ethrel, dado que la fotosíntesis en maíz depende en su mayor parte de la lámina foliar; alrededor del 90 % del peso de los granos es derivado de los fotosintatos producidos por las hojas durante el llenado de grano los cuales son translocados directamente a la mazorca (Tanaka y Yamaguchi, 1984).

La dosis de aplicación de ethrel redujo linealmente el alargamiento de diversas estructuras anatómicas de la planta tal efecto fue más marcado conforme se incrementó la dosis, observándose un efecto más drástico en las épocas tardías de aplicación (DM) quizá debido a una mayor área de intercepción del químico por la planta, de este modo se presentó una mayor concentración de i. a. de ethrel en la planta (Gaska y Oplinger, 1988a; Konler y Grabau, 1989; Norberg *et al.*, 1989). En este estudio el ácido 2 (cloretil) fosfónico redujo el AFHMP, la producción de materia seca en la planta y debido a esto indirectamente redujo el rendimiento en las variedades de estudio. Sin embargo, los resultados correspondientes a la dosis de aplicación de ethrel no muestran

efectos drásticos, quizá usando mayores dosis de aplicación de ethrel (>280 g i. a. ha⁻¹) podrían observarse efectos más claros.

Los resultados de éste estudio son congruentes con los hallados por Earley y Slife, (1969) quienes reportan reducciones en el área foliar planta⁻¹ por efecto de la dosis de aplicación de ethrel, en adición a lo anterior, Konsler y Grabau, (1989) también reportan reducciones en el área foliar por efecto de la época de aplicación de ethephon; sin embargo, Cox y Andrade, (1988) encontraron que el ethephon no tuvo efecto sobre el IAF, pero que éste afectó la eficiencia fotosintética. En otra investigación Van Sanford *et al.*, (1989) encontraron que el ethephon redujo el área foliar de la hoja bandera de cultivares de trigo sin influenciar significativamente el rendimiento en grano.

En términos generales el híbrido H-139 se expresó de manera diferencial en relación a la variedad V-18, la cual mostró un mejor comportamiento al efecto del ethrel en relación a el AFHMP y producción de materia seca.

5.2. Longitud de entrenudos, acame, días a floración femenina y días a madurez fisiológica.

La división del tallo de la planta en tres porciones (inferior, media y superior) permitió observar el comportamiento de los entrenudos en las porciones bajo el efecto del ethrel. Así, la época de aplicación de ethrel fué determinante en la reducción de la longitud promedio de los entrenudos de la parte media del tallo, la época de aplicación tardía (DM) redujo significativamente la longitud de los entrenudos de la parte media del tallo en comparación a la época de aplicación temprana (DE). Dicha reducción en la longitud de entrenudos, es el resultado de una inhibición del alargamiento celular, efecto característico del etileno (Abeles; Burg y Burg y Van Andel citados por Abeles, 1973).

La época de aplicación de etrel en diferenciación de mazorca fué decisiva en la reducción y control de acame, posiblemente ésta reducción fué debida a la reducción en la longitud promedio de los entrenudos de la parte media del tallo, tal reducción de los entrenudos del tallo posiblemente le confirieron mayor resistencia a la planta al acame.

Aunque no se observó diferencia en las medias de % AC, sí se observó una tendencia a reducirse por efecto del incremento en la dosis de aplicación de etrel.

Los resultados de ésta investigación mostraron que la época de aplicación temprana y dosis alta (280 g i. a. ha⁻¹) de etrel redujeron el número de días a madurez fisiológica, es posible que éstos dos factores alteraran la tasa de acumulación de materia seca, el periodo de llenado de grano y la tasa de pérdida de humedad del grano. En éste estudio la dosis de aplicación redujo drásticamente el número de días a formación de capa negra.

Los resultados obtenidos en ésta investigación anteriormente mencionados son congruentes con los hallados por Earley y Slife, (1969); Konsler y Grabau, (1989); Norberg *et al.*, (1989) y Khosravi y Anderson, (1991) quienes reportan que la aplicación de ethephon en el estado vegetativo de diferenciación de espiga principalmente afectó el alargamiento de entrenudos abajo de la mazorca, mientras que el estado diferenciación de mazorca afecta el alargamiento de entrenudos arriba de la mazorca. Conforme el tiempo de aplicación de ethephon se retrasó de DE a DM, una mayor reducción en longitud de los entrenudos ocurre. Cox y Andrade, (1988); Gaska y Oplinger, (1988a); Norberg *et al.*, (1988, 1989); Fritz *et al.*, (1991) y Khosravi y Anderson, (1991) reportan reducciones en acame en maíz por efecto de aplicaciones de ethephon en diferenciación de mazorca comparado a el tiempo de aplicación temprano; sin embargo, Bullock y Raymer, (1989) reportan que el acame no fué afectado por el tiempo de aplicación de ethephon. Earley y Slife, (1969) y Gaska y Oplinger, (1988b) reportan menor contenido de humedad en el grano con altas dosis de ethephon en época de aplicación tardía.

Las variedades V-18 y H-139 se expresaron de manera diferente en cuanto a la longitud de entrenudos de la parte media del tallo, % AC y DFF. Por un lado, el híbrido H-139 fué afectado en mayor grado ya que en promedio presentó menor longitud de entrenudos de la parte media del tallo. En adición a lo anterior, presentó menor número de DFF y menor incidencia de acame quizá por la correlación positiva que existe entre éstas dos variables.

5.3. Componentes del rendimiento y rendimiento.

Los resultados de la presente investigación indican que el alargamiento de los entrenudos de la parte media del tallo de la planta de maíz se retardó cuando el ethrel se aplicó en diferenciación de mazorca principal, de éste modo se redujo el altura de planta. Esto muestra que el tiempo de aplicación de ethrel en el estado de diferenciación de mazorca afectó el alargamiento de los entrenudos adyacentes a la mazorca principal. Es posible que tal reducción sea mayor en tiempos de aplicación tardío debido a una mayor formación de hojas y a un número mayor de entrenudos que ya se ha alargado y de este modo existen más sitios para que actúe el ethephon (Gaska y Oplinger, 1988a; Konsler y Grabau, 1989; Norberg *et al.*, 1989), tales reducciones son características del etileno (Earley y Slife, 1969; Bullock y Raymer, 1989). Para el control de acame en maíz, la altura de mazorca es mejor considerada que la altura de planta, debido a que la mazorca desarrollada posee aproximadamente el 50 % del peso seco de la planta. También porque la mazorca cuando es movida por el viento provee mucha de la fuerza mecánica, la cual causa el rompimiento de la parte inferior del tallo (Konsler y Grabau, 1989).

Los resultados del análisis de varianza en este estudio para las componentes del rendimiento mostraron diferencia estadística en cuanto a $PM\ m^{-2}$, LM , $NGMzc^{-1}$, $NG\ m^{-2}$ y $PG\ m^{-2}$; es decir, el efecto producido por aplicación de ethrel se dirigió hacia las componentes por unidad de superficie, no obstante, la prueba de medias no registra diferencia significativa para éstas componentes por efecto de dosis y época de

aplicación de ethrel, esto muestra que quizá la dosis alta de aplicación ($280 \text{ g i. a. ha}^{-1}$) debió ser mayor para de este modo observar efectos drásticos y contundentes. No obstante lo anterior, existe una tendencia a disminuir el NM m^{-2} , PM m^{-2} , LM , NGMzc^{-1} , NG m^{-2} , P100G y PG m^{-2} por efecto del incremento en la dosis de ethrel. Del mismo modo, la época de aplicación de ethrel en diferenciación de mazorca afectó de manera detnimental las mismas componentes del rendimiento, esto muestra que ésta época de aplicación de ethrel es crítica y fundamental a considerar para el rendimiento y sus componentes. La tendencia a la reducción de las componentes relacionadas con el peso de grano muestra que la aplicación de ethrel redujo la acumulación de materia seca en el grano.

En ésta investigación la dosis y época de aplicación de ethrel no tuvo efectos estadísticos significativos sobre el NM m^{-2} , NGMzc^{-1} y NG m^{-2} . Sin embargo, la tendencia a decrecer de éstas componentes por efecto del ethrel puede atribuirse a propiedades gametocidas del ethrel que se han observado en trigo (*Triticum aestivum* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.) y maíz (*Zea mays* L.) (Hughes *et al.*; Fairey y Stoskopf y Yamaguzhim y Akhmetov citados por Cox y Andrade, 1988). Debido a que el ethrel se aplicó pocos días antes de anthesis es posible pensar que la reducción en el número de granos sea atribuida a dichas propiedades gametocidas del ethrel.

En adición a lo anterior, los resultados encontrados en esta investigación se agregan a estudios realizados previamente por Langan y Oplinger, (1987); Cox y Andrade, (1988); Gaska y Oplinger, (1989a, b); Bullock y Raymer, (1989); Konsler y Grabau, (1989); Norberg *et al.*, (1989); Fritz *et al.*, (1991) y Khosravi y Anderson, (1991) quienes reportan que las aplicaciones retrasadas de ethephon incrementaron su eficiencia en reducir la altura de mazorca en todas las dosis de aplicación. Por otro lado, Earley y Slife, (1969); Langan y Oplinger, (1987); Gaska y Oplinger, (1988a); Norberg *et al.*, (1989); Bullock y Raymer, (1989); Konsler y Grabau (1989) y Khosravi y Anderson, (1991) reportan reducciones en el rendimiento en grano de maíz por efecto del incremento en la dosis y tiempos tardíos de aplicación de ethephon; siendo la

componente peso de grano determinante en el rendimiento. Sin embargo, Cox y Andrade, (1988) reportan incrementos en rendimiento en grano de maíz del híbrido "Cornell 281" bajo dosis de 0.42 kg ha^{-1} i. a. de ethephon; Gaska y Oplinger, (1988b) no observaron reducciones en el rendimiento en grano de maíz cuando la alta dosis de aplicación de ethrel se aplicó en tiempo de aplicación tardío. En cuanto a las componentes del rendimiento Gaska y Oplinger, (1988a) reportaron que en época de aplicación tardía, el número de mazorcas Planta⁻¹ decreció; no obstante esto, Norberg *et al.*, (1988) encontraron incrementos en el número de mazorcas m² en época de aplicación tardía. Este autor también observó reducción en el número de granos mazorca⁻¹ y peso de grano por el incremento en la dosis de aplicación. Langan y Oplinger, (1987) y Khosravi y Anderson, (1991) reportan reducciones en el peso de grano por efecto de la aplicación de ethrel, siendo ésta una de las componentes que afectó el rendimiento.

Las variedades de estudio respondieron de manera diferente a la aplicación de ethrel, siendo el híbrido H-139 quien respondió de mejor manera. El híbrido H-139 presentó menor altura de planta y mazorca; sin embargo, presentó superioridad en cuanto al PM m², NGMzc⁻¹ y PG m² esto muestra que las componentes cuantificadas m² fueron las que contribuyeron en mayor proporción a un rendimiento más elevado en relación a la variedad V-18; de este modo el H-139 presentó mazorcas con un mayor número de granos y más pesados que la variedad V-18. Lo anterior nos muestra, que el híbrido H-139 fué menos sensible a la aplicación de ethrel.

De esta manera, la discusión de resultados presentada anteriormente permite establecer que las hipótesis planteadas para verificar los efectos de la dosis y épocas de aplicación de ethrel sobre estructuras vegetativas y reproductivas, acame, rendimiento en grano y sus componentes en las variedades en estudio fueron comprobadas, como se indicó en la discusión. La dosis y época de aplicación de ethrel afectaron de manera negativa el AFHMP y la producción de materia seca. La época de aplicación fué determinante en la reducción de la longitud promedio de los entrenudos del tallo, así,

ésta reducción en longitud de entrenudos contribuyó en reducir la incidencia de acame. Del mismo modo, la época de aplicación de ethrel en diferenciación de mazorca es crítica y fundamental para el rendimiento y sus componentes, la tendencia de reducción de las componentes relacionadas con el peso de grano mostró que el ethrel redujo la acumulación de materia seca en grano. Las variedades se expresaron de manera diferencial, su manifestación fué acorde con la dosis y época de aplicación de ethrel.

6. CONCLUSIONES.

1. El uso de 280 g i. a. ha⁻¹ de ethrel aplicado en el estado de crecimiento de diferenciación de mazorca principal redujo el área foliar de la hoja de la mazorca principal, el peso seco total de planta, la longitud promedio de los entrenudos de la parte media del tallo, la altura de planta y el acame en ambas variedades en estudio.

2. La mayor dosis de aplicación de ethrel (280 g i. a. ha⁻¹) aplicada en el estado de crecimiento de diferenciación de mazorca principal afectó de manera negativa la acumulación de materia seca y redujo el acame en ambas variedades; sin embargo, se redujo el rendimiento en grano principalmente en la variedad V-18.

3. La aplicación de ethrel en diferenciación de mazorca principal fué crítica y determinante en la reducción de longitud de entrenudos y altura de planta; ambos componentes influyeron de manera positiva en la incidencia de acame.

4. La aplicación de 280 g i. a. ha⁻¹ de ethrel en el estado de crecimiento de diferenciación de espiga redujo el número de días a madurez fisiológica en ambas variedades. Del mismo modo, se redujo la longitud de mazorca por efecto de aplicación en diferenciación de mazorca principal en ambas variedades.

5. El análisis de correlación mostró que la reducción en acame por efecto de la aplicación de ethrel fué debida a una reducción en el área foliar de la mazorca principal y en la acumulación de peso seco en la planta. Esta disminución en materia seca en la planta influyó de manera detrimental en la madurez fisiológica, el peso de grano por mazorca y el rendimiento en grano de maíz de ambas variedades.

6. Las variedades de estudio respondieron de manera particular a la aplicación de ethrel. En términos generales, el híbrido H-139 fué más sensible a la aplicación del ethrel, no obstante esto, se expresó de manera favorable en el rendimiento en grano en comparación a la variedad V-18.

7. BIBLIOGRAFÍA.

Abeles, F. B. 1973. Ethylene in plant biology. Academic Press., New York. p. 10-251.

Alberici, R., M. Baravelli, P. Cacciatori, and P. L. Ottieri. 1991. Use of a growth regulator to control lodging in barley. In Plant growth regulator Abstracts. p. 297.

Appleby, A. P., W. E. Kronstad, and C. R. Rhode. 1966. Influence of 2-chloroethyl trimethyl ammonium chloride (CCC) on wheat when applied as a seed treatment. Agron. J., 58:435-437.

Beck, D. L. 1985. The interrelationship between yield, and root and stalk quality in maize. Ph. D. diss. Missouri, Univ., Missouri, Columbia.

_____, L. L. Darrah, and M. S. Zuber. 1988. Relationship of root tensile strength to vertical root pulling resistance in maize. Crop Sci., 28:571-573.

Bonner, J., and J. E. Varner. 1976. Plant biochemistry. Academic Press., U.S.A. p. 714-723.

Bonnet, O. T. 1983. Inflorescences of maize, wheat, rye, barley, and oats; their initiation and development. Univ. Illinois., College of Agriculture. Agricultural experiment station. Bull 721.

Bullock, D. G., and P. L. Raymer. 1989. Growth, grain yield, and tissue mineral concentration of corn treated with ethephon. Agron. J., 81:480-483.

Burg, S. P. 1973. Ethylene in Plant growth. Proc. Nat. Acad. Sci. 2:591-597.

Carter, R. P. 1985. Corn lodging prevention. *Crops and soils Magazine*. 37.(6): 8-11.

Castro, M. G. 1978. Informe de avances de la investigación en el mejoramiento genético de maíz. Boletín técnico No. 1. U.A. A. A. N., Saltillo, Coahuila, Méx.

Colville, D. C., and R. L. Nielsen. 1986. Effects of ethephon on lodging and yield of popcorn. In *Agronomy abstracts ASA*, Madison, WI. p. 52.

Cooke, A. R., and D. I. Randall. 1968. 2-haloethanephosphonic acids as ethylene releasing agents for the induction of flowering in pineapples. *Nature*, 218:974-975.

Cooper, A. J. 1973. Root temperature and plant growth. *Common wealth agricultural Boreaux*.

Cox, W. J., and H. F. Andrade. 1988. Growth, yield, and yield components of maize as influenced by ethephon. *Crop Sci.*, 28:536-542.

Dahnous, K., G. T. Vigue, A. G. Law, C. F. Konzak, and D. G. Miller. 1982. Height and yield response of selected wheat, barley, and triticale cultivars to ethephon. *Agron. J.*, 74:580-582.

Earley, E. B., and F. W. Slife. 1969. Effect of ethrel on growth and yield of corn. *Agron. J.* 61:821-823.

Eastin, J. A. 1969. Leaf position and function in corn-carbon-14 labeled photosynthate distribution in corn in relation to leaf position and leaf function. In *Proc. 24 th Ann. Corn sorghum Res. Conf., Chicago, IL. 9-11 Dec. 1969. Am seed Trade Assoc. Washington, D.C.*

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Edgerton, L. J., and G. O. Blanpied. 1968. Regulation of growth and fruit maturation with 2-chloroethane phosphonic acid. *Nature*, 219:1064-1065.

Esechie, H. A. 1985. Relationship of stalk morphology and chemical composition to lodging resistance in maize in a rain forest zone. *J. Agric. Sci*; 104:429-433.

Evans, L. T. 1983. *Fisiología de los cultivos*. Edigraf S. A., Buenos Aires. p. 353-378.

Fisher, K. S., and A. F. E. Palmer. 1983. Symposium on potential productivity of field crops under different environments. International Rice Research Institute. Los Baños, Laguna, Philippines. p. 154-180.

Foy, C. L. , and H. L. Witt. 1986. Etephon for prevention of lodging of wheat and barley in Virginia. In *plant growth regulators abstracts*. p. 144.

Fritz, U. A., J. B. Hebel, and A. M. Borowski. 1991. Sweet corn genotypes versus ethephon in relation to yields components. *Agron. J.*, 83:991-995.

Gaska, J. M. and E. S. Oplinger. 1988a. Yield, Lodging, and growth characteristics in sweet corn as influenced by ethephon timing and rate. *Agron. J.* 80:722-726.

_____. 1988b. Use of ethephon as a plant growth regulator in corn production. *Crop Sci.* 28:981-986.

Hall, T. E., and Nielsen R. L. 1986. Etephon: How it affects stalk quality, yield, and growth of corn (*Zea mays* L.). *Agronomy abstracts A.S.A.*, Madison, WI. p. 96.

Halmaun, M. 1990. Synthetic plant growth regulators. *Advances in agronomy.* 43:48-105.

Hansen, D. J., D. F. Loussaert, and M. M. Dayawon. 1978. Corn yields-rate limiting factors and opportunities in plant growth regulation. In proceeding of the plant growth regulator working group; -annual-meeting-plant-growth-regulator-working-Group (U.S.A.). (no.5th). p. 59-66.

Humphries, E. C. 1968. CCC and cereals. *Field crops Abstr.* 21:91-99.

Jackson, M. B., M. C. Drew, and S. C. Giffard. 1981. Effects of applying ethylene to the root system of *Zea mays* on growth and nutrient concentration in relation to flooding tolerance. *Physiol. Plant.*, 52:23-28.

Jugenheimer, R. W. 1981. Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Traducción de Rodolfo Piña García. Limusa, México. p. 247-254.

Khosravi, Gh. R. and I. C. Anderson. 1991. Growth, yield, and yield components of ethephon-treated corn. *Plant growth regulation.* 10:27-36.

Konsler, J. V., and L. J. Grabau. 1989. Ethephon as a morphological regulator for corn. *Agron. J.*, 81:849-852.

Langan, T. D., and E. S. Oplinger. 1987. Growth and yield of ethephon treated maize. *Agron. J.*, 79:130-134.

Lawlor, D. W. 1987. *Photosynthesis: Metabolism, control, and physiology.* Longman scientific & Technical., U.S.A. p. 243-250.

Leary, W. P., and E. S. Oplinger. 1983. Effect of plant growth regulators and nitrogen on the agronomic performance of small grains. In A. R. Cooke (ed.) *Proc. Plant growth regul. Soc. Am.*, 10:277-286.

Leng, E. R. 1954. Effects of heterosis on the major components of grain yield in corn. *Agron. J.* 46:502-505.

Lieberhardt, W. C., P. J. Strangel, and T. J. Murdock. 1968. A mechanism for the premature parenchyma break down in corn. *Agron. J.*, 60:496-499.

Lieberman, M. 1979. Biosynthesis and action of ethylene. *Annual Review of plant physiology.*, 30:560-569.

Moentono, M. D. 1988. Evaluation of corn inbred lines for high combining abilities for grain yield and root lodging resistance. *Indonesian Journal of crop science.*, 3(1-2):23-34.

Moes, J., and E. H. Stobbe. 1993. Barley treated with ethephon: I. yield components and net grain yield. In *plant growth regulator abstracts.* p. 299.

Mohammad, A. 1978. Influence of nitrogen fertilizer and plant density on some physiological aspects and grain yield of maize (*Zea mays* L.). Ph. D. diss. Kansas Univ., Manhattan, Kansas.

Mohamed, M. A., J. J. Steiner, S. D. Wright, M. S. Bhango, and D. E. Millhouse. 1991. Intensive crop management practices on wheat yield and quality. In *plant growth regulator abstracts.* p. 82.

Moore, C. T. 1989. *Biochemistry and Physiology of plant hormones* Springer-Verlag, Inc. New York. p. 228-249.

Nafziger, E. D., M. W. Lloyd, and C. M. Brown. 1986. Response of five winter wheat cultivars to growth regulators and increasing nitrogen levels. *Crop Sci.*, 26:767-770.

Norberg, O. S., S. C. Mason, and S. R. Lowry. 1988. Ethephon influence on harvestable yield, grain quality, and lodging of corn. *Agron. J.* 80:768-772.

_____. 1989. Ethephon alteration of corn plant morphology. *Agron. J.*, 81:603-609.

Nyanguila, M. 1980. Physiological determinants of grain yield of maize (*Zea mays* L.) varieties in different environments. Ph. D. diss. Kansas Univ. Manhattan, Kansas.

Ozuna, O. J. 1980. Estimación y uso de índices fisiotécnicos en la evaluación de genotipos de sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Hoendi), tolerantes al frío bajo diferentes ambientes en Chapingo, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.

Poehlman, J. M. 1987. *Breeding Field Crops*. Avipublishing Company, Inc. p. 270-490.

Poey, F. R. D. 1978. El mejoramiento integral del maíz. C.P., Chapingo, México. p. 63-109.

Ramírez, D. J. L. 1985. Análisis de crecimiento y componentes del rendimiento de los híbridos de maíz H-30 y H-131 y de sus progenitores. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 185 p.

Remison, S. V., and D. Akinleye. 1978. Relationship between lodging, morphological characters and yield of varieties of maize (*Zea mays* L.). *J. Agric. Sci., Camb.*, 91:633-638.

Richie, S. W., and J. J. Hanway. 1982. How a corn plant develops. Iowa State Univ. Sci. Technol. Spec. Rep. 48 (Revised), Ames, I.A.

Rivier, A., and L. Crozier. 1987. Principles and practice of plant hormone analysis. Academic Press, Inc., London. p. 367-397.

Sachs, R. M., and W. P. Hackett. 1972. Chemical inhibition of plant height. Hort Science., 7(5):440-47.

Salisbury, F. B., and W. R. Cleon. 1989. Plant Physiology. Wodsworth Publishing Company., U.S.A. p. 339-344.

Soza, R. F., A. D. Violic, and V. Claire. 1975. CIMMYT. In the XXI PCCMCA Meeting. El Salvador. p. 1-15.

Sprague, W. E. 1981. CIMMYT. In XVII Conferencia Latinoamericana de Producción de Alimentos, Santiago, Chile. p. 7.

Stamp, P., and C. Kiel. 1992. Root morphology of maize and its relationship to root lodging. J. Agronomy & Crop science., 168:113-118.

Stützel, H., and W. Aufhammer. 1989. Effects of winter barley cultivar mixtures on lodging. J. Agric. Sci., Camb., 112:47-55

Suresh, K. S., and R. Khanna. 1975. Physiological, biochemical, and genetic basis of heterosis. Advances in Agronomy., 27:130-137.

Tanaka, A., and J. Yamaguchi. 1984. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano en maíz. C.P., Chapingo, México. p. 20-58.

Taylor, J. S., K. R. Foster, and C. D. Caldwell. 1993. Ethephon effects on barley in Central Alberta. In plant growth regulators abstracts. p. 50.

Vaidya, S. M., and A. R. Mahab. 1988. Highlights of research on lodging resistance in cereals (wheat, maize & barley). Karnal, India; ICAR, All India Coordinated. Barley Improvement Project.

Van Sanford, D. A., J. H. Grove, L. J. Grabau, and C. T. Mckown. 1989. Influence of ethephon on nitrogen use in winter wheat. *Agron. J.* 81:951-954.

Warner, H. L., and A. C. Leopold. 1967. Plant growth regulation by stimulation of ethylene production. *Bioscience.*, 17:722.

_____. 1969. Ethylene evolution from 2-chloroethyl phosphonic Acid. *plant physiol.* 44:156-158.

White, E. M. 1991. Response of winter barley cultivars to nitrogen and a plant growth regulator in relation to lodging. *Journal of Agricultural Science, Cambridge.*, 1(6):191-200.

Wiersma, D. W., E. S. Oplinger, and S. O. Guy. 1986. Environmental and cultivar effects on winter wheat response to ethephon plant growth regulator. *Agron. J.*, 78:761-764.

De Wilde, R. C. 1971. Practical applications of (2-chloroethyl) phosphonic acid in agricultural production. *Hort Science.*, 6(4): 12-18.

Yang, S. F. 1969. Ethylene evolution from 2-chloroethyl phosphonic Acid. *Plant physiol.*, 44:1203-1204.

Yoshida, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. *Ann. Rev. Plant physiol.* 23:437-464.

Zuber, M. S., and M. S. Kang. 1978. Corn lodging slowed by sturdier stalks. *Crops soils*, 30(5):13-15.