

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMIA**

**EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD Y POTENCIAL DE RENDIMIENTO
DE 18 HIBRIDOS BLANCOS DE MAIZ (*Zea mays L.*) BAJO CONDICIONES DE RIEGO
Y LABRANZA, EN TRES LOCALIDADES DE LOS MUNICIPIOS DE
JOCOTAN Y CAMOTAN DEL DEPARTAMENTO
DE CHIQUIMULA.**

TESIS

PRESENTADA AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO

POR

MARLON SALVADOR SOBPIO BARRIENTOS

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO

Chiquimula, febrero de 2008

INDICE GENERAL

Contenido	Página
1. RESUMEN	i
2. INTRODUCCION	2
3. DEFINICION DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION	4
4. OBJETIVOS	5
4.1 Generales	5
4.2 Específicos	5
5. HIPOTESIS	6
6. MARCO TEORICO	7
6.1 Marco conceptual	7
6.1.1 Importancia del cultivo del Maíz	7
6.1.2 Limitantes del cultivo	8
6.1.3 Mejoramiento en Maíz	8
6.1.4 Achaparramiento del Maíz	11
6.1.5 Evaluación para enfermedades viróticas	15
6.1.6 Rendimiento del Maíz	16
6.1.7 Adaptabilidad en Maíz	17
6.2 Marco referencial	17
6.2.1 Localización del área de estudio	17
6.2.2 Condiciones climáticas y zonas de vida	17
6.2.3 Suelos	18
6.2.4 Estudios realizados	18
7. METODOLOGIA	19
7.1 Selección de las localidades	19
7.2 Ubicación de las localidades y fechas de siembra	20
7.3 Materiales genéticos a evaluados	20
7.4 Tamaño de la parcela experimental	21
7.5 Establecimiento de los ensayos	22
7.6 Diseño experimental	22
7.7 Análisis estadístico	23
7.8 Técnicas de recolección, análisis de datos y variables	23
7.9 Manejo del experimento	26
8. RESULTADOS Y DISCUSION	29
8.1 Variables relacionadas con adaptabilidad	29
8.2 Características relacionadas con potencial de rendimiento	32
8.3 Características relacionadas con tolerancia a <i>Spiroplasma</i>	34
9. CONCLUSIONES	41
10. RECOMENDACIONES	42
11. BIBLIOGRAFIAS	43
12. ANEXOS	46

I. RESUMEN

La evaluación de la Adaptabilidad y Potencial de Rendimiento de 18 Híbridos Elite Blancos en tres localidades de Chiquimula; formó parte del Programa que apoya el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo –CIMMYT- en la región de Centro América y el Caribe. El objetivo fue evaluar la adaptabilidad, el potencial de rendimiento y la tolerancia de los genotipos al *achaparramiento del maíz*, que según Bolaños 1997, es una de las enfermedades económicamente más importantes del maíz en América Central, América del Sur, México y EEUU, ocasionada por el virus Spiroplasma, transmitido en el área por el vector *Dalbulus maydis*. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones y tres localidades donde se ha detectado la presencia de *achaparramiento* y con características adecuadas para el establecimiento de híbridos (dos en el municipio de Jocotán y una en Camotán, departamento de Chiquimula). Se realizaron los análisis de varianza combinados para las variables relacionadas con (i) *Adaptabilidad del cultivo*, (ii) *Potencial de rendimiento del cultivo* y (iii) *Tolerancia a achaparramiento del cultivo*; se realizó un análisis de regresión múltiple para determinar la correlación entre el rendimiento, altura de la planta, y porcentaje de virus. Existió una correlación entre altura de planta y rendimiento y entre altura de planta y porcentaje de plantas con virus. Los principales resultados indican que el mayor rendimiento lo obtuvieron los materiales HEB0209 (4.68t.ha⁻¹), HEB0216 (4.41t.ha⁻¹), HEB0213 (4.29t.ha⁻¹), HEB0211 (4.23t.ha⁻¹) Y HEB0210 (4.19t.ha⁻¹), que superan al testigo HB-83 (3.06t.ha⁻¹) en un 53%. El comportamiento de los genotipos en general fue que a mayor altura mayor rendimiento y mayor tolerancia a la enfermedad del *achaparramiento* del maíz. Se recomienda que los genotipos superiores se evalúen a nivel de parcelas de agricultor para su validación y que se posibilite su liberación y uso por parte de agricultores y semilleristas.

II. INTRODUCCION

El maíz es el cultivo anual más importante en Guatemala, tanto desde el punto de vista de su superficie como de su consumo por la población, formando parte de la dieta alimenticia de todo guatemalteco que, en promedio se calcula la ingesta per-capita de 250 lbs/año, aportando aproximadamente el 45% de las calorías de la dieta diaria (ICTA, 2000).

Ubicado dentro de los cultivos de granos básicos, éste cereal se cultiva en un área aproximada de 706,986 hectáreas, obteniendo rendimientos promedio de 1.88 toneladas métricas por hectárea (26.32 quintales / manzana) (ICTA, 2000).

El cultivo ha estado en un proceso continuo de mejoramiento a través de programas internacionales como el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y el Programa Regional de Maíz para Centro América y el Caribe (PRM), quienes han desarrollado variedades e híbridos con el propósito de lograr mejor adaptación a diversas condiciones edafoclimáticas, elevar el contenido proteínico de los granos, obtener materiales resistentes o tolerantes a determinada enfermedad, etc.

La evaluación se realizó en el área de Jocotán y Camotán, municipios pertenecientes al departamento de Chiquimula en el periodo de septiembre del 2002 a febrero del 2003, mediante el establecimiento de tres ensayos, para la evaluación de 18 híbridos de maíz de grano blanco, utilizando el diseño de bloques completos al azar.

Los ensayos se establecieron en áreas donde se ha detectado presencia de la enfermedad del *achaparramiento del maíz* ocasionada por el virus *Spiroplasma* o por un organismo tipo *micoplasma*, que desde el año 2000 ha ocasionado pérdidas considerables.

Para el desarrollo de la evaluación se contó con el apoyo de la FAO, mediante un convenio con ICTA, CIMMYT y PRM, quienes proporcionaron materiales para evaluar la adaptabilidad y el potencial de rendimiento de éstos, con características y atributos como la constitución genética que permite tolerancia hacia la presencia del virus del achaparramiento del maíz, tolerancia a enfermedades foliares y de la mazorca, ventajas en la formación de la semilla certificada tales como sincronía floral, vigor de las líneas, entre otros.

Los principales resultados de los análisis estadísticos indican que los materiales HEB0209, HEB0216, HEB0213, HEB0211 y HEB0210 fueron superiores en rendimiento en un 53% comparándolo con el testigo HB-83 y que la *altura de la planta* tuvo una relación directa con el rendimiento de los genotipos evaluados, definiéndose como la variable afectada por el virus del *achaparramiento* del maíz.

III. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION

Los municipios de Jocotán y Camotán del departamento de Chiquimula poseen áreas con alto potencial productivo, donde se establecen híbridos de maíz bajo condiciones de labranza y riego. En éstas localidades (según Fao-Pesa, 2002), se ha reportado una disminución considerable del rendimiento del maíz por diversos factores, destacando la presencia de una de las enfermedades más importantes del maíz en los EEUU, México y América Central: *el achaparramiento del maíz*, ocasionada por *Spiroplasma kunkei*, transmitida por el vector *Dalbolus maydis*. Las primeras plantaciones afectadas se observaron en el año 2000, representando un peligro potencial para la producción de maíz en la región.

La utilización de materiales con genes tolerantes al *achaparramiento* es el control más adecuado para contrarrestar el efecto de la enfermedad y asegurar la producción sostenida en la región, considerando la resistencia del vector a insecticidas comerciales, la dependencia de éste al cultivo y la relación altamente específica que existe entre el patógeno y el vector (James, 1997).

Con base a ésta problemática, la FAO en convenio con el ICTA y el CIMMYT a través del Programa Regional del Mejoramiento de Maíz para Centro América y el Caribe (PRM) toma la iniciativa de evaluar 17 híbridos experimentales blancos más un híbrido local testigo (HB-83), con el propósito de determinar el potencial de rendimiento, la adaptabilidad y la incidencia al achaparramiento de éstos materiales en dos localidades en el área de Jocotán y una en Camotán; ubicando las localidades en áreas donde se ha determinado la presencia de ésta enfermedad.

IV. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Generar información que permita evaluar germoplasma de maíz con el propósito de proporcionar alternativas de producción en los municipios de Jocotán y Camotán, del departamento de Chiquimula.

4.2 ESPECIFICOS

- Evaluar la adaptabilidad y el potencial de rendimiento de 18 híbridos blancos bajo condiciones de riego y labranza en las áreas de Camotán y Jocotán.
- Evaluar la tolerancia de 18 híbridos blancos a la enfermedad del *achaparramiento del maíz* mediante análisis visual, en los municipios de Jocotán y Camotán.

V. HIPÓTESIS

- Al menos un híbrido blanco de los evaluados presentará características superiores de adaptabilidad, potencial de rendimiento y tolerancia al *achaparramiento del maíz*, al compararlo con el testigo local.

VI. MARCO TEORICO

6.1 MARCO CONCEPTUAL

6.1.1 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DEL MAIZ

EL maíz (*Zea mays* L.) es una planta anual originaria de América; alógama (en un 95-97%), monocotiledónea y monoica, pertenece a la familia graminaceae. De tallo herbáceo, con hojas simples alternas. Sus flores separadas en la misma planta, encontrándose en la parte superior la flor masculina (estigma) y en la parte media la flor femenina (estilo) (Perez, 1997).

Es uno de los principales cultivos de cereales a nivel mundial ocupando el tercer lugar en producción después del trigo y arroz; con un promedio de 380 millones de toneladas producidas anualmente en 120 millones de ha en 53 países y es el cultivo más ampliamente producido en casi todas las áreas tropicales del mundo incluyendo elevaciones tropicales de más de 3000 m de altura, hasta áreas templadas tan al norte como los 65° de latitud (Sainet, 1994).

En Guatemala es el cultivo de mayor importancia, formando parte de la dieta alimenticia de todo Guatemalteco, y en el área rural es en ocasiones la única fuente de alimentación, aportando, aproximadamente el 45% de las calorías de la dieta diaria (Perez, 1997).

La mayoría de agricultores de escasos recursos lo cultivan únicamente para su alimentación (agricultura de subsistencia), dependiendo de la producción del cultivo para su subsistencia. Ubicado dentro de los cultivos de granos básicos, éste cereal se cultiva en un área aproximada de 706,986 hectáreas obteniendo rendimientos promedios de 1.88 toneladas métricas por hectárea, reportándose los menores rendimientos (menores a 0.5 ton/ha) en áreas marginales, principalmente áreas que presentan recurrencia con problemas de sequía y zonas con potencial de rendimiento arriba de las 3.5 ton/ha, bajo estas condiciones el

uso de tecnología de semilla híbrida constituye una tecnología muy importante que favorece a mejorar los niveles de productividad (ICTA, 2000).

6.1.2 LIMITANTES DEL CULTIVO

Existen limitantes que afectan considerablemente la producción del cultivo de maíz, siendo las más severas: ataque de plagas y enfermedades, condiciones climáticas adversas, exceso de humedad, altas o bajas temperaturas y utilización de variedades criollas con bajo potencial de rendimiento.

Las enfermedades de importancia presentes en la zona son: Achaparramiento (*Spiroplasma o micoplasma*), Tizón foliar (*Helminthosporium sp.*), Roya (*Puccinia sp.*), Mancha negra (*Phyllachora maydis.*), Mildiu o Cenicilla (*Sclerospora sorghi*).

Entre las plagas que atacan al cultivo, están las que ocasionan daños directamente a la planta y/o mazorca y los portadores de virus que dañan indirectamente a la planta.

6.1.3 MEJORAMIENTO EN MAIZ

En maíz, los principales métodos de mejoramiento que se utilizan son: introducción, selección en masa e hibridación en la elaboración de sintéticos e híbridos (Poehlman, 1979).

a. Hibridación

Es un método que consiste en el aprovechamiento de la generación F_1 derivada del cruzamiento de dos individuos auto fecundados (líneas puras), o generaciones de F_1 de cruza simples (ICTA, 2000).

La producción de maíz híbrido involucra:

- Obtención de líneas auto fecundadas por polinización controlada.
- Determinación de las líneas auto fecundadas que puedan combinarse en cruzas productivas.
- Utilización comercial de las cruzas para la producción de semilla comercial.

Para la selección de maíces híbridos convencionales existen tres pasos:

- Selección de plantas en poblaciones de polinización libre.
- Autofecundación de poblaciones de polinización libre durante varias generaciones para obtener líneas homocigotas.
- Cruzamiento entre líneas seleccionadas.

Tipos de híbridos

El número de progenitores involucrados en la formación de híbridos puede variar de dos a cuatro (Poehlman, 1979). De acuerdo al número de líneas que intervienen en la estructura del híbrido se pueden clasificar en:

- **Híbrido simple CS**

Conformado por dos líneas puras (A X B), también se le llama cruce simple (CS); el bajo rendimiento de la semilla F_1 eleva el costo de producción de éste.

- **Híbrido triple**

Es el resultado del cruzamiento de tres líneas puras, interviene un híbrido doble como hembra y una línea pura como macho, $(A \times B) * C$.

- **Híbrido doble CD**

Se forma combinando dos híbridos simples, $(A \times B) * (C \times D)$. Tiene la ventaja de producir mayor cantidad de semilla, pero es menos productiva que el híbrido simple (Poehlman, 1979).

b. Endogamia y líneas endogámicas

El término *endogamia* se puede definir como el apareamiento de individuos que están emparentados entre sí por ascendencia que conduce a la homocigosis. Una *línea endogámica* es el conjunto de individuos resultante en una generación dada un sistema regular de apareamiento. En maíz son el resultado de la autofecundación controlada por varias generaciones, reduciéndose el vigor de éstos en un 50% por cada descendencia (Jugenheimer, 1988).

c. Heterosis

La *heterosis* o *vigor híbrido* es una expresión genética de los efectos beneficiosos de la Hibridación. Se puede definir como un fenómeno del cruzamiento de dos individuos que produce un Híbrido superior en crecimiento, tamaño, rendimiento y vigor en general, (Perez, 1997).

Otros beneficios de la heterosis son: precocidad, resistencia a plagas y enfermedades, plantas más altas, mayor número y peso de frutos, etc.

6.1.4 ACHAPARRAMIENTO DEL MAÍZ

a. Importancia

La reducción del crecimiento del maíz (achaparramiento) es una de las enfermedades económicamente más importantes del maíz en los EEUU, México, América Central y del Sur (James, 1997). El achaparramiento causa pérdidas severas en varios países de América Latina siendo una enfermedad de creciente preocupación en el trópico y sub trópico del continente Americano (Henriquez; Jeffers, 1997).

b. Clasificación del agente causal

Los patógenos que han sido asociados con el achaparramiento son los de la clase Mollicutes, orden Mycoplasmatales y familia Mycoplasmataceae, *Mollicutes spiroplasma del achaparramiento (CSS)*; *phytoplasma del enanismo arbustivo del maíz (MBS)* y el *virus rayado fino (MRFV)* (Castrá y trujillo, 1976; Henriquez; Jeffers, 1997; Saninet, 1994).

- ***Spiroplasma del achaparramiento (CSS)***

Posiblemente ocurre en todos los países donde ocurre el vector, pertenece a la clase Mollicutes, orden Spiroplasmatales, familia Spiroplasmataceae, las células de *Spiroplasma* son móviles, de forma helicoidal, poseen una sola membrana y carecen de pared celular.

Este patógeno pasa a través de un ciclo biológico que involucra la ingestión por el vector desde las células del floema de la planta enferma, hasta el pasaje y la multiplicación en el canal alimenticio, epitelio o membrana nasal y hemocelo hasta las glándulas salivales del insecto, desde donde éste es inoculado a una planta sana cuando éste se alimenta nuevamente.

- **Síntomas de CSS**

Los síntomas principales visibles son plantas enanas, bandas rojas extendiéndose a lo largo de las hojas y apareamiento de bandas cloróticas en la base de las hojas que a medida que la enfermedad progresa se extiende a lo largo de la misma (Henriquez; Jeffers, 1997).

• **Phytoplasma del enanismo arbustivo del maíz (MBS)**

Los *phytoplasmas* son organismos pertenecientes a la clase Mollicutes, y por mucho tiempo fueron conocidos como 'organismos parecidos a *mycoplasmas*' debido a su semejanza morfológica con *micoplasmas*, patógenos de animales. A diferencia de los *mycoplasmas* y *Spiroplasma*, hasta la fecha éstos no se pueden cultivar in vitro.

- **Síntomas de MBS**

Clorosis en el margen de las hojas en desarrollo, seguido de enrojecimiento de las puntas de las hojas; a medida que la infección progresa, las hojas presentan clorosis del margen, enrojecimiento, deformación y acortamiento, se producen numerosos en la base del tallo y axis de las hojas, y proliferación de mazorcas (Henriquez, 1997).

• **Virus del rayado fino (MRFV)**

Está formado por una sola cadena de ADN, es transmitido en forma persistente por la chicharrita. Se ha estimado que puede llegar a producir pérdidas de un 50 hasta 100% (Jeffers, 1997).

- **Síntomas de MRFV**

Induce la formación de finas manchitas cloróticas en las hojas, que se consideran características de la enfermedad. Las primeras manchitas aparecen en las hojas del cogollo y progresivamente se unen para formar manchas alargadas en toda la hoja, produciendo el rayado característico. Puede llegar a reducir el tamaño de las plantas y por ello puede confundirse con CSS y MBS (Henriquez; Jeffers, 1997).

c. **Vectores**

El virus causante del achaparramiento es transmitido por las chicharritas *Dalbulus maydis*, *D. elimatus* y *Graminella nigrifrons*, pertenecientes al orden Homóptera, familia Cicadellidae; además, puede ser transmitido también por *Exitianus exitiosus* y *Stirellus bicolor*. El período de adquisición por los vectores es de 72 horas y el de incubación de 14 a 21 días (James, 1997).

Los patógenos son diseminados en forma eficaz por éstos insectos que encuentran a sus huéspedes y, sin destruir las células de los mismos, llegan a los órganos de la planta donde prefieren alimentarse. La manipulación genética del huésped puede obstaculizar las relaciones normales entre insecto vector y planta huésped. La lucha por enfermedades transmitidas por chicharritas, que son significativas desde el punto de vista económico, parece ser una estrategia eficaz debido a que: 1) las chicharritas vectoras son, en la mayoría de los casos, dependientes, y su alimento preferido es el maíz, 2) el maíz es el principal cultivo que es afectado gravemente por éstas enfermedades, 3) existe una relación altamente específica entre estos patógenos y las chicharritas vectoras, y 4) los patógenos se limitan a tejidos específicos del maíz (James, 1997).

d. Epidemiología

Anteriormente se creía que sólo se encontraba a bajas altitudes, pero trabajos recientes han demostrado que el *Spiroplasma* es capaz de infectar y tolerar un amplio régimen de temperatura (18-31 grados centígrados). El vector *D. elimatus* es más común en altitudes superiores a 750 metros, en tanto que *D. maydis* es encontrado en áreas tropicales y subtropicales inferiores a 750 metros (James, 1997).

La forma en que los patógenos sobreviven no se conoce con certeza pero se piensa que algún pasto les puede servir como reservorio en el campo.

e. Manejo integrado

Control genético.- Uso de variedades resistentes.

f. Identificación del virus

Para la identificación de virus y *Spiroplasma*, se producen anticuerpos monoclonales para el virus del moteado clorótico (MCMV), el virus del rayado fino (RFMV), el virus del mosaico del enanismo (MDMV), y el *Spiroplasma kunkelii*, principal causante del Achaparramiento.

La evaluación de las enfermedades viróticas requiere de una prueba de ELISA aplicado a plantas individuales.

Hay plantas que presentan las partículas del virus o del *Spiroplasma*, pero no hay daños en la planta, debido a mecanismos de tolerancia que no son conocidos.

Por esa razón los análisis de ELISA deben acompañarse de datos del rendimiento de la planta, y otras características agronómicas (Castrá, 1976).

6.1.5 EVALUACIÓN PARA RESISTENCIA, TOLERANCIA Y SUSCEPTIBILIDAD A ENFERMEDADES VIROTICAS EN MAÍZ

a. Criterios y resultados de la evaluación para resistencia

Se define una planta como resistente cuando tiene un desarrollo normal y buena producción de grano cuando el virus está presente dentro de la planta.

La evaluación visual usando una escala numérica no es suficiente, pero puede usarse complementariamente. Debido a que los virus son transmitidos por insectos, hay muchos casos de escape, aun en situaciones de alta infección (James, 1997).

Hay mecanismos de inmunidad que no se conocen bien. Por alguna razón los insectos vectores no infectan algunas plantas. Se reconocen genotipos con este tipo de resistencia, cuando en un campo fuertemente infectado, ninguna, o muy pocas plantas de una familia, o de una misma línea o variedad, muestran valores positivos de ELISA (Poehlman, 1979).

Tres valores deben ser analizados: la evaluación visual, la presencia del virus dentro de la planta, y el rendimiento de la planta. Si se usa la escala de 1 a 3, donde 1 es muy sana y 3 muy enferma, se clasifica una planta como “muy resistente” cuando el valor de evaluación visual es de 1, el rendimiento es alto y la reacción a ELISA es positiva. Si el valor es de 3, la reacción es + y el rendimiento es bajo, la planta se clasifica como “muy susceptible”. Si la reacción de ELISA es positiva, la evaluación es de 2, y el rendimiento es alto, la planta es “muy tolerante”. Se puede determinar el grado de incidencia a ésta enfermedad realizando un conteo de las plantas que presenten síntomas característicos y expresar el valor en porcentaje. (James, 1997).

6.1.6 RENDIMIENTO DEL MAIZ

Es la consideración fundamental en la producción del maíz híbrido. La capacidad peculiar del maíz híbrido para producir rendimientos superiores es la principal razón de que haya sustituido en forma rápida a las variedades de polinización libre (Poehlman, 1979).

El rendimiento es el objetivo mas complejo y principal del fitomejorador en maíz; básicamente está determinado por la acción de numerosos genes, muchos de los cuales afectan los procesos vitales de la planta como la nutrición, la fotosíntesis, la transpiración, la traslocación y el almacenamiento de los principios nutritivos (Poehlman, 1979).

Existen otros factores como la precocidad, el acame, la resistencia a plagas y enfermedades que afectan directa e indirectamente el rendimiento.

El único medio para medir el rendimiento de un híbrido es con el establecimiento de *ensayos de rendimiento*, midiendo con precisión los rendimientos relativos cosechando los lotes y corrigiendo los pesos a una base constante de humedad (15%) antes de calcular los rendimientos (Pérez, 1997).

6.1.7 ADAPTABILIDAD EN MAIZ

La adaptabilidad es un fenómeno complejo de importancia en la creación de maíces híbridos debido a que depende de muchas características de la planta.

Los factores que afectan a la adaptación son: maduración satisfactoria para el área de producción, respuesta al grado de fertilidad del suelo, resistencia al calor y la sequía, resistencia al frío, resistencia al ataque de plagas y enfermedades (Pérez, 1997).

6.2 MARCO REFERENCIAL

6.2.1 LOCALIZACION DEL ÁREA DE ESTUDIO

La evaluación se realizó en los municipios de Jocotán y Camotán pertenecientes al departamento de Chiquimula, a una distancia de 32 kilómetros de la cabecera departamental. Los dos municipios están comunicados con ésta, por una carretera asfaltada. El área se encuentra a una altura promedio de 425 metros sobre el nivel del mar. (anexo 1).

6.2.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS Y ZONA DE VIDA

En el área en estudio la temperatura promedio es de 28°C, registrándose una temperatura mínima de 24°C y máxima de 36°C; la precipitación promedio anual es de 725 milímetros anuales (Flores, 2000).

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de L. Holdridge, el área de Jocotán y Camotán pertenece a la zona de *bosque seco subtropical*, con terrenos de relieve plano y accidentado.

6.2.3 SUELOS

Según Simmons, Tarano y Pinto (1959), los suelos del área pertenecen al grupo de clases misceláneas de terreno con presencia de suelos aluviales no diferenciados.

6.2.4 ESTUDIOS REALIZADOS

En Ecuador en el año 1999 se realizó un estudio de heredabilidad de la resistencia al achaparramiento del maíz bajo condiciones naturales en campo. Una línea (P1) moderadamente resistente se cruzó con otra línea (P2) susceptible al achaparramiento del maíz obteniéndose la F1, F2 y retrocruzas a ambos progenitores [RC(P1) y RC(P2)]; estas progenies se evaluaron en dos fechas de

siembra al nivel del mar. Los resultados señalan que los efectos epistáticos fueron significativos para el achaparramiento del maíz, no obstante, los efectos génicos dominantes fueron más grandes e importantes que los efectos aditivos y epistáticos. Los datos observados indican que un par de genes mayores son los que gobiernan la resistencia al achaparramiento. El híbrido (F1) resultó con alta tolerancia, observándose heterosis para la resistencia al achaparramiento. Estos resultados sugieren algún programa de selección recurrente para mejorar esta característica en poblaciones con cierto grado de resistencia, o retrocruzas que permitan incorporar resistencia a líneas élite susceptibles (Saninet, 1994).

El Programa Regional del Maíz para Centro América y el Caribe durante el periodo 1993-1995 realizó evaluaciones de materiales con resistencia múltiple a cogollero, barrenadores y achaparramiento en Nicaragua, determinando 10 materiales resistentes; en el mismo periodo desarrolló dos poblaciones tropicales con resistencia a ésta enfermedad bajo el esquema de selección recurrente que resultó efectivo para el control de ésta (Henriquez; Jeffers, 1997).

VII. METODOLOGÍA

El ensayo uniforme de maíz de grano blanco se conformó de 18 híbridos (cuadro 2). Los híbridos evaluados fueron desarrollados a través del proyecto colaborativo del Programa Regional del Maíz (PRM) que considera diferentes fuentes de origen de germoplasma *élite* y que presentan ciertos atributos, especialmente tolerancia a enfermedades foliares y de la mazorca. Sobresalen germoplasmas que presentan constitución genética que permite la tolerancia hacia la presencia del *virus del achaparramiento del maíz*, también estos híbridos expresan ventajas en la formación de semilla certificada, tales como sincronía floral, vigor de las líneas, entre otros, por lo que constituyen una alternativa viable para los productores de semilla.

7.1 SELECCIÓN DE LAS LOCALIDADES

Las localidades donde se establecieron los experimentos agrícolas se seleccionaron tomando en cuenta la presencia de la enfermedad en producciones anteriores y el potencial de éstas para la producción de maíz híbrido. Las áreas seleccionadas para el establecimiento de las parcelas deberán reunir las condiciones edafoclimáticas típicas de la región de Jocotán y Camotán.

7.2 UBICACIÓN DE LAS LOCALIDADES Y FECHAS DE SIEMBRA

El experimento se realizó en tres localidades, ubicando dos localidades en el municipio de Jocotán y una localidad en el municipio de Camotán, ambos del departamento de Chiquimula.

Las tres localidades donde se establecieron los ensayos cuentan con riego por gravedad y suelos mecanizables, con potencial para el establecimiento de híbridos de maíz.

El cuadro No. 1 describe la ubicación geográfica y la fecha de siembra de cada localidad.

CUADRO 1. Ubicación geográfica, altitud y fechas de siembra de las localidades.

Localidad	Municipio	Ubicación	Coordenadas geográficas	Altura Msnm.	Fecha de siembra
1	Jocotán	Aldea Guaraquiche	14 ⁰ 56''57.38''N 89 ⁰ 23''52.63''W	680	Noviembre 2002
2	Jocotán	Fínca don Nando	14 ⁰ 49''14.94''N 89 ⁰ 22''16.91''W	460	Noviembre 2002
3	Camotán	Aldea Pajcó	14 ⁰ 59''57.46''N 89 ⁰ 21''47.12''W	540	Noviembre 2002

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos por GPS.

7.3 MATERIALES GENETICOS A EVALUAR

Se evaluaron 18 materiales conformados por 17 *Híbridos Blancos Elite Experimentales* y un *híbrido testigo local (HB-83)*, los materiales evaluados fueron proporcionados por el Centro Internacional del Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y el Programa Regional del Maíz para Centro América y el Caribe (PRM) (Cuadro 2).

CUADRO 2. Híbridos Blancos Elite Experimentales evaluados en tres localidades de los municipios de Jocotán y Camotán, Chiquimula 2003.

ENTRADA	GENEALOGÍA	CODIGO	ATRIBUTO/OBSERVACIONES
1	(CML247XCML254)*POB. 29(STE)C2-1707-189-5-1	HEB0201	Tolerancia Endocría
2	(CML247XCML254)*POB. 21(STE)C2-1701-14-1-2	HEB0202	Tolerancia Endocría
3	(CML247XCML254)*POB. 23(STE)C2-1703-23-1-1	HEB0203	Tolerancia Endocría
4	(CML247XCML254)*POB. 23(STE)C2-1703-61-3-3	HEB0204	Tolerancia Endocría
5	(CML247XCML254)*POB. 25(STE)C2-1705-40-4-4	HEB0205	Tolerancia Endocría
6	(CML247XCML254)*POB. 29(STE)C2-1707-198-1-1	HEB0206	Tolerancia Endocría
7	(CML247XCML254)*POB. 29(STE)C2-1707-218-1-1	HEB0207	Tolerancia Endocría
8	(CML247XCML254)*POB. 29(STE)C2-1707-64-2-3	HEB0208	Tolerancia Endocría
9	(CML247XCML254)*P73TLC3#-74-1-2-2-1-#-B	HEB0209	Tolerancia Achaparramiento
10	(CML247XCML254)* P73TLC3#-74-1-2-2-2-#	HEB0210	Tolerancia Achaparramiento
11	(CML247XCML254)*P73TLC3#-74-2-5-2-B	HEB0211	Tolerancia Achaparramiento
12	(CML247XCML254)*P73TLC3#-105-1-2-1-1-#	HEB0212	Tolerancia Achaparramiento
13	(CML247XCML254)(CL-02157)	HEB0213	CHTTW's
14	(CML247XCML254)(CLG-2409)	HEB0214	CHTTW's
15	(CL-02168*CL00303)(CLG-2409)	HEB0215	CHTTW's
16	P73NIC2 X P76SAL1. (sint. 1 X sint. 2 ensayo sints 2001)	HEB0216	Tolerancia Achaparramiento
17	(CML247*CML254)	CS hembra	
18	Testigo local	HB-83	

Fuente: Programa Regional del Maíz para Centro América y el Caribe, 2002.

7.4 TAMAÑO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

Los ensayos se conformaron de 18 tratamientos y tres repeticiones. Cada parcela contó con dos surcos de 4.8 m. de largo a una distancia de 0.80 m. El distanciamiento entre plantas fue de 0.40 m., el área neta de unidad experimental fue de 7.68 m².

El ensayo estuvo conformado por 54 unidades experimentales. Para disminuir el efecto de borde se establecieron 2 surcos alrededor del ensayo (anexo 2). El área total del experimento es la siguiente:

Área de cada repetición: 4.8 m de largo X 1.60 m de ancho = 7.68 m².

Área total = 7.68 m² X 54 parcelas = 414.72 m² + 2 calles entre bloques de 28.8 m² = 57.6 m² + 2 surcos de borde = 728.16 m².

7.5 ESTABLECIMIENTO DE LOS ENSAYOS

Para el establecimiento (siembra) de cada localidad se sembraron tres semillas por postura, posteriormente se realizó un raleo dejando 2 plantas por postura; cada repetición (unidad experimental) tuvo total de 44 plantas, una densidad teórica de 62,500 plantas por hectárea.

7.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la evaluación de los 18 Híbridos blancos de maíz se utilizó el diseño experimental de 'Bloques completamente al azar' combinado, con tres repeticiones y tres localidades, siendo el modelo estadístico el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + L_i + T_i + B_j + L_i T_{ij} + E_{ij}.$$

En donde:

- Y_{ij} = Variable respuesta asociada a la j-esima unidad experimental
- μ = Efecto de la media general
- L_i = Efecto de la localidad
- T_i = Efecto del i-esimo tratamiento
- B_j = Efecto de la j-esimo bloque
- $L_i T_{ij}$ = Efecto de la interacción Localidad X Tratamiento.
- E_{ij} = Error experimental asociado a la i-j-esima unidad experimental.

7.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de varianza combinado para las siguientes variables: *Días a floración masculina, días a floración femenina, altura de la planta, altura de la mazorca, número de plantas cosechadas, rendimiento e incidencia de plantas con síntomas de achaparramiento.*

A las variables que presentaron diferencias significativas entre variedad y/o localidad se procedió a realizar la prueba de medias, Tuckey.

Para determinar la relación del rendimiento con la incidencia de la enfermedad del achaparramiento del maíz, se realizaron análisis de regresión.

7.8 TÉCNICAS DE RECOLECCION Y ANÁLISIS DE DATOS Y VARIABLES EVALUADAS

Se utilizó una boleta prediseñada para realizar la toma de datos en cada localidad (anexos 3, 4 y 5), evaluando las variables siguientes:

7.8.1 Días a floración masculina y femenina

Esta variable se tomó considerando el número de días transcurridos desde la siembra a la fecha en que el 50% de la población de plantas tenga espigas (flor masculina) y cuando tenga el mismo porcentaje de estigmas (flor femenina).

7.8.2 Altura promedio de la planta y de la mazorca

Se midieron 20 plantas dentro de cada unidad experimental, midiendo la altura de la planta en centímetros a partir de la base del suelo hasta la base de la espiga y la altura de la mazorca en centímetros partiendo de la base del suelo hacia la base de la mazorca.

7.8.3 Incidencia de plantas afectadas por acame del tallo

Se registró el número de plantas por parcela neta que presenten tallos quebrados desde la base hasta la mazorca por parcela neta y tratamiento, convirtiendo posteriormente el dato a porcentaje.

7.8.4 Incidencia de plantas afectadas por acame de la raíz

Se realizó un conteo del número de plantas por parcela neta que presentaron una inclinación de 30° o más, a partir de la perpendicular de la base de la planta, expresando el dato final en porcentaje.

7.8.5 Peso de mazorca

Se realizó luego de cosechar, pesando las mazorcas por unidad experimental.

7.8.6 Rendimiento

Se determinó el rendimiento en grano al 15% de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$R = (100-HC/85) * FA * PC * FD$$

R = peso (en Kg/ha)

HC = humedad de campo (%)

85 = factor de conversión

FA = factor de conversión de área $FA = (1\text{kg./AP}) * (10000 \text{ m}^2/1 \text{ ha.})$,
donde AP es el área por unidad experimental en m².

PC = peso de campo por parcela (Kg.)

FD = factor de desgrane = (peso grano/peso mazorca)

7.8.7 Número de mazorcas cosechadas

Se realizó un conteo del número de plantas cosechadas, número de mazorcas por planta y por unidad experimental.

7.8.8 Calidad de mazorcas

Se realizó un conteo del número de mazorcas total cosechadas y el número de mazorcas podridas por cada unidad experimental, se transformó el dato a porcentaje.

7.8.8 Incidencia de enfermedades

Se registraron y cuantificaron individualmente las enfermedades presentes de mayor importancia en el área mediante visualización utilizando la escala del 1-3.

La enfermedad presente en el área fue:

- *Achaparramiento (CSS, MBS, MRFV)*

La presencia de enfermedades se midió tomando en cuenta dos aspectos:

- Mediante la evaluación visual y
- Rendimiento de la planta.

Utilizando la escala de 1 a 3 mediante una evaluación visual, se determinó por planta la incidencia a ésta enfermedad donde 1 es muy sana y 3 muy enferma. Se utilizó la clasificación siguiente:

Resistente: Cuando el valor de evaluación visual es de 1, no aparecen síntomas visibles del ataque de la enfermedad y el rendimiento es alto.

Tolerante: La evaluación es de 2, aparecen algunos síntomas visibles y el rendimiento es alto o medio.

Susceptible: Si el valor es de 3, síntomas visibles severos y el rendimiento es bajo. El valor final será en porcentaje de incidencia al achaparramiento por cada tratamiento.

7.8.10 Aspecto de la planta

El aspecto de la planta se determinó mediante la escala de 1 a 3, donde 1 =buen aspecto y 3= mal aspecto. Aquí se tomó en cuenta la sanidad de la planta, vigorosidad y todas las características visuales necesarias. Las principales características observadas para determinar el aspecto de la planta fueron: vigor, color de la planta, presencia de síntomas de enfermedades y uniformidad.

7.8.11 Aspecto de la mazorca

Se determinó mediante la escala 1 a 3, donde 1= buen aspecto y 3= mal aspecto, considerando principalmente aspectos de tamaño de la mazorca y de los granos, uniformidad y brillo de los granos y uniformidad de las filas.

7.8.12 Cobertura de la mazorca

Se determinó el número de mazorcas descubiertas de cualquier parte por cada unidad experimental.

7.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

Las condiciones de manejo del cultivo fueron lo más cercano al que acostumbra el agricultor para obtener rendimientos reales y evitar aplicar algún factor de corrección.

7.9.1 Preparación del terreno

Se prepararon las áreas donde se establecieron los experimentos, de la siguiente manera:

- Guataleo.
- Rastra (2 pasadas).
- Surqueo a 0.80 metros entre cada uno.

7.9.2 Siembra

La siembra se realizó en forma directa, utilizando 'chuzos', a una distancia de 0.40 metros entre planta y 0.80 metros entre surco, depositando tres semillas por postura, realizando un raleo al germinar las semillas dejando dos plantas por postura.

7.9.3 Control de malezas

Se realizó la primera limpia en forma mecánica (azadón) a los 15 días después de la siembra, la segunda limpia a los 25 días después de la siembra, tratando de evitar al máximo la presencia de malezas en el cultivo.

7.9.4 Riego

Los riegos se realizaron por gravedad, con una frecuencia aproximada de 8 días dependiendo del contenido de humedad del suelo, condiciones ambientales predominantes y de la necesidad de agua del cultivo.

7.9.5 Aplicación de fertilizante

La aplicación de fertilizante se realizó con base a las recomendaciones proporcionadas por el CUNORI tomando en cuenta que son suelos aluviales, aplicando 100-120 lbs. de N, 60 lbs. De P y 40 lbs. de K.

7.9.6 Cosecha

Se cosecharon los dos surcos que formaron la parcela neta o parcela útil, anotando el número de plantas cosechadas, mazorcas cosechadas y peso total de las mazorcas.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSION

8.1 Adaptabilidad (características agronómicas) del cultivo:

En el cuadro 3 se resumen las principales características agronómicas relacionadas con la adaptabilidad de los híbridos experimentales evaluados. Para las variables días a floración masculina y femenina, en general el periodo de floración de los materiales osciló entre los 61 y 68 días; se identificaron como híbridos de mayor altura los materiales HEB0202, HEB0210 Y HEB0211; el porcentaje de acame de la planta, de tallo y mazorcas descubiertas no fue significativo en los materiales; todos los híbridos producen al menos una mazorca por planta.

Cuadro 3. Características agronómicas de 18 híbridos elite blancos evaluados.
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos recolectados en campo.

ENTRADA	CODIGO	DIAS A FLOR		ALTURA		ACAME		PLANTAS		MAZORCAS		ASPECTO		COBERTURA
		MASC	FEM	PLANTA	MAZORCA	No. PLANTAS	TALLO	COSECHADAS	TOTAL	NUMERO	PODRIDAS	planta	mazorca	MAZORCA
01	HEB0201	65	66	174	80	0	0	39	42	2	2	2	2	0
02	HEB0202	65	67	189	90	2	0	37	40	1	1	2	2	0
03	HEB0203	63	64	180	82	0	0	39	41	1	1	2	2	0
04	HEB0204	63	65	182	86	0	0	38	40	1	2	2	2	0
05	HEB0205	65	67	172	87	0	0	38	39	1	1	2	2	0
06	HEB0206	64	66	172	75	0	0	38	42	1	2	2	2	0
07	HEB0207	63	65	178	84	0	0	40	46	2	1	2	2	0
08	HEB0208	66	68	179	80	0	0	39	40	1	1	2	2	0
09	HEB0209	63	65	183	84	0	0	40	40	1	2	1	2	0
10	HEB0210	64	67	193	91	1	0	39	44	1	1	2	2	0
11	HEB0211	66	68	191	89	0	0	40	43	1	1	1	1	0
12	HEB0212	62	64	177	79	1	0	38	40	1	1	2	2	0
13	HEB0213	65	68	177	80	0	0	39	41	1	1	1	1	0
14	HEB0214	63	65	181	83	0	0	39	38	1	1	2	2	0
15	HEB0215	66	67	169	72	0	0	38	40	1	2	2	2	0
16	HEB0216	61	62	182	85	1	0	40	39	1	1	1	1	1
17	CS-Hembra	64	65	165	68	0	0	33	36	0	2	2	2	0
18	HB-83	65	67	170	71	0	0	38	39	1	2	2	2	0

El cuadro 4 muestra los resultados del análisis de varianza combinado para las variables asociadas a las características agronómicas del cultivo: *días a floración masculina, días a floración femenina, altura de planta y altura de mazorca.*

Cuadro 4. Resumen del andeva combinado para las características agronómicas del cultivo.

Fuente de Variación	VARIABLE			
	Días a floración masculina	Días a floración femenina	Altura de planta	Altura de Mazorca
<i>Localidad (L)</i>	**	**	**	**
<i>Tratamiento (T)</i>	**	**	**	**
<i>Interacción L X T</i>	**	**	NS	NS
<i>Error</i>	0.056	0.056	136.07	78.74
<i>Total</i>				
<i>CV</i>	0.37	0.36	6.52	10.90

NS, no significativo; *, ** significativo al 5 y 1% de probabilidad; %CV, por ciento coeficiente de variación.

8.1.1 Días a floración masculina (dfm) y días a floración femenina (dff)

El cuadro 5 muestra que en los análisis de varianza combinados para las variables “días a floración masculina” y “días a floración femenina” (anexos 6 y 7); los ensayos presentaron diferencias altamente significativas en las localidades, en las variables y en su interacción.

El coeficiente de variación (0.37%) para “días a floración masculina” y (0.36%) para “días a floración femenina”, indica un buen manejo experimental y confiabilidad en los datos.

Al efectuar la prueba de medias (anexos 6 y 7), los materiales que presentaron una floración precoz fueron: HEB0216 (61 dfm y 62 dff), HB0212 (62 dfm y 64 dff) y HB0203 (62 dfm y 64 dff). El promedio de floración masculina y femenina del testigo local HB83 fue de 65 dfm y 67 dff, respectivamente.

La mayoría de materiales presentaron la floración femenina con un máximo de 48 horas después de la floración masculina, existiendo una sincronía floral; aspecto influyente en la producción.

Cuadro 5. Resumen de materiales más precoces en floración masculina y femenina, comparado con el testigo HB-83.

Entrada	Código	Días a floración masculina		Días a floración femenina	
		TUKEY		TUKEY	
16	HEB0216	61	A	62	A
12	HEB0212	62	B	64	B
03	HEB0203	63	C	64	B
09	HEB0209	63	C	65	C
14	HEB0214	63	C	65	C
04	HEB0204	63	C	65	C
07	HEB0207	63	C	65	C
18	HB-83	65	E	67	E

Fuente: Elaboración propia, medias de días a floración femenina y masculina y Tukey.

8.1.2 Altura de la planta (altpta) y altura de mazorca (altmz)

Según Cuadro 4, para las variables “*Altura de la planta*” y “*altura de mazorca*”, los ensayos presentaron diferencias altamente significativas entre localidades y tratamientos. El coeficiente de variación fue de (6.52%) para altura de planta y (10.9%) para “*altura de mazorca*”. En general, la información nos refleja buen manejo experimental y confiabilidad en los datos (Anexos 8 y 9).

Cuadro 6. Materiales de mayor y menor altura de planta en centímetros, comparados con el testigo HB-83.

	PLANTA				MAZORCA			
	Entrada	Código	Altura de planta Cms.	TUKEY	Entrada	CODIGO	Altura de mazorca Cms.	TUKEY
<i>Materiales de mayor altura</i>	10	HEB0210	193.00	A	10	HEB0210	91.02	A
	11	HEB0211	191.40	A	02	HEB0202	90.14	A
	12	HEB0212	188.5	A	11	HEB0211	88.98	A
<i>Materiales de menor altura</i>	18	HB-83	170.1	B	15	HEB0215	72.40	C
	15	HEB0215	169.2	C	18	HB-83	71.13	D
	17	CS-Hembra	164.5	D	17	CSHembra	67.81	E

Fuente:Elaboración propia, medias de altura de planta y mazorca, y Tukey.

Al efectuar la prueba de medias (anexos 8), los materiales que presentaron una mayor altura de planta en centímetros fueron: HEB0210 (193 altpta), HEB0211 (191 altpta) y los de menor altura de planta fueron: CS-Hembra (164.5 altpta) y HEB0215 (169.2 altpta) (cuadro 6).

Los materiales de mayor altura de mazorca en centímetros fueron: HEB0210 (91.02 altmz), HEB0202 (90.14 altmz) y HEB0211 (88.98 altmz) y los de menor altura fueron: CS-Hembra (67.81 altmz), HB-84 (71.13 altmz) y HEB0215 (72.40 altmz) (cuadro 6 y anexo 9).

El promedio de altura de planta y de mazorca del testigo local HB83 fue de 170.1 cms y 71.13 cms, respectivamente.

En general, la altura de los materiales evaluados fue inferior a los 2 metros, descartándose problemas de acame de las plantas.

8.2 Resultados y discusión de características relacionadas con el potencial del rendimiento del cultivo:

En el cuadro 7 se resumen las principales características relacionadas con el Rendimiento de los híbridos experimentales evaluados. El número de plantas cosechadas osciló entre 37-40; el mayor rendimiento fue HEB0209 con 4.67 t.ha^{-1} y menor HE4B0215 con 2.94 t.ha^{-1} ; todos los híbridos producen al menos una mazorca por planta.

Se establecieron 44 plantas por unidad experimental, con una densidad teórica de 62,500 plantas por hectárea. La variación en el número de plantas cosechadas se atribuye a problemas de germinación de la semilla y/o daños por insectos y enfermedades.

Cuadro 7. Características de 18 híbridos elite blancos evaluados, relacionadas con el *rendimiento del cultivo*.

ENTRADA	CODIGO	PLANTAS		MAZORCAS		RENDIMIENTO		MAZORCAS/ PLANTA
		COSECHADAS	COSECHADAS	TOTAL		Número		
		TOTAL	TOTAL	t.ha ⁻¹	qq /mz			
1	HEB0201	39	42	3.96	61.20	1.09		
2	HEB0202	37	40	3.93	60.76	1.08		
3	HEB0203	39	41	3.56	55.12	1.06		
4	HEB0204	38	40	3.46	53.60	1.04		
5	HEB0205	38	39	3.44	53.22	1.04		
6	HEB0206	38	42	3.30	51.00	1.10		
7	HEB0207	40	46	3.82	59.03	1.13		
8	HEB0208	39	40	3.64	56.28	1.01		
9	HEB0209	40	40	4.67	72.29	1.02		
10	HEB0210	39	44	4.18	64.70	1.15		
11	HEB0211	40	43	4.22	65.31	1.07		
12	HEB0212	38	40	3.65	56.43	1.04		
13	HEB0213	39	41	4.28	66.29	1.06		
14	HEB0214	39	38	3.65	56.51	0.99		
15	HEB0215	38	40	2.94	45.48	1.04		
16	HEB0216	40	39	4.40	68.13	0.96		
17	CSHembra	33	36	3.18	49.28	1.15		
18	HB-83	38	39	3.05	47.25	1.03		

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de campo.

El cuadro 8 nos muestra los resultados del análisis de varianza combinado para la variable Rendimiento del Cultivo en $t.ha^{-1}$.

Cuadro 8. Resumen del andeva combinado para las características asociadas al rendimiento del cultivo.

FUENTE DE VARIACION	VARIABLE
	RENDIMIENTO $t.ha^{-1}$
Localidad (L)	**
Tratamiento (T)	**
Interacción (L*T)	NS
Error	2.741
Total	
% CV	20.10

NS, no significativo; ** significativo al 5 y 1% de

probabilidad; %CV, porciento coeficiente de variación.

8.2.1 Variable “Rendimiento en $t.ha^{-1}$ ”

El cuadro 8 establece que para la variable “rendimiento en $t.ha^{-1}$ ” los ensayos presentaron diferencias altamente significativas entre localidades y tratamientos. No existieron diferencias significativas en la interacción (localidades x tratamientos) lo que indica que el comportamiento de cada híbrido fue similar en las tres localidades.

El coeficiente de variación fue de 20.1%, indicando que la información refleja buen manejo experimental y confiabilidad en los datos (anexo 10).

Cuadro 9. Resumen de materiales de mayor de rendimiento promedio en t.ha⁻¹, comparado con el testigo HB-83.

Entrada	Código	Rendimiento promedio t.ha ⁻¹	Incremento diferencial ante el Testigo (%)	TUKEY
9	HEB0209	4.68	52.9	A
16	HEB0216	4.41	44.1	A
13	HEB0213	4.29	40.2	A
11	HEB0211	4.23	38.2	A
10	HEB0210	4.19	36.9	A
18	HB-83	3.06		C

Al efectuar la prueba de medias (cuadro 9 y anexo 10), los materiales que presentaron un mayor rendimiento fueron: Tratamiento HEB0209 (4.68 t.ha⁻¹), superando al testigo (HB-83) en un 52.9% con un rendimiento de 3.06 t.ha⁻¹; y el tratamiento HEB0216 (4.41 t.ha⁻¹) superando al testigo en un 44.1%. El promedio general de rendimiento de los híbridos en las tres localidades fue de 3.74 t.ha⁻¹.

8.3 Resultados y discusión de tolerancia al achaparramiento:

En el cuadro 10 se resumen las principales características relacionadas con enfermedades de los híbridos experimentales evaluados. La variable “*número de mazorcas podridas*” (inferior al 2% del total de mazorcas por tratamiento) no afectó el rendimiento; en la estimación del “*aspecto de la planta*”, los mejores materiales fueron: HEB0211 (1.22) Y HEB0214, HEB0208, HB0202, HB0203 con (1.33); para la variable “*aspecto de la mazorca*” los mejores materiales fueron: HEB0211, HEB0216 con (1.33); los materiales con mayor cantidad de plantas con virus fueron: HEB0206 (5.44), HEB0201 (4.89) Y HEB0208 (4.00); los híbridos que presentaron un mayor porcentaje de virus fueron: HEB0206 (13.59%), HEB0201 (12.21%) y HEB0208 (10.12%).

Cuadro 10. Características de 18 híbridos elite blancos experimentales, relacionadas con enfermedades del cultivo.

ENTRADA	CODIGO	NUMERO DE MAZORCAS		ENFERMEDADES			
		TOTAL	PODRIDAS	ASPECTO	ASPECTO	NUMERO PLANTAS	VIRUS
				PLANTA	MAZORCA	Virus	%
1	HEB0201	42.22	1.6	1.56	1.56	4.89	12.21
2	HEB0202	39.67	1.2	1.33	1.89	2.11	5.77
3	HEB0203	41.11	0.7	1.33	1.89	2.33	5.93
4	HEB0204	39.78	1.1	1.56	1.78	2.89	7.40
5	HEB0205	39.44	1.0	1.44	2.11	1.78	4.59
6	HEB0206	41.78	1.2	1.67	1.89	5.44	13.59
7	HEB0207	45.89	1.7	1.44	1.89	2.44	6.13
8	HEB0208	39.56	0.7	1.33	1.78	4.00	10.12
9	HEB0209	40.44	0.6	1.56	1.44	1.44	3.59
10	HEB0210	44.44	0.7	1.44	1.56	0.78	2.02
11	HEB0211	43.22	0.6	1.22	1.33	1.44	3.59
12	HEB0212	40.11	0.9	1.44	1.67	0.78	2.02
13	HEB0213	41.44	1.0	1.11	1.44	2.22	5.57
14	HEB0214	38.44	0.7	1.33	1.67	0.67	1.78
15	HEB0215	39.67	1.3	1.56	2.00	3.00	7.68
16	HEB0216	38.78	0.8	1.44	1.33	1.44	3.55
17	CSHembra	36.11	0.4	2.00	1.67	0.78	2.81
18	HB-83	39.44	1.1	1.78	2.22	3.22	8.06

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de campo.

El cuadro 11 muestra los resultados del análisis de varianza combinado para las variables asociadas a presencia de enfermedades del cultivo: *número de plantas con virus y porcentaje de virus*.

Cuadro 11. Resumen del andeva combinado para las variables relacionadas con enfermedades del cultivo.

Fuente de Variación	VARIABLE	
	Nº de plantas con	% de plantas con
	Virus	Virus
Localidad (L)	**	**
Tratamiento (T)	**	**
Interacción (L*T)	**	**
Error	6.056	41.307
Total		
CV	106.3	54.36

NS, no significativo; *, ** significativo al 5 y 1% de probabilidad; %CV, por ciento coeficiente de variación.

8.3.1 Número de Plantas con Virus (Nptavir)

El cuadro 11, muestra que en el análisis de varianza combinado para la variable “Número de plantas con virus” (anexo 11); los ensayos presentaron diferencias altamente significativas en las localidades, en las variables y en su interacción.

El coeficiente de variación alto (106.3%), expresa que la localidad que presentó mayores problemas de virus fue la de Guaraquiche-Jocotan, observándose mediante muestreos aleatorios, la presencia del vector (*Dalbulus maydis*), a razón de 3-5 insectos por planta.

Cuadro 12. Resumen de materiales con mayores y menores síntomas visibles de virus, comparado con el testigo HB-83.

	Entrada	Código	Número de plantas con virus	TUKEY
Materiales con menor sintomatología presencia de virus	14	HEB0214	0.67	A
	17	CSHembra	0.78	A
	12	HEB0212	0.78	A
	10	HEB0210	0.78	A
	09	HEB0209	1.45	A
	16	HEBO216	1.45	A
Materiales con mayor sintomatología presencia de virus	06	HEB0206	5.45	B
	01	HEB0201	4.89	B
	08	HEB0208	4.00	B
	18	HB-83	3.23	B

Fuente: Prueba de medias, Tukey.

Al efectuar la prueba de medias (anexo 11), los materiales que presentaron menor cantidad de plantas con síntomas de virus fueron: HEB0214 (0.67 pv), CSHembra (0.78 pv), HB0212 (0.78pv) y HB0210 (0.78pv). Los materiales mas afectados con síntomas visibles de virus fueron HB0206 (5.45 pvir), HB0201 (4.89 pvir), HB0208 (4.00 pvir) y el tratamiento testigo HB-83 (3.23 pvir).

8.3.2 Porcentaje de plantas con virus (%ptavir)

El cuadro 11, muestra que en el análisis de varianza combinado para la variable "Porcentaje de plantas con virus" (anexo 12); los datos de campo se ajustaron a SEN^{-1} , para acercar los rangos entre los mismos. Los ensayos presentaron diferencias altamente significativas en las localidades, en las variables y en su interacción.

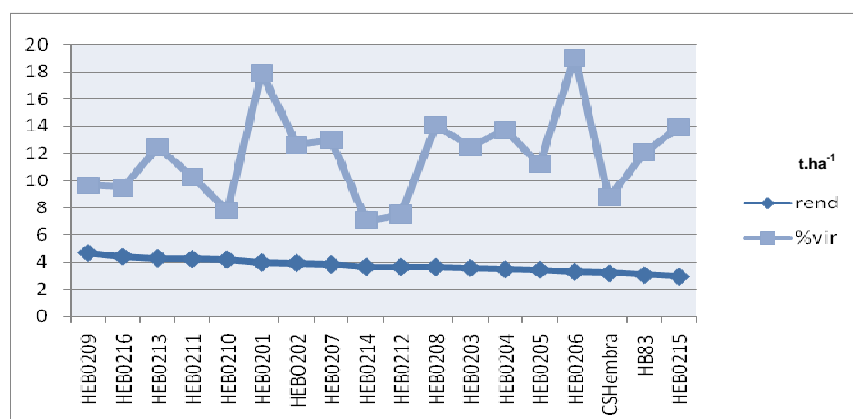
El coeficiente de variación alto (54.36%), expresa que la localidad que presentó mayores problemas de virus fue la de Guaraquiche-Jocotan, observándose mediante muestreos aleatorios, la presencia del vector (*Dalbulus maydis*), a razón de 3-5 insectos por planta, y en las otras dos localidades en los muestreos realizados se detectaron 1-2 insectos por planta.

Cuadro 13. Materiales con mayores y menores síntomas visibles de virus, comparado con el testigo HB-83.

	Entrada	Código	Virus SEN ¹	TUKEY
Materiales con menor sintomatología presencia de virus	14	HEB0214	7.03	A
	12	HEB0212	7.51	A
	10	HEB0210	7.82	A
	17	CSHembra	8.72	A
	16	HEB0216	9.50	A
	09	HEB0209	9.66	A
Materiales con mayor sintomatología presencia de virus	06	HEB0206	19.04	B
	01	HEB0201	17.90	B
	08	HEB0208	14.06	B
	18	HB-83	12.05	B

Al efectuar la prueba de medias (Cuadro 13 y Anexo 12), los materiales que presentaron menor porcentaje de virus fueron: HEB0214 (7.03), HEB0212 (7.51), HEB0210 (7.82) y CSHembra (8.72), HEB0216 (9.50) y HEB0209 (9.66). Los materiales mas afectados con síntomas visibles de virus fueron HEB0206 (19.04), HEB0201 (17.90), HEB0208 (14.06) y el tratamiento testigo HEB-83 (12.05) (gráfica 1).

Gráfica 1. Comparación de medias de rendimiento en t.ha⁻¹ y % de virus en 18 ensayos de híbridos blancos de maíz.



8.3.3 Relación entre rendimiento en t.Ha⁻¹ y la respuesta de los genotipos al virus del *achaparramiento*.

Se realizó un análisis de regresión múltiple para las variables: “rendimiento en t.ha⁻¹” como variable dependiente y “altura de planta”, “porcentaje de virus” y “número de plantas con virus” como variables independientes (Anexo 13). El resultado mostró que existieron diferencias altamente significativas para la variable “altura de planta”, indicando que el rendimiento en t.ha⁻¹ fue influenciado en mayor proporción por la “altura de planta”, mientras que el “porcentaje de virus” y “número de plantas con virus” no tuvieron efectos significativos.

Cuadro 14. Resumen de análisis de regresión múltiple de variables relacionadas con virus del achaparramiento.

Variable	Coefficiente de regresión	T student	Probabilidad	SIGNIFICANCIA
Altura de planta	0.0418	3.067	0.007	**
Porcentaje de virus	0.0298	0.275	0.787	NS
Plantas con virus	-0.0973	-0.375	0.712	NS

** Altamente significativo, NS no significativo.

La ecuación resultante fue:

$$\hat{y} = -3.87 + 0.0418X_1 + 0.029X_2 - 0.097X_3$$

Rendimiento = Intersección + altura de planta + porcentaje de virus - No. plantas con virus

Con base a los resultados obtenidos en el análisis de regresión múltiple, se realizó un análisis de regresión lineal para las variables “rendimiento en t.ha⁻¹” y “altura de planta”.

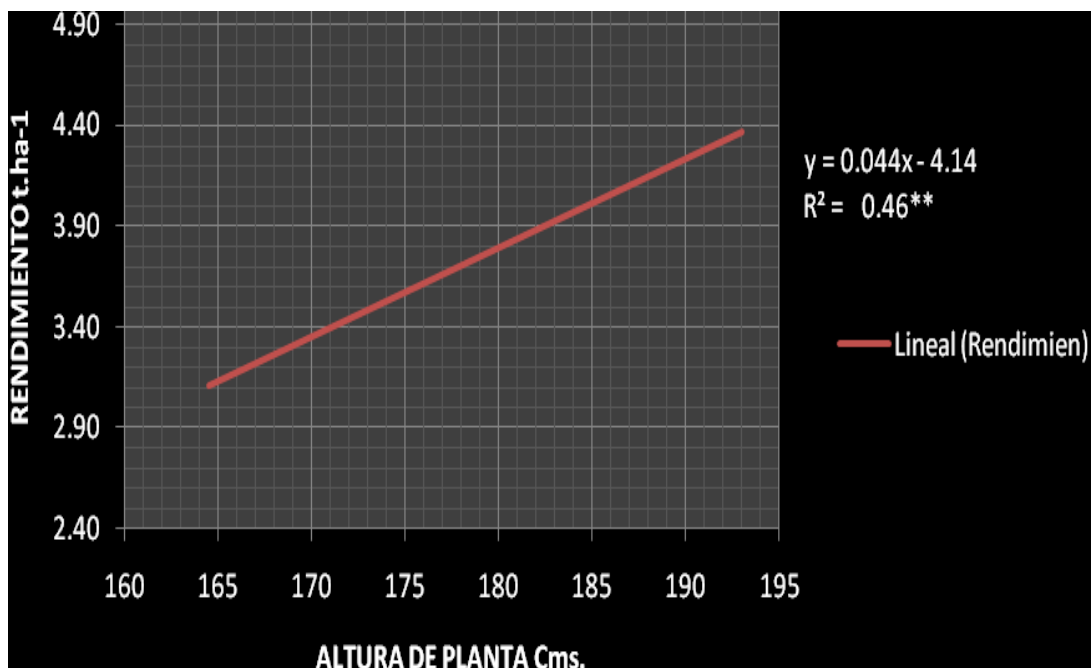
El análisis de varianza muestra una alta significancia (anexo 14), interpretándose como una relación lineal significativa, que muestra que el rendimiento aumentó directamente con la altura de la planta (gráfica 2), metodología utilizada por Urbina, 1997, en el desarrollo de dos poblaciones de maíz con resistencia al complejo del achaparramiento.

Cuadro 15. Resumen de análisis de varianza de regresión lineal entre rendimiento y Altura de planta.

Variable	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	F	Significancia
Regresión	1.82	1	1.82	13.6	**
Error	2.14	16	0.13		
Total	3.96	17			

**Altamente significativo.
 $R^2 = 0.46$. $R = 0.68$.
 Intersección= -4.15.

Grafica 2. Regresión lineal de rendimiento y altura de planta.



Considerando que la presencia del virus del achaparramiento del maíz afecta directamente la altura por el acortamiento de los entrenudos, los materiales que fueron afectados con el virus manifestaron una disminución en la altura de las plantas, lo que repercutió directamente con la disminución del rendimiento, como lo establece Urbina, (1997).

El cuadro 16 indica que los materiales identificados con mayor altura fueron HEB0210, HEB0211, HEB0209 Y HEB0216 y los de menor altura CS-Hembra, HEB0215, HB-83 y HEB0206.

De los materiales identificados con mayor altura, HEB0211, HEB0209, HEB0210 Y HEB0216 presentan un gen tolerante a Achaparramiento, según datos proporcionados por CIMMYT y PRM.

Cuadro 16. Materiales de Mayor y Menor Altura de Planta y Rendimiento.

	Entrada	Código	Rendimiento t.ha ⁻¹	Altura de planta en cm
Materiales con mayor altura y rendimiento	09	HEB0209	4.67	182.5
	16	HEB0216	4.40	181.9
	13	HEB0213	4.29	176.8
	11	HEB0211	4.22	191.4
	10	HEB0210	4.18	193.0
Materiales con menor altura y rendimiento	15	HEB0215	2.94	169.2
	18	HB83	3.05	170.1
	17	CS-Hembra	3.19	164.5
	06	HEB0206	3.30	172.3

Fuente: Elaboración propia, a partir de medias de rendimiento y de altura de planta.

IX. CONCLUSIONES

1. Cinco de los genotipos evaluados: HEB0209, HEB0216, HEB0213, HEB0211 y HEB0210 son estadísticamente superiores en *rendimiento*, superando al testigo HB-83 hasta en un 53%, el cual tuvo un *rendimiento* de 3.06 t.ha⁻¹.
2. Los híbridos HEB0210, HEB0211, HEB0202, HEB0209 Y HEB0216 mostraron características agronómicas superiores, principalmente en *altura de planta* (en un rango de 181-193 cm.), *altura mazorca* (84-91 cm.) y *días a floración masculina y femenina* que osciló entre los 61 y 64 días, respectivamente.
3. Los genotipos HEB0214, CS-Hembra, HEBO212, HEB0210, HEB0209 Y HEB0216 presentaron los menores síntomas visibles de incidencia de *virus del achaparramiento del maíz*, afectando a menos del diez por ciento de las plantas de cada genotipo, estos (según CIMMYT), presentan como atributo principal, un gen tolerante al virus del *achaparramiento*.
4. El análisis de los datos mostró que la *altura de la planta* tuvo una relación directa con el *rendimiento* de los genotipos evaluados, definiéndose como la principal variable afectada por el virus del *achaparramiento* del maíz.

X. RECOMENDACIONES

1. Realizar evaluaciones a nivel de campo de agricultores para validar los genotipos superiores, mediante la implementación de parcelas de prueba.
2. Analizar mecanismos institucionales viables entre sectores que se relacionan con la investigación, transferencia, producción, comercialización de maíz y seguridad alimentaria, que facilite la adopción de híbridos de maíz que presentan buena adaptabilidad y potencial de rendimiento, y que superan a los materiales utilizados actualmente.
3. Analizar la estabilidad de los genotipos en evaluación a nivel nacional, para poder zonificar áreas de utilización de los híbridos de maíz, de acuerdo a su potencial de rendimiento, características agronómicas y su estabilidad ambiental.

XI. BIBLIOGRAFIAS

1. Castra, R; Trujillo, GE. 1976. Enfermedades del maíz en Venezuela causadas por virus y micoplasma. Venezuela, Universal. 12 p.
2. CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, MX). 1998. Planeación de tecnologías apropiadas para los agricultores, conceptos y procedimientos. México. 78 p.
3. _____. 1990. Desarrollo y mejoramiento de germoplasma para asistencia a factores adversos bióticos y abióticos. México, PRM. 24 p.
4. _____. UNDP (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo); GTZ (Cooperación Holandesa); USAID (Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos de America). 1987. Proceedings of the international symposium on methodologies for developing host plant resistance to maize insects. México. 327 p.
5. Flores Galdamez, SA. 2000. Evaluación de cuarenta y dos genotipos de maíz (*Zea mays L.*) y su tolerancia a sequía en Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Chiquimula, GT, USAC-CUNORI. 36 p.
6. Henriquez, P; Jeffers, D. 1997. El achaparramiento del maíz: patógenos, síntomas y diagnóstico. *In* Síntesis de resultados experimentales 1993-1995. Edita J Bolaños. Guatemala, CIMMYT-PRM. v. 5, p. 283-290.
7. ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, GT). 2000. Investigación y desarrollo de maíz de alta calidad de proteína. Guatemala. 18 p.

8. James, HJ. 1997. Patógenos del maíz y sus insectos vectores en los trópicos (en línea). Trad. RE Cancelado. EUA, Universidad de Florida, Centro de Educación e Investigación de Fort Lauderdale. 10 p. Consultado 20 ago. 2002. Disponible <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/schapter/www.ucdavis.edu>.
9. Jugenheimer, RW. 1988. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. México, Limusa. 481 p.
10. Pérez Rodas, CN. 1997. Evaluación de generaciones filiales de nueve híbridos de maíz (*Zea mays*.) en tres localidades de la zona tropical baja de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, URL, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 52 p.
11. Poehlman, JM. 1979. Mejoramiento genético de las cosechas. México, Limusa. 206 p.
12. Saninet (Sistema de Sanidad de Granos en los Trópicos, EC). 1994. Achaparramiento del maíz (en línea). Ecuador. Consultado 20 ago. 2002. Disponible <http://satnet.ec.org/saninet/schapter/www.saninet.org>.
13. Simmons, CS; Tarano, T; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. P Tirado Sulsona. Guatemala, Editorial José de Pineda Ibarra. 1,000 p.
14. Sitún Alvizures, M. 1978. Investigación agrícola: guía de estudio. Guatemala, ENCA. 137 p.