

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**EVALUACIÓN AGROECONÓMICA DE MATERIALES MEJORADOS
DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN ASOCIO CON FRIJOL (*Phaseolus
vulgaris* L.) EN COMPARACIÓN CON MATERIALES
TRADICIONALES EN EL CANTÓN CATOYAC, ANDRÉS
SAJCABAJÁ, EL QUICHÉ.**

RICARDO JOSÉ MÉNDEZ SOTO.

GUATEMALA, FEBRERO DEL 2004

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**EVALUACIÓN AGROECONÓMICA DE MATERIALES MEJORADOS
DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN ASOCIO CON FRIJOL (*Phaseolus
vulgaris* L.) EN COMPARACIÓN CON MATERIALES
TRADICIONALES EN EL CANTÓN CATOYAC, ANDRÉS
SAJCABAJÁ, EL QUICHÉ.**

TESIS

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA**

**POR
RICARDO JOSÉ MÉNDEZ SOTO.**

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, FEBRERO DEL 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Dr.	ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LÓPEZ
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr.	ALFREDO ITZEP MANUEL
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr.	MANUEL DE JESÚS MARTINEZ OVALLE
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr.	ERBERTO RAÚL ALFARO ORTIZ
VOCAL CUARTO:	Br.	LUIS ANTONIO RAGUAY PIRIQUE
VOCAL QUINTO:	Br.	JUAN MANUEL COREA OCHOA
SECRETARIO:	Ing. Agr.	PEDRO PELÁEZ REYES

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables representantes:

En cumplimiento a las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

**EVALUACIÓN AGROECONÓMICA DE MATERIALES MEJORADOS
DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN ASOCIO CON FRIJOL (*Phaseolus
vulgaris* L.) EN COMPARACIÓN CON MATERIALES
TRADICIONALES EN EL CANTÓN CATOYAC, ANDRÉS
SAJCABAJÁ, EL QUICHÉ.**

Presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me permito presentarles mis agradecimientos y muestras de respeto. Por su atención a la presente, me despido de ustedes.

Atentamente

Ricardo José Méndez Soto

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Fuente de Sabiduría

MIS PADRES José Ramiro Méndez Alvarado (Q.E.P.D.)
Zoila Adriana Soto de Noriega
Julio Noriega Muñoz

MIS HERMANOS: José Ramiro Méndez Soto.
Estefany Karina Méndez Soto.
Francis Lorena Méndez Soto.
Dolores María Méndez Soto. (Q.E.P.D.)

MIS ABUELOS: Dolores Alvarado de Méndez, en su
memoria por ser mi segunda
Madre (Q.E.P.D.)
José Ramiro Méndez Rodas (Q.E.P.D.)
José Rosendo Soto Blanco (Q.E.P.D.)
Elvira Ovalle Estrada (Q.E.P.D.)

MIS SOBRINOS: Ricardo José Pineda Méndez
Estefany Marcela Pineda Méndez
María José García Méndez
Andrea Lucía García Méndez

MIS TIOS Y PRIMOS: Por apoyarme.

MIS AMIGOS: Por estar conmigo en las buenas y en
las malas apoyándome.

TESIS QUE DEDICO

A:

Mi patria Guatemala.

Universidad de San Carlos de Guatemala

**Facultad de Agronomía de la Universidad de
San Carlos de Guatemala.**

Departamento de El Quiché.

Municipio de San Andrés Sajcabajá.

**Proyecto Maya de Seguridad Alimentaria.
PROMASA.**

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores Ingenieros Fredy Hernández Ola y Manuel de Jesús Martínez Ovalle por su constante apoyo y orientación en la realización del presente trabajo de tesis.

Los técnicos del Proyecto Maya de Seguridad Alimentaria PROMASA, del Municipio de San Andrés Sajcabajá, El Quiché, por su apoyo incondicional.

El Promotor agropecuario del Proyecto Maya de Seguridad Alimentaria PROMASA, del cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

Todas aquellas personas, que de una u otra forma, colaboraron en la realización de las diferentes fases de éste trabajo de tesis.

INDICE

	Página
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1 Marco Conceptual	4
3.1.1 El Maíz	4
3.1.2 Superficie y producción actuales de maíz	4
3.1.3 Demanda proyectada para el maíz en los próximos 25 años	5
3.1.4 Estrategias para abastecer la demanda en los próximos 25 años	6
3.1.5 Comportamiento de Híbridos y Variedades	16
3.1.6 Concepto de los cultivos en asocio	22
3.1.7 Importancia de los cultivos en asocio	26
3.1.8 Maíz en asocio con frijol	28
3.2 Marco Referencial	30
3.2.1 Ubicación y descripción del área experimental	30
3.2.2 Material experimental	30
3.2.3 Descripción del material experimental	31
4. OBJETIVOS	33
5. HIPÓTESIS	34
6. METODOLOGÍA	35
6.1 Descripción de tratamientos	35
6.2 Diseño experimental	35
6.3 Variables respuesta	36
6.4 Asociación	37
6.5 La interacción	37
6.6 Manejo del Cultivo	37

6.7	Análisis de la información	39
6.8	Análisis Económico	40
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
7.1	Análisis de Varianza para las variables evaluadas	41
7.2	Costos de producción y rentabilidad	54
8.	CONCLUSIONES	56
9.	RECOMENDACIONES	57
10.	BIBLIOGRAFÍA	58
11.	APÉNDICE	60

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1.	Descripción de los tratamientos evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.	35
CUADRO 2.	Datos de la variable altura de la planta en metros por tratamiento del cultivo del maíz (<i>Zea mays</i> L.) en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.	41
CUADRO 3.	Resumen de Análisis de Varianza de la Altura de la Planta en metros del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.	42
CUADRO 4.	Datos de la variable Número de mazorcas por tratamiento del cultivo del maíz (<i>Zea mays</i> L.) en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.	42
CUADRO 5.	Resumen de Análisis de Varianza Número de Mazorcas por tratamiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) evaluados en el cantón Catoyac San Andrés Sajcabjá, El Quiché.	43
CUADRO 6.	Datos de la variable peso de la mazorca en Kg/ha por tratamiento del cultivo del maíz (<i>Zea mays</i> L.) en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.	44
CUADRO 7.	Resumen de Análisis de Varianza para el Peso de la Mazorca en libras por tratamiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) evaluados en el cantón Catoyac San Andrés Sajcabajá, El Quiché.	45
CUADRO 8.	Comparación múltiple de medias para la variable peso de mazorca en libras por tratamiento evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.	45

- CUADRO 9.** Datos de la variable peso de 100 granos en gramos por tratamiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché. 46
- CUADRO 10.** Resumen de Análisis de Varianza del Peso de 100 granos en gramos por tratamiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché. 47
- CUADRO 11.** Datos de la variable número de filas por mazorca por tratamiento para el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché. 48
- CUADRO 12.** Resumen de Análisis de Varianza del Número de Filas por mazorca por tratamiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché. 49
- CUADRO 13.** Comparación múltiple de medias para la variable Número de Filas por mazorca por tratamiento evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché. 49
- CUADRO 14.** Datos de la variable número de granos por fila por tratamiento para el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en el Cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché. 50
- CUADRO 15.** Resumen de Análisis de Varianza Número de Granos por Fila por tratamiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché. 51

- CUADRO 16.** Comparación múltiple de medias para la variable, número de granos por fila por mazorca, por tratamiento Evaluados en el cantón Catoyac,. San Andrés Sajcabajá, El Quiché. 51
- CUADRO 17.** Datos de la variable rendimiento en Kg/ha por Tratamiento para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché. 52
- CUADRO 18.** Resumen de Análisis de Varianza del Rendimiento en Kg/ha por tratamiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché. 53
- CUADRO 19.** Comparación múltiple de medias para la variable, rendimiento en Kh/ha por tratamiento evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché. 53
- CUADRO 20.** Costo por hectárea del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), Para los diferentes tratamientos en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché. 54
- CUADRO 21.** Análisis de presupuestos parciales y de dominancia para todos los tratamientos en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché. 55
- CUADRO 22.** Tasa marginal de retorno para los tratamientos No Dominados. 55

- CUADRO 23A.** Costo de producción por hectárea de los diferentes tratamientos evaluados de maíz (*Zea mays* L) cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá , El Quiché. 66
- CUADRO 24A.** Datos del cultivo de Maíz y Frijol cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá , El Quiché. 67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Figura del mejoramiento en plantas de maíz.	17
Figura 2.	Figura del proceso de polinización fecundación.	20
Figura 3.	Figura de la liberación de polen en la espiga central.	21
Figura 4.	Gráfica de altura de la planta en metros por tratamiento.	41
Figura 5.	Gráfica de número de mazorcas por tratamiento.	43
Figura 6.	Gráfica de peso de la mazorca en Kg/ha. Por tratamiento.	44
Figura 7.	Gráfica de peso de 100 granos en gramos por tratamiento.	46
Figura 8.	Gráfica de número de filas por mazorca por tratamiento.	48
Figura 9.	Gráfica de número de granos por fila por tratamiento.	50
Figura 10.	Gráfica de rendimiento de grano en Kg/ha. Por tratamiento.	52
Figura 11.	Localización del municipio de San Andrés Sajcabajá, Departamento del Quiché.	61
Figura 12.	Aldeas y caseríos del municipio de San Andrés Sajcabajá, El Quiché.	62
Figura 13.	Esquema de campo con un Diseño Experimental bifactorial en Bloques al azar, con cuatro repeticiones y seis tratamientos.	63
Figura 14.	Dimensiones de la unidad experimental del sistema de Asocio Maíz-frijol.	64
Figura 15.	Dimensiones de la unidad experimental de maíz en el sistema de Monocultivo.	65

EVALUACIÓN AGROECONÓMICA DE MATERIALES MEJORADOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN ASOCIO CON FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN COMPARACIÓN CON MATERIALES TRADICIONALES EN EL CANTÓN CATOYAC, SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, EL QUICHÉ.

AGRONOMICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF CORN'S (*Zea mays* L.) IMPROVED MATERIALS ASSOCIATED WITH BEEN (*Phaseolus vulgaris* L.) IN COMPARISON WITH TRADITIONAL MATERIALS IN CANTON , SAN ANDRÉS SAJCABAJ, EL QUICHÉ.

RESUMEN

Esta investigación fue realizada en el cantón Catoyac, del municipio de San Andrés Sajcabajá, El Quiché, se evaluaron dos materiales mejorados de maíz, la variedad ICTA B-1 y el híbrido HB-83 en asocio y monocultivo en comparación con el material criollo de la región, para poder determinar cual de los materiales tiene un mayor rendimiento y cual es económicamente más rentable.

Se utilizó el diseño estadístico bifactorial en bloques al azar, con las variables respuesta: altura de la planta, número de mazorcas por

planta, peso de la mazorca, número de filas por mazorca, número de granos por fila, peso de 100 granos, rendimiento de grano en Kg/ha.

Estadísticamente el híbrido HB-83 en asocio y monocultivo fue el que alcanzó los mejores rendimientos, seguido de la variedad ICTA-B1, quedando con los más bajos rendimientos el material criollo.

Se realizó un análisis económico determinándose el tratamiento más rentable, que en su orden fueron: el híbrido HB-83 en monocultivo, el HB-83 en asocio, el ICTA B-1 en monocultivo, ICTA B-1 en asocio, el material criollo en asocio y monocultivo nos dio porcentajes negativos, lo cual nos indica que en lugar de obtener un beneficio económico, se está perdiendo.

1. INTRODUCCIÓN

Con el transcurso de los años se incrementa la población y demanda de alimentos y esto es aún crítico para Guatemala cuya tasa de crecimiento anual de la población es de 3%, estimándose para el año 2005 una población de 12.9 millones de personas (2). De ahí la importancia de la búsqueda de fuentes alternativas de alimento.

La actividad económica principal en el municipio de San Andrés Sajcabajá departamento de El Quiché, es la agricultura, en un 95 % de población. Los cultivos que siembran los agricultores son un 95.5 % granos básicos, principalmente maíz y frijol. El 90 % de los agricultores, manejan una agricultura de subsistencia, debido a diferentes condiciones desfavorables, como el clima, el suelo, tenencia de la tierra, patrones culturales, que afectan en la producción. (25).

El maíz juega un papel importante en toda la población ya que es su principal fuente de alimentación y para algunos agricultores, fuente de ingresos.

En la actualidad se han desarrollado materiales de maíz (*Zea mays*. L) con alto potencial de rendimiento para las diferentes zonas de Guatemala, algunos de los cuales han sido probados en condiciones similares a las de esta región, dando buenos resultados en cuanto a rendimiento.

Debido al incremento en precios de los diversos insumos agrícolas utilizados en la producción del maíz, la utilidad del agricultor se ha visto afectada negativamente, por lo que la única forma de ser eficiente es produciendo más por unidad de área lo que solo se logra al encontrar materiales mas rendidores que se adapten mejor a las condiciones del lugar.

Tomando en cuenta lo anterior y por la importancia que tiene el cultivo del maíz en el Municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento de El Quiché, se evaluaron los materiales promisorios de maíz ICTA-B1, HB-83, en asocio con frijol y en monocultivo en comparación con los materiales criollos del lugar, los cuales se distribuyeron en un diseño experimental bifactorial en bloques al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: número de mazorcas por planta, altura de la planta, peso de la mazorca, número de filas por mazorca, número de granos por fila, peso de 100 granos en gramos y rendimiento en Kg/ha.

El material de maíz HB-83 en monocultivo y asocio fue en el que se obtuvieron los mejores rendimientos con 6311.50 Kg/ha en monocultivo y 6189.25 Kg/ha en asocio. Además el material de maíz HB-83 en monocultivo fue el que presentó la mayor rentabilidad.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.) es muy importante en Centroamérica y el Caribe, tanto desde el punto de vista de su superficie, como de su consumo por la población. López et al (1998), reportan que en el período de 1995-97 se cultivaron en promedio aproximadamente dos millones de hectáreas con una producción de 32 millones de toneladas métricas. En Guatemala, El Salvador y Honduras registran los mayores niveles de consumo per cápita como alimento humano directo. (18).

En el Municipio de San Andrés Sajcabajá se ha cultivado el maíz en asocio con frijol, y se viene haciendo desde hace tiempo como una tradición que aprendieron los agricultores de sus padres, de generaciones pasadas.

Dentro de los principales problemas registrados están los muy bajos rendimientos que obtienen los agricultores de la región que son de 1,450.66 kg. por hectárea o sea 2 quintales por cuerda cuando bien les va, que comparados con los rendimientos registrados por los materiales a evaluados que son de 4352 Kg por hectárea, o sea 6 quintales por cuerda (17), nos muestra una diferencia de 2,901.34 Kg. por hectárea, o sea 4 quintales por cuerda, lo cual sería el triple de producción por cuerda que podrían aprovechar los agricultores de ésta región; lo que implica bajas rentabilidades.

Por tal razón, se propone evaluar dos materiales de maíz certificados disponibles en el mercado, para determinar cual de éstos es el que mejor se adapta a la región, cual tiene un mejor rendimiento y cual es más rentable comparados con el material de maíz criollo de la región, en asocio y monocultivo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 EL MAÍZ

Aunque el origen exacto del maíz es debatido, la mayoría de los investigadores señalan que el maíz actual se derivó de una hierba nativa del valle central de México, hace aproximadamente 7000 años. En aquel tiempo los indígenas locales recolectaban con fines alimenticios unas pequeñas mazorcas de maíz con solo cuatro filas de granos cada una. Unos mil años después el maíz primitivo se convirtió en maíz doméstico. Antes de la llegada de Colón al nuevo mundo, probablemente ningún otro evento haya tenido importancia tan relevante. La cosecha de este grano hizo posible de las grandes culturas precolombinas.

Actualmente el maíz es uno de los productos agrícolas más importantes y sus productos y derivados están relacionados directamente con la producción de una gran cantidad de productos como : alimento para ganado, papel, refrescos, caramelos, tintas, pegamentos, plástico biodegradable, productos de panificación, productos lácteos, salsas, sopas, pinturas, helados, alcohol, aceite comestible, cosméticos, sabores y una lista casi interminable de productos (11).

3.1.2 SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN ACTUALES DE MAÍZ.

La producción de maíz a nivel mundial totalizó 447 millones de toneladas en 1990, comparado con un total aproximado de 531 mill ton. para trigo y 350 mil ton para arroz. En 1995, la producción total fue de 449 ton para maíz, 535 para trigo y 370 para arroz. Alrededor de 130 millones de has fueron requeridas para la producción de maíz de 1990. La producción estuvo dividida entre los países desarrollados e industrializados como sigue: los países en desarrollo produjeron

200 millones de ton sobre 81 mill de has, mientras que los países industrializados produjeron 227 mill. de ton sobre 49 mill de has. El rendimiento promedio actual es de 2.4 t /ha en los países desarrollados comparado con 5.9 /ha. en los países industrializados (30).

Las practicas de producción y la naturaleza de la tierra y el clima, varía grandemente entre los países industrializados y los países en desarrollo. Como regla general, en las naciones industrializadas, el maíz se halla creciendo en las latitudes templadas sobre suelos altamente productivos, con temperaturas moderadas y lluvias adecuadas o riego. Los insumos usualmente son suficientes para lograr altos rendimientos, las operaciones son hechas a gran escala y altamente mecanizadas y el mercado está bien desarrollado. En las naciones en desarrollo, el maíz usualmente se halla creciendo en los trópicos o subtrópicos sobre pequeñas propiedades frecuentemente localizadas sobre suelos menos deseables, algunas veces sobre terrenos que son realmente indeseables para cualquier cultivo. Las temperaturas son frecuentemente más altas que las optimas, el abasto de agua frecuentemente es insuficiente o inadecuado, los insumos con fertilizantes o herbicidas usualmente son mínimos o están ausentes y los mercados típicamente son inestables o aún no existen. Aunque la producción comercial con altos insumos tiende a incrementarse, no es aún la mayor fuente de producción en el mundo en desarrollo (6).

3.1.3 DEMANDA PROYECTADA PARA EL MAIZ EN LOS PRÓXIMOS

25 AÑOS .

3.1.3.1 Efectos Socioeconómicos Sobre la Demanda.

Se prevé que la demanda mundial para maíz en el 2020 aumente alrededor de un 138% con respecto a la demanda de 1995, espoleada en parte por el incremento de la población especialmente en los países desarrollados. Las estadísticas del incremento de la población humana no pueden ser usadas directamente para pronosticar el incremento en la demanda de maíz, sin embargo uno debe estar al tanto de que los cambios demográficos están acompañados por cambios en la demanda de productos derivados de la carne (27).

3.1.4 ESTRATEGIAS PARA ABASTECER LA DEMANDA EN LOS PRÓXIMOS 25 AÑOS.

A nivel mundial, se espera que dentro de los próximos 25 años, la producción de maíz se incremente pero a una tasa más lenta que en el pasado cuarto de siglo. La tasa proyectada de incremento es de alrededor del 0.4% anual, pero se espera que prácticamente todo el incremento previsto lo aporte el mundo en desarrollo, en el cual se espera que la producción crezca a una tasa de 0.6% anual, comparado con un 0.1% en los países desarrollados. También se prevee que el incremento proyectado en superficie no será lo suficientemente grande para satisfacer la demanda proyectada, así que los incrementos en los rendimientos deberán hacer la diferencia.

Los rendimientos que se necesitarán para lograr un incremento mundial a una tasa anual de 1.1% serán apenas suficientes para satisfacer el total de las necesidades de producción las cuales están creciendo a una tasa de 1.5% al año.

Así, se necesitará que la tasa de ganancia en el rendimiento sea un poco más grande que la del periodo 1982-1990 que fue de 0.7% anual. Por otro lado, la ganancia promedio del periodo 1982-1992 fue de 1.4% anual. Para satisfacer la demanda futura de la producción de maíz deberá de enfatizarse el mejoramiento en las practicas de reproducción y de cultivo, ya que muy pocas oportunidades para cualquier incremento considerable en el área que ahora esta plantada con maíz (27).

3.1.4.1 Diversidad de oportunidades para el mejoramiento de Los Rendimientos.

Las posibilidades para el mejoramiento en las prácticas de cultivo y en la reproducción, difieren enormemente en los países en desarrollo y los industrializados; el único factor en común de ambas economías es que el mejoramiento de técnicas de cultivo y en la reproducción irían de mano en mano, si se logra desarrollar el potencial completo de las tecnologías de producción emergentes. Más allá de constatar este hecho biológico, el potencial para incrementar los rendimientos en las dos economías parte de bases muy diferentes. Los productores de maíz en los países industrializados han alcanzado una estabilidad en el uso de fertilizantes herbicidas y pesticidas. Los métodos de aplicación se han nivelado o están siendo reducidas para cumplir con demandas ambientales y de rentabilidad. Al mismo tiempo parecería, para algunos observadores, que mayores incrementos en los rendimientos solo se pueden lograrse a través del mejoramiento, pero con la posible adición de nuevas técnicas de cultivo que todavía no se han probado (27).

3.1.4.2 El caso de los países en desarrollo: producción comercial de maíz

El porcentaje de terrenos de cultivo que se han sembrado con variedades mejoradas de maíz tanto de polinización libre como híbridos ha aumentado en el mundo en desarrollo de un 45% en 1985 a un 58% en 1992, mientras que el volumen de ventas de semilla comercial en los países en desarrollo aumentó de 27% durante el mismo período de tiempo. Estos datos pueden ser indicadores de un aumento en la producción de maíz comercial en los países en desarrollo pero no nos dicen, sin embargo, que segmentos del sector productor de maíz esta generando el maíz con objetivos comerciales, es decir qué tanto la producción que llega al mercado es orientada por operaciones grandes especializadas o por pequeños propietarios con suficiente tierra para producir un excedente comercializable o algún punto en medio de los dos casos.

Uno debe de recordar también que los datos que se tienen, tienen un cierto nivel de incertidumbre; no es fácil reunir datos muy precisos en países en desarrollo como sucede en los países industriales. Si suponemos que se está sembrando una cantidad creciente de maíz en los países en desarrollo para atender las demandas de poblaciones urbanas crecientes, uno puede hacer un bosquejo de los posibles cursos de acción para aumentar los rendimientos en este cultivo. Dentro de ciertos limites, se van a usar los mismos métodos para aumentar los rendimientos que se emplean en países en desarrollo, primero tienen que mitigarse ciertas limitaciones grandes y en caso de ser necesario deben establecerse algunas estructuras nuevas (27).

En primer lugar se requiere un mercado estable que sea reforzado mediante un sistema de almacenamiento en el terreno o en la comunidad, estas condiciones

no existen en muchas regiones del mundo en desarrollo, además de que la estabilidad en el precio del maíz debe ser suficientemente alto para asegurar una rentabilidad a los productores, a menos de que los agricultores puedan recibir un precio razonable por sus cultivos año tras año, ellos no van a hacer las inversiones de riesgo que necesitan para cultivarlo, inclusive si tuvieran acceso a la tecnología para aumentar los rendimientos y producir un excedente comercializable. Si están a merced de un mercado errático o no pueden retener la producción hasta que los precios suban, se desanimará el desarrollo de una industria comercial de maíz que incluya a los pequeños productores (27).

En segundo lugar está la necesidad de que haya precios aceptables para los insumos químicos, en particular los fertilizantes. El uso de los fertilizantes en algunos países se ha desanimado fuertemente por la presencia de precios artificialmente altos como resultado de las intervenciones gubernamentales. El transporte debe ser adecuado ya sea para llevar los insumos oportunamente o para transportar los productos hacia el mercado, un servicio de extensión efectivo que haga énfasis en una educación de sentido amplio de los productores con inclusión de género se necesita en todos los países, especialmente en aquellos que tienen la mayor necesidad de ajustar la tecnología de producción a las necesidades urgentes que está planteando el crecimiento y urbanización de la producción.

Por último debe estar disponible una industria eficiente y bien establecida del maíz, aportando cantidades suficientes de semilla mejorada a tiempo, y más importante que esto, debe estar actualizando anualmente sus ofertas para enfrentar las necesidades cambiantes de las nuevas resistencias de las plagas, adaptación de nuevos métodos de cultivo y lo más importante de todo, lograr niveles cada vez más

altos de resistencia al estrés y mantener aumentos en los rendimientos en la mayoría de las regiones productoras de maíz en el mundo en desarrollo (6).

La sequía y el calor son un problema continuo y recurrente y aquí se halla la principal necesidad de mejoramiento, ya que sólo de esta manera se pueden aumentar los rendimientos para aumentar la disponibilidad de maíz utilizando mayores densidades de plantas, aún a pesar del calor y la sequía. En los años recientes se ha visto un mayor interés en el uso del maíz híbrido en los países en desarrollo. Así, en 1992, en el 43% de la superficie sembrada con maíz en los países en desarrollo crecían híbridos; aunque si Argentina, Brasil, Chile y China no se contaran, únicamente 15% de los sembradíos maíz eran híbridos. Estos, provinieron tanto de fuentes públicas como privadas. En 1992, los híbridos desarrollados por el sector público representaron 40% de las ventas de semillas híbridas en el mundo en desarrollo con excepción de China, mientras que los híbridos privados significaron el 60% de las ventas (10).

En la actualidad parece que el desarrollo de híbridos y de la industria de híbridos en países en desarrollo va a seguir creciendo. Para muchos productores la ventaja que se percibe de los híbridos en relación con las variedades de polinización libre no es solo un aumento en el rendimiento; a los productores les gusta el hecho de que los híbridos aportan mejoras genéticas deseadas con una precisión repetible y lo hacen en un paquetito claramente distinguible.

En los países en desarrollo hay tres fuerzas para el cambio - tres formas de organización - que están actualmente presentes en la industria de la semilla del maíz: los sistemas de investigación agrícolas nacionales (NARS), las compañías de semillas privadas dentro del país tanto las pequeñas como las grandes y las

compañías de semillas Internacionales que tienen base fundamental en Europa y Estados Unidos (10).

Cada sector aporta un ingrediente útil; los sistemas nacionales de investigación aportan un conjunto de principios y mejoramiento de conocimientos sobre una base científica amplia, también aportan a las pequeñas compañías muchas de sus líneas mejoradas y combinaciones híbridas. Las compañías privadas locales, en especial las pequeñas, pueden operar con costos de transacción muy bajos y por lo tanto con precios bajos y a menudo hacen negocios en segmentos del mercado que las compañías internacionales grandes no pueden penetrar debido a los costos. Las compañías de semillas internacionales pueden aportar híbridos mejorados de tal manera que pueden ser productivos y estables en muchas partes del mundo con ambientes similares, con lo cual pueden aumentar los rendimientos y aumentar la base genética de los híbridos en un país determinado. De esta manera, cada sector sirve a una necesidad en particular para cada país dado, ninguno de los tres sectores puede enfrentar todas las necesidades. Cuando se logra un buen balance entre los tres elementos, es decir los Centros Nacionales de Investigación, las Compañías Locales y las Compañías Internacionales, lo más probable es que se logre un apoyo estable para la industria de producción de maíces híbridos en un país y por lo tanto para los productores de maíz en ese país (6).

Un factor positivo adicional en el desarrollo de maíces híbridos en los países de desarrollo son los productos de los programas de maíces híbridos de los Centros de Investigación Agrícola Internacionales como es el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (ITTA) o el Centro de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Esos programas han estado operando por muchos años y están ahora produciendo

líneas autofecundadas y materiales avanzados mejorados. Por regla general, sus líneas mejoradas buscan tener una adaptación más amplia y servir ya sea directamente para producir híbridos o como material parietal para poblaciones mejoradas. Los Centros Internacionales de Investigación en combinación con los Centros Nacionales de Investigación se pueden convertir en los principales proveedores de material mejorado para las compañías pequeñas de semillas en los países en desarrollo (21).

3.1.4.3 El caso de los países en desarrollo, la producción del maíz en pequeñas unidades.

La producción por pequeños propietarios es altamente diversa dentro de los países y entre los países, sin embargo hay algunos factores que son comunes a los pequeños productores como son: ingresos bajos, mercados poco desarrollados y una infraestructura de transporte y abastecimiento de insumos y productos normalmente inadecuada. Además de esto, prácticamente en todos los países en desarrollo, los pequeños productores no dependen únicamente de sus siembras como la única fuente de alimentación para la familia, sino que los ingresos del exterior y cualquier otro tipo de aportes adicionales aportan una parte sustancial de las necesidades diarias de alimentación y vivienda. Esto puede afectar las selecciones de los pequeños productores acerca de los tipos y cantidades de maíces que ellos siembran.

Quizás la primera necesidad para ellos es la relacionada con el aumento y uso de fertilizantes. El incremento en el uso de fertilizantes acompañó la adopción de variedades mejoradas de maíz y trigo en los países en desarrollo, pero no ha sucedido siempre lo mismo cuando se ha tratado de variedades de maíz; entre las

razones posibles que pueden explicar este hecho sería que no se dispone de tierras adicionales o los controles gubernamentales de los precios de los fertilizantes han hecho que sea poco rentable aumentar su uso (21).

Como anotamos arriba, el uso de variedades de polinización libre mejoradas no ha sido tan exitoso como se esperaba, inclusive entre de los pequeños productores. La razón de esto en parte estriba en que las variedades tienden a perder su ventaja genética y su identidad fenotípica durante los ciclos sucesivos de almacenamiento de semillas. El maíz híbrido en teoría podría aumentar los rendimientos para los pequeños productores pero hay dudas acerca de si la mayoría de ellos podrían pagar los gastos anuales que implica usar una semilla relativamente cara.

Los mejoradores del maíz tanto del sector público como privado puede ser que no sean capaces de pagar los costos relacionados con el desarrollo de los híbridos para los miles de nichos ambientales en los cuales los pequeños productores cultivan su maíz. Junto con ello, la falta de transporte y mercados confiables pueden hacer que la inversión de los pequeños productores en maíces híbridos sea muy riesgosa y poco rentable (21).

A pesar de estas predicciones los híbridos han sido adoptados extensivamente por pequeños productores en varias regiones de los países en desarrollo. Algunas de las razones que pueden explicar esto, son que los híbridos desarrollados para pequeños productores pudieron adecuarse a sus necesidades y preferencias, los programas de maíces híbridos fueron diseñados para sus necesidades y preciso de venta de las semillas relativamente baratos.

Viendo hacia el futuro, uno puede esperar inclusive que los pequeños productores usarán más los híbridos y conforme se amplíe la base genética de estos, y la industria de la producción de semillas crece y compite para llenar los nichos que actualmente no cubren los híbridos y conforme los mercados y los medios de transporte se desarrollan al grado de que los pequeños productores puedan invertir en producir para el mercado (21).

Pero es probable que durante muchos años una buena cantidad de los pequeños productores no utilicen semillas híbridas. Otro segmento importante de la población de pequeños productores probablemente usen los híbridos para la producción comercial pero sigan cultivando sus variedades locales para su autoconsumo; esta práctica está ampliamente difundida en varias regiones productoras de maíz y corresponde con la costumbre actual de los pequeños productores.

No importa cual sea la razón para que sigan dependiendo de las variedades locales del maíz, esta práctica representa una amplia oportunidad aún no desarrollada para la mejora del maíz. Los rendimientos, la estabilidad de los rendimientos y la resistencias a las plagas pueden mejorarse en las variedades locales, especialmente en circunstancias en que por razones económicas los pequeños productores han tenido que desplazar el cultivo del maíz a nuevos nichos ecológicos, normalmente marginales. De manera semejante, las prácticas agronómicas de los pequeños productores pueden ser mejoradas. Esas aseveraciones no menosprecian la capacidad o hablan de la ingenuidad de los mejoradores locales, sino que sugieren que los agrónomos y fitomejoradores profesionales pueden agregar de sus capacidades y germoplasma al que tienen los

pequeños productores para lograr nuevos productos desarrollados conjuntamente y tener procedimientos mejores de los que ellos pueden producir solos (21).

Este tipo de colaboración iría mas allá del concepto normal de los servicios de extensión que fueron concebidos para funcionar principalmente como la manera de llevar al sector rural no científico productos de la ciencia. Esto también requeriría de inversiones de tiempo y personal que pueden exceder las capacidades financieras o políticas de muchos países en desarrollo pero pueden ser una de las inversiones más productivas que pueden ser hechas en este deseo de hacer mejorar el bienestar social y económico de los pobres en el sector rural de muchos países en desarrollo. Un producto útil en términos sociales e ideológicos de este tipo de colaboración podría ser también que se asegurara una disponibilidad viva y en evolución de la diversidad de maíz suplementaria a / y genéticamente diferente de la que actualmente se preserva en los bancos de semillas, o se desarrolla en los relativamente estrechos bancos de germoplasma que manejaran los mejoradores profesionales del maíz (21).

3.1.4.5 Comercio mundial del maíz: Oportunidades para abastecer la demanda

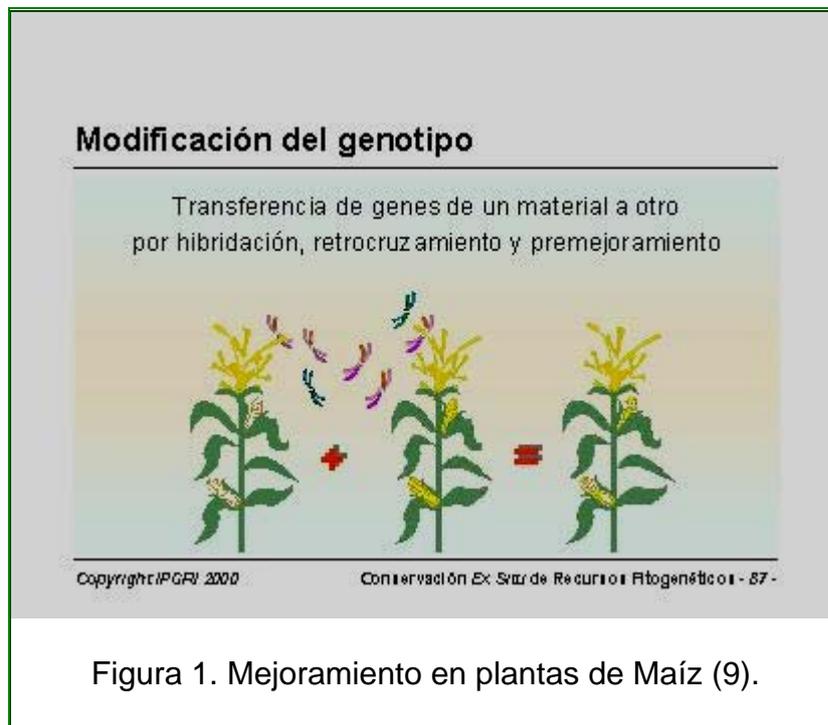
A pesar de las expectativas de que la demanda global para maíz inducirá el incremento de la producción en todo el mundo, algunas predicciones dicen que las naciones productoras en las latitudes templadas serán llamadas a exportar sus excedentes de maíz al mundo en desarrollo porque estos países en general serán incapaces de abastecer sus necesidades, mientras que los países en latitudes templadas ecológicamente favorables, producirán más que sus necesidades. Así se prevee que en el 2020, el mundo industrializado producirá un total de 372 mil millones de ton, de las cuales exportará 41 mil millones al mundo en desarrollo y

los países en desarrollo importarán 41 mil millones de ton. De maíz para agregarlas a lo que se considera su producción máxima posible que será de 371 mil millones de toneladas. Como producto de este panorama, una gran presión sobre los países en desarrollo se ve ahora por venir para que ellos superen la excesiva dependencia sobre las importaciones de maíz y carne. Para ello que tendrán que incrementar su producción de maíz hasta casi doblarla con respecto a la que tienen actualmente. El tiempo dirá cual será la respuesta que quieran o puedan dar los países en desarrollo (27).

3.1.5 COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS Y VARIEDADES

Dardón (8), señala que el comportamiento de híbridos y variedades de maíz en una región depende de la capacidad de adaptación de los mismos. Esta capacidad se refleja con el comportamiento de cada variedad o híbridos cuando se cultivan bajo diferentes condiciones ambientales dentro de dicha región.

Muchos investigadores entre ellos Allard (1), Brewmaker (5), y Brauer (4) han determinado que el rendimiento es el objetivo más complejo con que se trabaja en el mejoramiento del maíz. Básicamente dicha variable está determinada por la acción de numerosos pares de genes, muchos de los cuales afectan, a procesos vitales dentro de la planta la nutrición, la fotosíntesis, la transpiración, la translocación y el almacenamiento de los principios nutritivos. También afectan directa e indirectamente, el rendimiento, la precocidad la resistencia al acame, resistencia de los insectos y enfermedades y otras características que pueden evaluarse con mayor precisión que el rendimiento en base a elección visual.



3.1.5.1 Transferencia de genes para modificar el genotipo

Los genes se pueden transferir cruzando plantas (hibridación, retrocruzamiento y premejoramiento) o insertando genes o fragmentos de ADN directamente en el genoma, mediante biotecnología e ingeniería genética. La hibridación consiste en cruzar dos cultivares genéticamente diferentes para reunir en uno (generación híbrida) genes o características de interés que ellos poseen. Es el principal método para mejorar especies alógamas como el maíz. La hibridación aumenta la variabilidad genética de la especie en tanto permite hacer nuevas combinaciones de genes. El retrocruzamiento consiste en introducir –mediante hibridación– un carácter de interés presente en un progenitor donante en un cultivar con buenas características agronómicas pero cruzando el híbrido producido varias veces con el cultivar inicial (progenitor recurrente) hasta recuperar las

características que se perdieron con la hibridación. Este método ha sido muy utilizado para mejorar el tomate (9).

El premejoramiento es la transferencia de genes o combinaciones de genes de especies silvestres a materiales mejorados o cultivados para incrementar la calidad y/o el rendimiento de los cultivos. Amplía la base genética de las especies cultivadas y se realiza mediante la introgresión y la incorporación. La primera opera sobre plantas individuales y la segunda sobre poblaciones.

La introgresión consiste en cruzar un material donante (que contiene el gen de interés) con el que se busca mejorar y retrocruzar el nuevo material hasta recuperar en él todas las características de interés. Se ha utilizado con éxito para transferir resistencia a estrés biótico y abiótico, y para introducir características de calidad (9).

Un ejemplo clásico es el del tomate (*Lycopersicon esculentum*), cuyas especies silvestres han aportado genes de resistencia a enfermedades fungosas (*L. hirsutum*, *L. pimpinellifolium*) y virales (*L. chilense*, *L. peruvianum*), y a nematodos (*L. peruvianum*) e insectos (*L. hirsutum*). *L. chmielewskii* y *L. cheesmanii* han servido para mejorar la calidad del fruto y la adaptación a diferentes ambientes, respectivamente. A través de la introgresión también se han mejorado otros cultivos como el trigo, el maíz, la alfalfa, el arroz, la yuca y el sorgo. La incorporación consiste en mejorar poblaciones localmente adaptadas con genes de especies silvestres. En tanto trabaja con poblaciones, amplía la base genética de las especies. Ejemplos de mejoramiento por incorporación son la adaptación de germoplasma tropical de maíz al clima templado del sur de los Estados Unidos, y la ampliación de la base genética de la especie europea *Solanum tuberosum* con germoplasma suramericano de *Solanum andigenum* (9).

3.1.5.2 POLINIZACIÓN DE PLANTAS EN MAÍZ

3.1.5.2.1 ETAPA DE POLINIZACION

El polen derramado por las flores masculinas y conducido por el viento, se deposita sobre los estilos. Estos son receptivos a todo su largo, y por ser de carácter mucilaginoso (húmedos y pegajosos), permiten la adherencia y germinación del polen. Cada estilo puede ser colonizado por varios granos de polen, pero sólo uno de ellos, luego de germinar, penetrará al interior a través de su tubo polínico; éste se elonga hasta alcanzar al óvulo y fecundarlo.

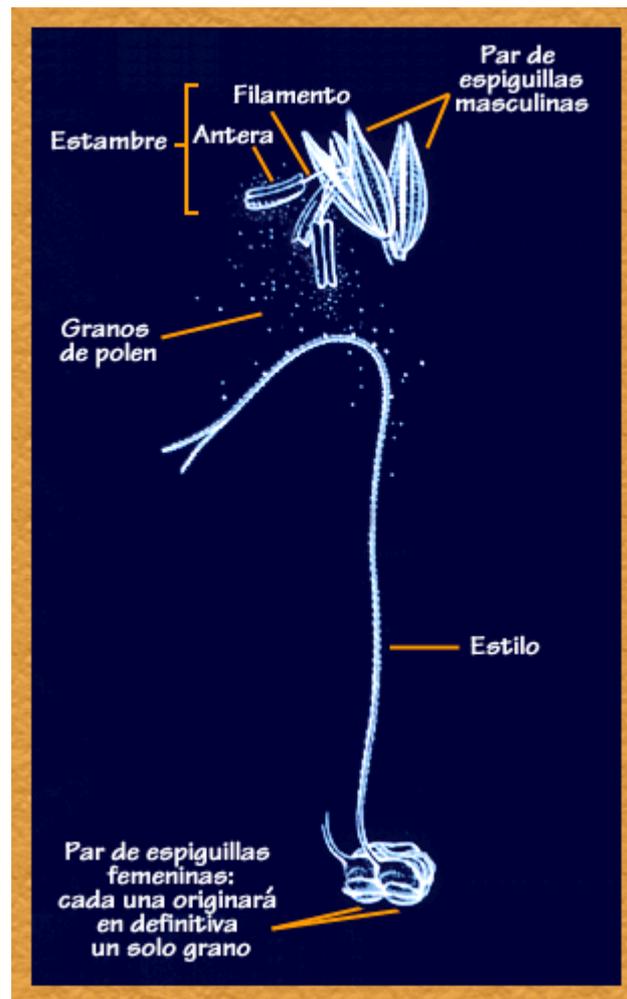


Figura 2. Proceso de polinización fecundación (9).

La germinación de un grano de polen ocurre, en promedio, pocos minutos después de que entra en contacto con el estilo. Por otra parte, desde que se produce la germinación del polen y hasta el momento de la fecundación, transcurren entre 12 y 24 horas (9).

La liberación de polen comienza normalmente en las espiguillas de la mitad superior de la espiga central de la panoja en la figura anterior, y termina en el

extremo apical de las espigas laterales más bajas; en cada planta, la etapa de liberación de polen puede durar entre 7 y 10 días.



Figura 3. Comienzo de la liberación de polen en la espiga central de la panoja (9).

El máximo derramamiento de polen en una planta se produce 3 a 4 días después de ocurrida la antésis en las primeras flores. Bajo condiciones favorables, un grano de polen permanece viable entre 18 y 24 horas (9).

En una mazorca, los primeros estilos que aparecen a través de las brácteas u hojas envolventes son los de la base; la aparición de los estilos en una planta comienza 1 a 2 días después que ha comenzado la liberación del polen por parte de las flores masculinas. Cada mazorca requiere un promedio de 4 a 5 días para

completar la emisión de sus estilos; éstos, a su vez, pueden lograr un crecimiento diario de 2,5 a 3,0 cm (9).

A pesar que la cantidad de polen producido por las plantas es más que suficiente para la cantidad de óvulos a fecundar, es frecuente que ocurran fallas en la producción de granos, especialmente en la parte apical de las mazorcas. En este sentido, deficiencias hídricas y factores genéticos o ambientales pueden ser causas comunes por las cuales se presenten problemas en la polinización. Así, ante condiciones secas y calurosas, o de déficit hídrico, los estilos pueden deshidratarse a tal nivel, que su contenido de humedad se haga insuficiente para la germinación del polen y/o para el crecimiento de su tubo polínico (9).

Dentro de un cultivo, por otra parte, las plantas no logran una suficiente homogeneidad, iniciando su emisión de estilos en un período que normalmente se prolonga por 10 días o más. En este sentido, las mazorcas que inician tardíamente su emisión de estilos pueden ver significativamente afectada su polinización (9).

Durante el período de polinización y emisión de estilos se alcanza el completo desarrollo de las raíces adventicias y el máximo crecimiento del sistema de raíces principales.

3.1.6 CONCEPTOS DE LOS CULTIVOS EN ASOCIO

En la actualidad se mencionan varios vocablos para referirse a la siembra de cultivos en el mismo terreno, entre los que tenemos: policultivo, cultivos mixtos, o bien cultivos en asocio. Independientemente de la variabilidad de nombres, se

denominarán cultivos en asocio y se definirá como: la distribución espacial en que se encuentran dos o más cultivos simultáneamente en una misma área de terreno (16).

De acuerdo con Lépiz (6), se define como siembras asociadas al ecosistema agrícola donde participan en tiempo y espacio dos o más especies de plantas, tratándose generalmente de una gramínea y una leguminosa.

3.1.6.1 ARREGLOS ESPACIALES

Son distribuciones de especies agrícolas en el espacio, es decir, en un terreno de cultivo. Estos arreglos pueden incluir una, dos o más especies (26) .

3.1.6.2 ARREGLOS ESPACIALES EN CULTIVOS ASOCIADOS

Es aquel en el que el cultivo se encuentra sembrado entre hileras intercaladas con otro cultivo, con el fin de utilizar el espacio y los nutrientes disponibles, que de otra forma serían utilizados por malas hierbas. Además el cultivo intercalado sirve como cobertura, minimiza el crecimiento de las malezas, previene el lavado del suelo y la propagación de enfermedades, mejora la condición del suelo y proporciona ingresos adicionales (26).

3.1.6.3 ORIGEN DE LAS ASOCIACIONES DE CULTIVOS EN EL PAÍS:

Se dice que el sistema de sembrar en asocio en Guatemala se ha venido desarrollando desde el tiempo de los Mayas, sin embargo no existe una prueba fidedigna de que cultivaran varios cultivos en el mismo terreno y al mismo tiempo (16).

Varios autores mencionan que los mayas cultivaban especies arbóreas con otros cultivos anuales para su consumo y también sembraban únicamente maíz-frijol (16).

Puleston et al (26) dice: “ los Mayas clásicos hicieron cultivos permanentes múltiples con géneros arbóreos o mayores, de plantas asociadas entre si y con el área de vivienda humana”. Dichos autores consideran que era imposible que una cultura tan avanzada, subsistiera sólo con la agricultura de roza, aduciendo que debido a la frecuencia de concentración del ramón

(*Brosimum alicastrum*) en el Petén , este pudo ser utilizado como alimento, por poseer buenas propiedades como lo es una alta producción de semilla que es rica en proteína y que al ser asociada con otros géneros y especies de importancia agrosocioeconómica (maíz, frijol) se podría tener una dieta balanceada .

Girard (13) también menciona que los mayas cultivaban el ramón intercalado con el maíz, por encontrarse sembrado en grandes extensiones en el Petén.

Otra causa probable por la que los Mayas sembraban en asocio, era porque habilitar las tierras consistiría en un trabajo bastante laborioso por los utensilios rudimentarios de trabajo que poseían, lo que les hacía difícil sembrar grandes extensiones, entonces al sembrar varios cultivos se ahorraban trabajo y aprovechaban en mejor forma el terreno, pudiendo dedicarse al mismo tiempo a otras faenas, tal el caso de la artesanía y la construcción de templos (16).

Bazán (3) al respecto dice que los Mayas e Incas cultivaban maíz y frijol en asociación, así como otros cultivos y que estas prácticas se conservan en la actualidad en diversas regiones. Se puede suponer que este sistema tradicional de cultivo, durante la colonia fue conservado por los nativos al tener que trabajar las tierras proporcionadas por la Corona para obtener un sustento y pagar los tributos establecidos por la misma, al mismo tiempo que era necesario que realizaran trabajos en las haciendas de los españoles, obligándolos en un momento dado a

tener que abandonar sus tierras. Como consecuencia, para obtener la alimentación básica para la familia, era más adecuado sembrar varios cultivos para aprovechar en una mejor forma el año agrícola.

Los sistemas de asociación requieren de un constante empleo de mano de obra. Dada la tasa de crecimiento demográfico de nuestro país y la paralización de demanda de mano de obra por parte de sectores ya industrializados o tecnificados, la oportunidad de empleo con respecto a los incrementos poblacionales es muy bajo o inexistente, por lo que el sistema agrícola debe ser acondicionado de manera que permita la ocupación de la mano de obra ya excedente (22).

Por otro lado los sistemas asociados son un buen recurso para el mejor aprovechamiento de las variaciones de medio ambiente. En Centroamérica son un buen recurso para el mejor aprovechamiento de la mayor radiación solar, al tener dichos sistemas su actividad en diversos estratos foliares perfectamente definidos (14).

El estudio de los sistemas asociados de producción ha venido cobrando importancia, sobre el particular Lépiz (20) indica que está perfectamente establecido que una mezcla de genotipos lleva ventajas bajo un medio variable y en cuanto a la eficiencia fotosintética, esta puede ser mayor en la asociación de cultivos, sobre todo cuando se siembran variedades de frijol no enredadoras, que toman un estrato foliar inferior en altura al del maíz. Indica por otra parte y de acuerdo con Rappaport citado por el mismo autor dice que el ecosistema en cuestión ofrece menos fragilidad y una mayor estabilidad que la de un cultivo solo, puesto que frena en cierto grado la multiplicación de insectos específicos y tiene un mejor aprovechamiento de las variaciones de hábitat.

Otra consideración importante al respecto, es la que hace Church (7) al indicar que los nuevos sistemas de cultivos múltiples, representan un aumento en nuestra capacidad tecnológica disponible para realizar las metas sociales que se desean alcanzar.

3.1.7 IMPORTANCIA DE LOS CULTIVOS EN ASOCIO

La mayoría de medianos y pequeños agricultores de América Latina tienen como característica común una disponibilidad escasa de recursos económicos. Para poder realizar sus actividades agrícolas procuran prácticas de sistemas que minimicen sus inversiones. Mancini y Castillo citado por Hernández (14), evaluando sistemas comunes en la sabana de Bogotá, Cundinamarca y otros lugares de Colombia, encontraron que utilizando el método tradicional de sembrar el maíz y frijol en el mismo sitio, fue más económico en gastos de deshierba y de mayor rendimiento en semilla que los demás sistemas evaluados. Los mismos autores realizaron en 1957 algunos ensayos de rendimiento con variedades de frijol de enredadera asociado con maíz, concluyen que los rendimientos de maíz nunca llegan realmente a ser bajos, y lo más importante es que el rendimiento de frijol sea más alto, ya que el precio de este es dos a tres veces más que el maíz.

Dependiendo de las condiciones ecológicas, los rendimientos que se logran en sistemas de asociación difieren unos de otros. Se ha citado con frecuencia, que al asociar frijol de mata con maíz, los rendimientos de frijol se han reducido considerablemente. El rendimiento de maíz en grano de la asociación ha sido menor que el logrado por maíz solo (14).

Contrario el reporte general, Moreno citado por Hernández (14), menciona que el rendimiento en grano de frijol de guía asociado con maíz fue superior al rendimiento en sistemas de monocultivo. El programa de Agronomía de Frijol del Centro Internacional de la Agricultura Tropical informa que cuando sembró una hectárea de maíz sólo con una población de 44,400 plantas, se obtuvo un rendimiento de 3,767 kg, pero al sembrar la misma superficie sin variar la población de maíz asociado con 222,000 plantas de frijol, el rendimiento de maíz se incrementó a 4,239 Kg., y se obtuvo además un rendimiento promedio de frijol de 1009 Kg. Lo anterior haría suponer la posibilidad de aumentar los rendimientos de maíz como los del frijol, aún bajo condiciones de asociación.

En relación a otras de las ventajas que ofrecen los sistemas asociados de cultivos bajo un buen manejo, existen también coincidencias. Linton citado por Lépiz (20), al estudiar en Chapingo, México, la asociación de cultivos maíz-frijol bajo una densidad de población de 20,000 plantas de maíz y 20,000 de frijol por ha. Observó que al sumar las ganancias netas por ha. Por cultivo en la asociación resultaron ser mayores a la de las siembras solas. Agrega el mismo autor (20), que estas conclusiones fueron comprobadas por Romero también en Champingo, al establecer un ensayo de asociación entre una variedad de maíz y seis variedades de frijol de guía con una densidad de población de 30,000 para ambos cultivos.

En Guatemala, García y Molina (12) encontraron en un estudio para determinar la densidad de siembra óptima en la asociación maíz-frijol (indeterminado) bajo las condiciones de Chimaltenango, que la asociación fue significativamente superior a los cultivos solos de maíz y frijol en lo que ha ingresos

brutos se refiere, habiéndose logrado el máximo ingreso cuando la asociación incluía 34,280 y 23,250 plantas de maíz y frijol por hectárea respectivamente.

3.1.8 MAÍZ EN ASOCIO CON FRIJOL

3.1.8.1 TECNOLOGÍA Inserción de leguminosas en sistemas de cultivos maíz y frijol de secano (23).

3.1.8.2 VENTAJAS

- Disminución de la erosión del suelo.
- Mayor conservación de agua en el suelo.
- Mejoría de la fertilidad del suelo.
- Uniformidad en la profundidad de siembra.
- Contribuye al cambio de la labranza. De tradicional hacía conservacionista.
- Promueve la fertilización orgánica. (23).

3.1.8.3 IMPACTO

La inserción de leguminosas en el sistema de cultivos maíz y frijol ha permitido:

- a) Demostrar que el asocio maíz con leguminosas es benéfico en cuanto a que no reduce los rendimientos del maíz y retiene el suelo y agua dentro de la misma parcela.
- b) Demostrar y cuantificar el efecto positivo de las leguminosas y rastrojos del maíz (como mulch) sobre los rendimientos de frijol de postrema. (29)

3.1.8.4 POBLACIÓN META

Esta tecnología ha sido validada para condiciones agroecológicas y socioeconómicas particulares, siendo las principales características:

- Zonas donde se aplica el sistema maíz y frijol de secano.
- Zonas de laderas con precipitaciones regulares, canícula benigna de moderado riesgo de pérdida.
- La tecnología esta disponible para productores de bajos recursos económicos cuyos ingresos familiares dependen, fundamentalmente, de la actividad agrícola en tierras propias (29).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

Este experimento se realizó en el municipio de San Andrés Sajcabajá, en el departamento de El Quiché, geográficamente se localiza a una latitud de 15° 10' 31'' y una longitud de 90°56'36'' (19). Este corresponde a las Tierras Altas Sedimentarias de la Cordillera de los Cuchumatanes y a las tierras altas Cristalinas de Altiplano Occidental (Sierra de Chuacús). Se encuentra a una altitud de 1,302 metros sobre el nivel de mar (19). Está comprendido entre la zona de vida de Bosque Húmedo Subtropical templado Bhs – t, con una precipitación pluvial de 1000 – 2000 mm. anuales y una temperatura de 18 a 24 grados centígrados. (24).

La región de San Andrés Sajcabajá pertenece a lo que es la clase agrológica VII (7).

Según Simmons (28), San Andrés Sajcabajá pertenece a las serie de suelos de Chixoy y Calenté, que son suelos poco profundos, inclinados, con pendientes mayores al 50% en muchos lugares, pero las áreas de Calenté verdaderas ocupan pendientes con una inclinación menor del 25% y generalmente son aptos para producción de los cultivos limpios.

3.2.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

En el presente estudio se utilizaron dos materiales nuevos de maíz, la variedad ICTA B-1, el híbrido HB-83 y un material criollo del lugar, todos materiales de maíz blanco, además se utilizó una variedad criolla del lugar de frijol para el asocio.

3.2.3 DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL EXPERIMENTAL

3.2.3.1 ICTA B-1 (Blanco)

Las plantas del ICTA B-1 miden aproximadamente 2.16 metros de la base del tallo a la espiga. Su poca altura y buen desarrollo radicular la hacen resistente al acame; las mazorcas son bien formadas, de tipo cilíndrico con granos blancos, grandes y dentados. El porcentaje de desgrane de esta variedad, de ciclo intermedio, es alto. Estas características contribuyen a que su rendimiento sea más estable a las variables condiciones de lluvia y tipos de suelos en las regiones de Guatemala inferiores a los 1000 metros (3000 pies) sobre el nivel del mar. Su rendimiento demostrado comercialmente excede los 62 quintales por manzana. El método de mejoramiento que se practica en esta variedad permite modificar las características de la planta, a la vez que se aumenta el rendimiento en cada ciclo de selección. Así en la semilla actualmente en producción comercial, algunas características importantes como la cobertura de la mazorca, se ha mejorado notablemente y puede confiarse que futuros ciclos de selección ofrezcan aún mayor potencial de rendimiento y que el tipo de planta sea cada vez más eficiente (17).

3.2.3.2 HB –83 (Blanco)

Es un híbrido desarrollado por el ICTA y recomendado para la zona baja entre 1000 y 1500 metros sobre el nivel del mar, su rendimiento promedio bajo buenas condiciones es de 73 quintales por manzana y su ciclo a cosecha es de 120 días. La planta de este híbrido alcanza una altura de de 2.20 metros y la posición de la mazorca a 1.20 metros, sumado con su desarrollo radicular le hace resistir fuertes vientos. El color del grano es blanco sedimentado (17).

3.2.3.3 Material Criollo de Maíz :

Es material que se ha formado en la zona, producto de la libre polinización a través de los años y que el agricultor acostumbra seguir sembrando y seleccionando (18).

3.2.3.4 Material Criollo de Frijol:

El que se utilizó para el asocio con maíz, es frijol de surco que los agricultores siembran cada año en esta zona y seleccionan la semilla.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL:

- Evaluación agro económica de los materiales mejorados de maíz en asocio y monocultivo en comparación con los materiales tradicionales de región de San Andrés Sajcabajá , El Quiché.

4.2 ESPECIFICOS:

- Determinar cual de los materiales de maíz en asocio y monocultivo tiene un mejor rendimiento en la región de San Andrés Sajcabajá.
- Determinar cual de los materiales de maíz evaluados es económicamente más rentable.

5. HIPÓTESIS

Al menos uno de los materiales de maíz presentará diferencias en cuanto a rendimiento.

Al menos uno de los materiales de maíz evaluados presentará diferencias en cuanto a rentabilidad.

6. METODOLOGÍA

6.1 DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS

Dentro de la conceptualización del trabajo se establecieron dos factores. El primero lo integran los materiales de maíz. El segundo factor lo conforma la asociación con frijol. El experimento consta de seis tratamientos y cuatro repeticiones.

CUADRO 1. Descripción de los tratamientos evaluados en el Cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

TRATAMIENTOS	MATERIALES DE MAÍZ	ASOCIACIÓN
1	ICTA B –1	ASOCIO
2	HB – 83	ASOCIO
3	CRIOLLO	ASOCIO
4	ICTA B –1	MONOCULTIVO
5	HB – 83	MONOCULTIVO
6	CRIOLLO	MONOCULTIVO

Ver croquis en Apéndice.

6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se usó el diseño Bifactorial en Bloques completamente al azar, debido a que teníamos un terreno inclinado, el experimento tuvo un área total de 556.8 metros cuadrados, el cual estuvo dividido por 24 unidades experimentales de 3.6 x 4.5 metros, o sea 16.2 metros cuadrados, dejando 1 metro de calle entre cada parcela. (Ver croquis en Apéndice).

Se sembraron 5 surcos de maíz en cada parcela a una distancia de 0.9 metros y 0.5 metros entre cada planta y se sembraron 4 surcos de frijol a 0.9 metros

entre surcos y 0.20 metros entre planta, esto para las parcelas con asocio. (Ver croquis en Apéndice).

Para las parcelas sin asocio, se sembraron 5 surcos de maíz a una distancia de 0.9 metros y 0.5 metros entre planta. (Ver croquis en Apéndice).

6.2.1 MODELO ESTADÍSTICO

$$Y_{ijk} = u + A_i + B_j + AB_{ij} + B_k + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta asociada a la ijk -ésima unidad experimental.

u = Efecto de la media general.

A_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor " A " (Asociación)

B_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor " B " (Materiales de Maíz)

AB_{ij} = Interacción del i -ésimo nivel del factor "A" con el j -ésimo nivel del factor B

B_k = Efecto del k -ésimo bloque.

E_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk -ésima unidad experimental.

6.3 VARIABLES RESPUESTA

6.3.1 Altura de la planta: Se determinó la distancia en centímetros del eje principal, desde el punto de inserción de las raíces hasta la base de la espiga.

6.3.2 Número de mazorcas por planta: Se contaron en las plantas muestreadas, las mazorcas que tenían formado el 50 % de granos.

6.3.3 Peso de la mazorca : Se pesaron todas las mazorcas por cada tratamiento.

6.3.4 Número de filas por mazorca : Se contaron todas las filas de las mazorcas por cada tratamiento.

6.3.5 Numero de granos por fila : Se contaron todos los granos de una fila de las mazorcas por cada tratamiento.

6.3.6 Peso de 100 granos : Se desgranaron 100 granos y se pesaron por cada tratamiento.

6.3.6 Rendimiento de grano : Se calculó en Kilogramos por hectárea, por cada tratamiento.

6.4 ASOCIACIÓN

La asociación que se utilizó es maíz y frijol, y se evaluaron los tres materiales en asocio con frijol y los tres materiales en monocultivo.

6.4.1 VARIABLES RESPUESTA

Las mismas variables detalladas anteriormente en los materiales de maíz, solo que en asocio con frijol y en monocultivo.

6.5 LA INTERACCIÓN

6.5.1 VARIABLES RESPUESTA

Las mismas variables detalladas anteriormente en los materiales de maíz y la asociación.

6.6 MANEJO DEL CULTIVO

Se hizo de la forma que lo hacen los agricultores de la región.

6.6.1 ÉPOCA DE SIEMBRA

La siembra se hizo al estar establecido el invierno, en el mes de junio.

6.6.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO

Se hizo una limpia o chapeo del terreno, luego se le dio vuelta a la tierra manualmente con azadón y luego se realizaron los surcos de acuerdo al diseño experimental que se utilizó.

6.6.3 SIEMBRA

Se hizo a 0.9 metros entre cada surco y 0.5 metros entre planta de maíz, a 0.9 metros entre cada surco de frijol y 0.20 metros entre planta.

6.6.4 CONTROL DE MALEZAS

Esta se hizo manualmente según lo fuera necesitando el cultivo, se realizaron dos limpias, una a los 18 días de la siembra, y la segunda a los 20 días de la primera.

6.6.5 FERTILIZACIÓN

Se hicieron dos fertilizaciones, una a los 20 días de la siembra con el fertilizante 20-20-0 y la otra a los 30 días después con el fertilizante 20-20-0 en maíz con asocio y en monocultivo.

6.6.6 CONTROL DE PLAGAS

No fue necesario hacer aplicaciones de Volatón granulado al 2.5 % para plagas del suelo.

Para plagas del follaje, cogollero (*Spodoptera frugiperda*) medidor, barrenador se hicieron aplicaciones de Tambo, dos octavos por cuerda, 16 octavos por hectárea en los seis tratamientos.

6.6.7 COSECHA

Esta se hizo a los 130 días que es el tiempo que se requiere en maíz y a los 80 días que es el tiempo para la cosecha de frijol.

6.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.7.1 MATERIALES DE MAÍZ:

Se realizó un Análisis de Varianza. (ANDEVA) para las variables respuesta siguientes:

- Número de mazorcas por planta.
- Altura de la planta
- Peso de la mazorca
- Número de filas por mazorca.
- Número de granos por fila.
- Peso de 100 granos.
- Rendimiento en Kg/ha

6.7.2 ASOCIACIÓN

Se realizó un Análisis de Varianza. (ANDEVA) para las variables respuesta siguientes:

- Número de mazorcas por planta.
- Altura de la planta
- Peso de la mazorca
- Número de filas por mazorca.
- Número de granos por fila.
- Peso de 100 granos.
- Rendimiento en Kg/ha

6.7.3 INTERACCIÓN

Se realizó un Análisis de Varianza de los Materiales de Maíz con el de la Asociación con las mismas variables mencionadas anteriormente en el análisis de la Asociación.

6.8 ANÁLISIS ECONÓMICO

Se realizó un análisis económico a la investigación en el cual se calcularon los costos directos, (sumatoria de mano de obra más insumos), los costos indirectos, los costos totales (sumatoria de los costos directos y costos indirectos). Se calculó el ingreso bruto, que es (producto total x precio del producto), el ingreso neto que es (ingreso bruto – costo total), para calcular la rentabilidad se usó la siguiente formula:

$$R = \frac{\text{Ingreso Neto} \times 100}{\text{Costo total}}$$

Se hizo un análisis de tasa marginal de retorno (TMR), realizando presupuesto parcial , análisis de dominancia, para saber cual tratamiento será el más adecuado y recomendable según el beneficio Neto y tasa marginal de retorno que presente.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES EVALUADAS

A. Altura de la Planta

CUADRO 2. Datos de la variable altura de la planta en metros por tratamiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

TRAT/REPETICION	I	II	III	IV
ICTA-B1 Asocio	1.61	1.6	1.98	1.98
HB-83 Asocio	2.18	1.6	1.83	2.15
Criollo Asocio	2.35	1.94	1.85	1.82
ICTA-B1 Monocultivo	1.68	1.96	1.65	1.93
HB-83 Monocultivo	2.09	1.84	2.03	1.97
Criollo Monocultivo	2.02	1.77	1.98	1.96

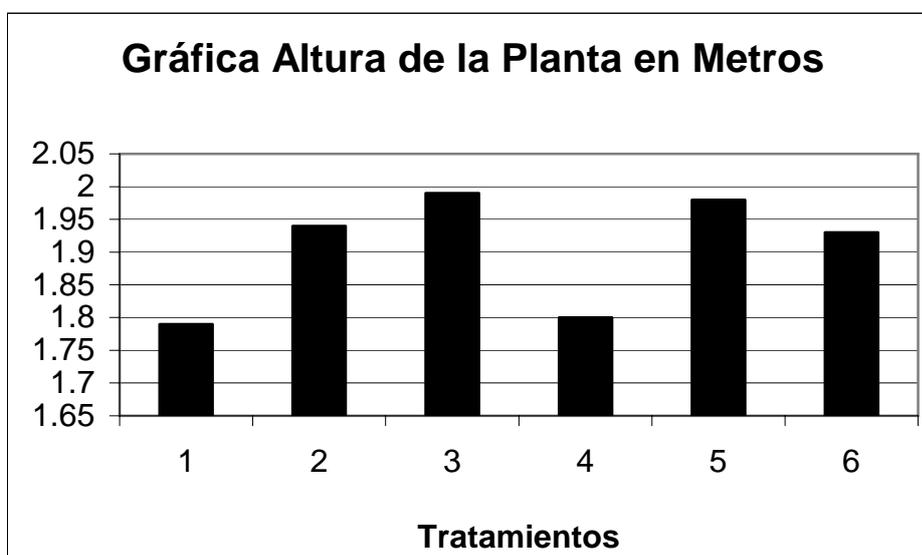


Figura 4.

En la gráfica podemos observar que el tratamiento 3 correspondiente al criollo en asocio es el que presenta una mayor altura, que lo cual es de desventaja para este material ya que el tallo es muy delgado y las raíces están muy

superficiales, poco profundas, lo cual lo hace poco resistente al viento, provocando que se caiga la planta, en cambio el tratamiento 5 correspondiente al Híbrido HB-83, es el segundo en altura, con una diferencia mínima, tiene la ventaja de que el tallo es más grueso y las raíces están más profundas lo que hace que esta planta si resista cuando hay viento.

Cuadro 3. Resumen de Análisis de Varianza de la Altura de la Planta en metros del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

F.V	GL	SC	CM	FC	FT (0.05)
BLOQUES	3	0.12			
TRATAMIENTOS	5	0.25			
A (Asociación)	1	0.01	0.01	0.33	4.54 n.s
B (Materiales Maíz)	2	0.19	0.095	3.16	3.68 n.s
AB	2	0.05	0.025	0.83	3.68 n.s
ERROR EXP.	15	0.55	0.03		
TOTAL	23	0.99			

n.s = no significativo. ** = significativo

CV = 9.16 %

En el cuadro 3, del resumen de análisis de varianza, se observa que no existen diferencias significativas entre los tres materiales evaluados, en asocio y monocultivo, ni en la interacción entre los dos factores en cuanto a la variable altura de la planta de los seis tratamientos.

B. Número de Mazorcas

CUADRO 4. Datos de la variable Número de mazorcas por tratamiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

TRAT/REPETICION	I	II	III	IV
ICTA-B1 Asocio	57	54	62	67
HB-83 Asocio	83	26	81	74
Criollo Asocio	66	69	48	50
ICTA-B1 Monocultivo	58	54	42	59
HB-83 Monocultivo	71	75	67	70
Criollo Monocultivo	50	51	49	62

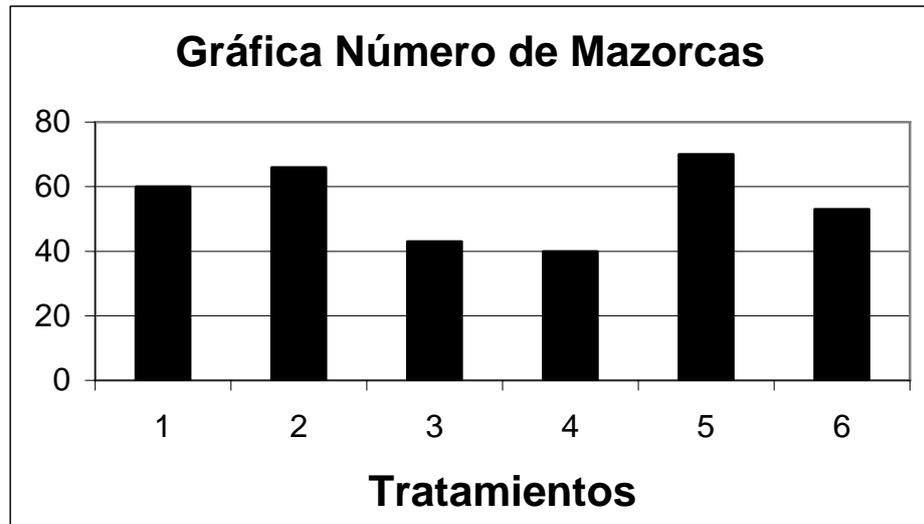


Figura 5.

En la gráfica se presenta el número de mazorcas por tratamiento en el cual vemos que el tratamiento 2 y 5, híbrido HB-83 en asocio y monocultivo respectivamente son los que presentan el mayor número, siguiéndole el tratamiento 1, ICTA B1 en asocio y criollo en monocultivo, tratamiento 6.

Cuadro 5. Resumen de Análisis de Varianza Número de Mazorcas por tratamiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

F.V	GL	SC	CM	FC	FT (0.05)
BLOQUES	3	364.12			
TRATAMIENTOS	5	995.71	199.14		
A	1	35.04	35.04	0.20	4.54 n.s
B	2	804.33	402.16	2.33	3.68 n.s
AB	2	156.34	78.17	0.42	3.68 n.s
ERROR EXP.	15	2586.13	172.40		
TOTAL	23	3945.96			

n.s = no significativo ** = significativo

Coeficiente de Variación C.V = 21.81 %

En el cuadro 5, del resumen de análisis de varianza, se observa que no existen diferencias significativas entre los tres materiales evaluados, en asocio y monocultivo, ni en la interacción entre los dos factores en cuanto a la variable número de mazorcas de los seis tratamientos.

C. Peso de la Mazorca

CUADRO 6. Datos de la variable peso de la mazorca en Kg/ha por tratamiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

TRAT/REPETICION	I	II	III	IV
ICTA-B1 Asocio	3082.71	3587.16	4203.70	4596.04
HB-83 Asocio	6165.43	1681.48	4237.33	5638.56
Criollo Asocio	3082.71	2555.85	2522.22	2354.07
ICTA-B1 Monocultivo	2836.09	4237.33	2802.46	4203.70
HB-83 Monocultivo	5997.28	5436.78	4764.19	4797.82
Criollo Monocultivo	2522.22	3194.81	2522.22	3396.59

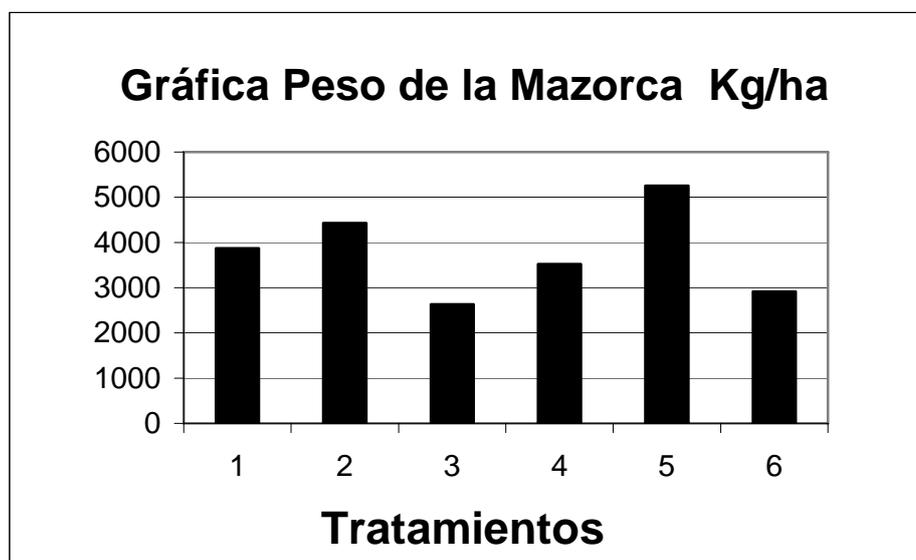


Figura 6.

En la gráfica se presenta el peso de la mazorca en Kg/ha, en la cual se observa que los tratamientos 5 y 2, híbrido HB-83 en monocultivo y asocio respectivamente, son los que presentan un mayor peso, seguido de los tratamientos

1 y 4, ICTA B-1 en asocio y monocultivo respectivamente , quedando con el menor peso los tratamientos 3 y 6, material criollo en asocio y monocultivo.

CUADRO 7. Resumen de Análisis de Varianza para el Peso de la Mazorca por tratamiento del cultivo de maíz (*Zea mays*) evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

F.V	GL	SC	CM	FC	FT (0.05)
BLOQUES	3	27.39			
TRATAMIENTOS	5	241.41	48.28		
A	1	4.79	4.79	0.37	4.54 n.s
B	2	219.28	109.64	8.51	3.68 **
AB	2	17.34	8.67	0.67	3.68 n.s
ERROR EXP.	15	193.09	12.87		
TOTAL	23	461.89			

n.s = no significativo ** = significativo

Coefficiente de Variación C.V = 26.69 %

Debido a que existió diferencia significativa entre las tres variedades, se realizó una comparación múltiple de medias con el comparador de Tukey, que se detalla en el cuadro 8.

CUADRO 8. Comparación múltiple de medias para la variable peso de mazorca en kg/ha por tratamiento evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

MATERIAL DE MAÍZ	MEDIA	GRUPO TUKEY
HB-83	4839.86	A
ICTA –B1	3693.65	B
CRIOLLO	2768.83	C

Al comparar las medias de peso de la mazorca de los materiales de maíz en kg /ha. a través de la de la prueba de Tukey (alfa = 0.05), se observa el mayor peso de la mazorca en el material de maíz, el híbrido HB –83, con una media de 4839.86 Kg/ha, siguiéndole el material de maíz ICTA-B1, lo cual nos indica que los materiales introducidos en la región tienen un mayor peso de la mazorca en cuanto al material criollo de la región.

D. Peso de 100 Granos

CUADRO 9. Datos de la variable peso de 100 granos en gramos por tratamiento del cultivo del maíz (*Zea mays*) en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

TRAT/REPETICION	I	II	III	IV
ICTA-B1 Asocio	55.3	34.4	33.7	30.3
HB-83 Asocio	38	30.3	32.5	45.4
Criollo Asocio	37.2	35.6	27.8	24.9
ICTA-B1 Monocultivo	35.9	35.1	35.9	33.3
HB-83 Monocultivo	34.1	36.9	35.5	30
Criollo Monocultivo	32.3	27.4	33.3	35.2

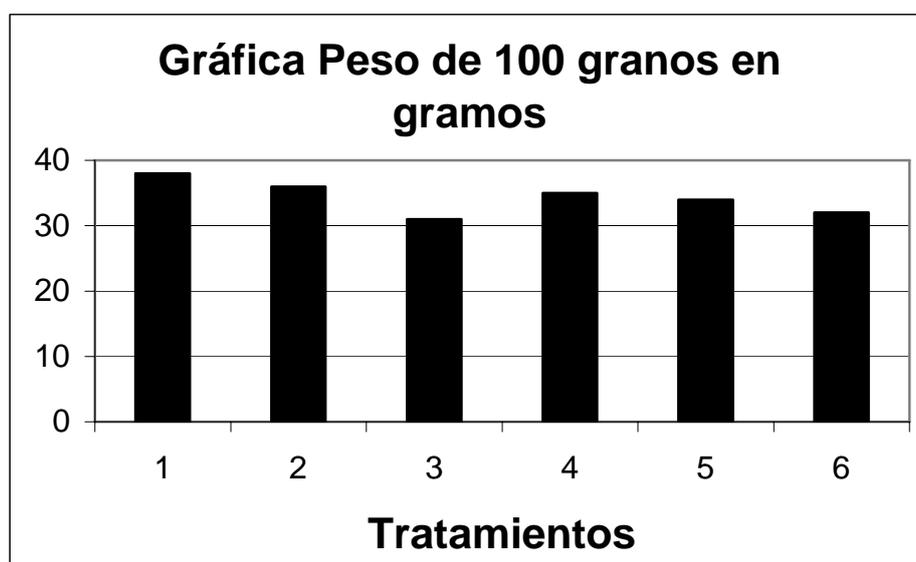


Figura 7.

En la gráfica se presenta el peso de 100 granos en gramos, podemos ver que todos los tratamientos están dentro de un rango de 30 a 40 gramos, el tratamiento 1, ICTA B-1 en asocio es el que tiene un mayor peso, pero comparado con el tratamiento 4, ICTA B-1 en monocultivo la diferencia es mínima están parejos, lo mismo sucede con los tratamientos 2 y 5, híbrido HB-83 en asocio y monocultivo que son los que siguen en cuanto a peso y lo mismo con el material criollo en asocio y monocultivo.

Cuadro 10. Resumen de Análisis de Varianza del Peso de 100 granos en gramos por tratamiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabjá, El Quiché.

F.V	GL	SC	CM	FC	FT (0.05)
BLOQUES	3	141.48			
TRATAMIENTOS	5	143.05	28.61		
A	1	17.51	17.51	0.47	4.54 n.s
B	2	107.6	53.8	1.45	3.68 n.s
AB	2	17.94	8.97	0.24	3.68 n.s
ERROR EXP.	15	554.5	36.97		
TOTAL	23	839.03			

n.s = no significativo ** = significativo

Coefficiente de Variación C.V = 17.57 %

En el cuadro 10, del resumen de análisis de varianza, se observa que no existen diferencias significativas entre los tres materiales evaluados, en asocio y monocultivo, ni en la interacción entre los dos factores en cuanto a la variable peso de 100 granos en gramos de los seis tratamientos.

E. Número de Filas por Mazorca

En el cuadro 11, podemos observar los datos de la variable número de filas de la mazorca por tratamiento, en e

l cual vemos que el ICTA-B1 es el que presenta el mayor número de filas por mazorca, tanto en asocio como en monocultivo, siguiéndole el material de maíz HB-83.

CUADRO 11. Datos de la variable número de filas por mazorca por tratamiento para el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché

TRAT/REPETICION	I	II	III	IV
ICTA-B1 Asocio	14.83	14.88	14.55	15.05
HB-83 Asocio	14.53	11.47	13.72	14.72
Criollo Asocio	10.61	10.66	11.25	10.77
ICTA-B1 Monocultivo	14.16	14.38	14.27	15.33
HB-83 Monocultivo	13.83	13.72	14.22	14.44
Criollo Monocultivo	11.05	10.69	10.66	11.11

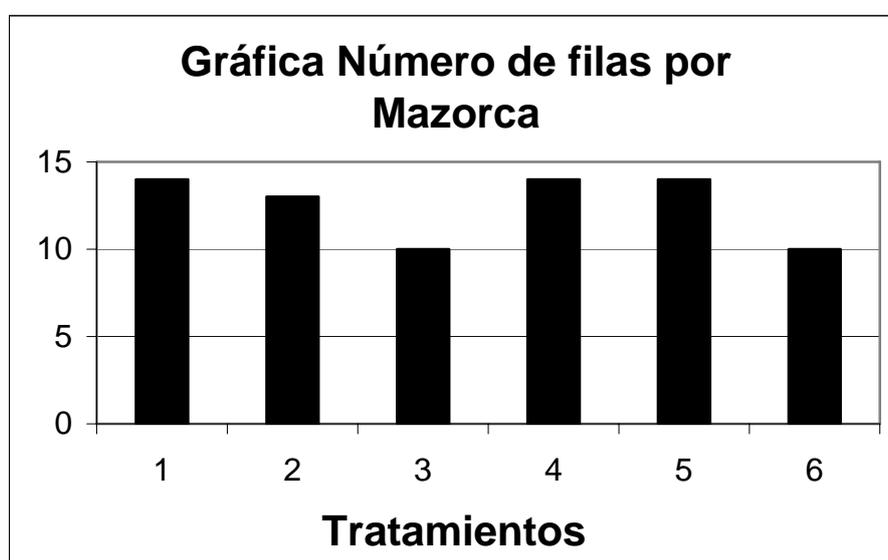


Figura 8.

En la gráfica se presenta el número de filas por mazorca en la cual podemos observar que los tratamientos 1, 4, 2, y 5, ICTA B-1, en asocio y monocultivo respectivamente, HB-83 en asocio y monocultivo respectivamente son casi iguales, tienen un similar número de filas por mazorca, diferenciándose del material criollo que presenta un menor número de filas por mazorca.

Cuadro 12. Resumen de Análisis de Varianza del Número de Filas por mazorca por tratamiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabjá, El Quiché.

F.V	GL	SC	CM	FC	FT (0.05)
BLOQUES	3	2.66			
TRATAMIENTOS	5	65.50	13.1		
A	1	0.03	0.03	0.07	4.54 n.s
B	2	64.94	32.47	85.44	3.68 *
AB	2	0.53	0.26	0.68	3.68 n.s
ERROR EXP.	15	5.76	0.38		
TOTAL	23	73.92			

n.s = no significativo * = significativo

Coefficiente de Variación C.V = 4.69 %

Debido a que existió diferencia significativa entre los tres materiales, se realizó una comparación múltiple de medias con el comparador de Tukey, que se detalla en el cuadro 13.

CUADRO 13. Comparación múltiple de medias para la variable Número de Filas por mazorca por tratamiento evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabjá, El Quiché.

MATERIAL MAÍZ	MEDIA	GRUPO TUKEY
V1 ICTA – B1	14.68	A
V2 HB – 83	13.83	B
Cr CRIOLLO	10.84	C

Al comparar las medias de número de filas por mazorca en los materiales de maíz a través de la de la prueba de Tukey (alfa = 0.05), se observa el mayor número de filas por mazorca en material de maíz ICTA –B1 con una media de 14.68, siguiéndole en el material de maíz HB-83 con 13.83, en este caso nos podemos dar cuenta que los materiales introducidos siguen teniendo un mejor resultado en cuanto a las variables evaluadas.

F. Número de Granos por Fila

CUADRO 14. Datos de la variable número de granos por fila por tratamiento para el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en el Cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

TRAT/REPETICIÓN	I	II	III	IV
ICTA-B1 Asocio	28	27	31	32
HB-83 Asocio	32	27	31	32
Criollo Asocio	29	28	28	29
ICTA-B1 Monocultivo	28	32	29	28
HB-83 Monocultivo	36	33	31	32
Criollo Monocultivo	30	31	28	31

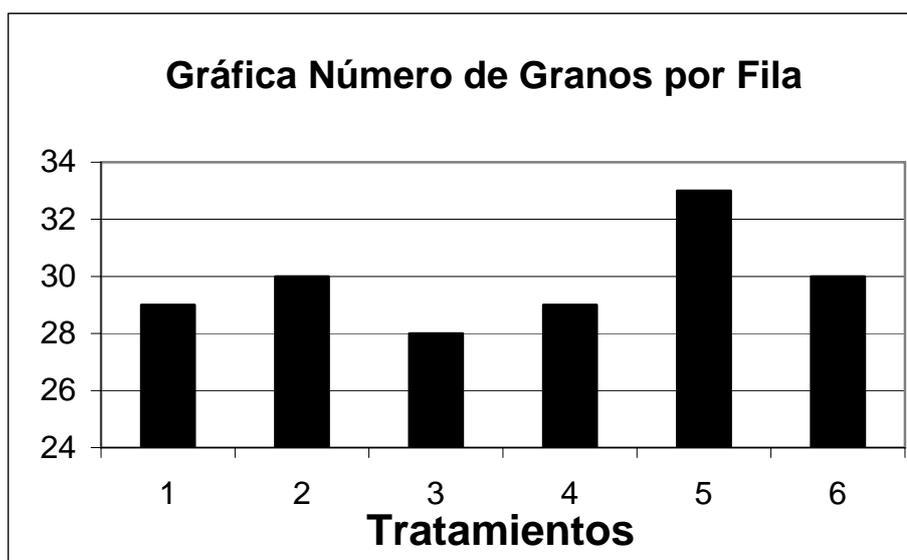


Figura 9.

En la gráfica 6 se presenta el número de granos por fila, en la cual observamos que el tratamiento 5, HB-83 en monocultivo es el que presenta un mayor número de granos, siguiéndole el tratamiento 2, HB-83 en asocio y el tratamiento 6, el material criollo en monocultivo que presentan el mismo número de granos por fila, el material ICTA B-1 tanto en asocio como en monocultivo son

iguales, teniendo con el menor número al material criollo en asocio, como nos podemos dar cuenta se viene dando la tendencia de que los materiales mejorados responden mejor que el material criollo.

Cuadro 15. Resumen de Análisis de Varianza Número de Granos por Fila por tratamiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

F.V	GL	SC	CM	FC	FT (0.05)
BLOQUES	3	5.13			
TRATAMIENTOS	5	48.88	9.77		
A	1	9.38	9.38	2.32	4.54 n.s
B	2	31.75	15.87	3.92	3.68 *
AB	2	7.75	3.87	0.95	3.68 n.s
ERROR EXP.	15	60.62	4.04		
TOTAL	23	114.63			

n.s = no significativo ** = significativo

Coeficiente de Variación C.V = 21.81 %

Debido a que existió diferencia significativa entre los tres materiales, se realizó una comparación múltiple de medias con el comparador de Tukey, que se detalla en el cuadro 16.

CUADRO 16. Comparación múltiple de medias para la variable, número de granos por fila por mazorca, por tratamiento evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

MATERIAL MAÍZ	MEDIA	GRUPO TUKEY
HB-83	31.75	A
ICTA –B1	29.37	B
CRIOLLO	29.25	C

Al comparar las medias del número de granos por fila por mazorca en los materiales de maíz, a través de la de la prueba de Tukey (alfa = 0.05), se observa el mayor número de granos por fila en el material de maíz HB –83, con una media de 31.75, siguiéndole el material ICTA-B1 con una media de 29.37, pudiéndonos dar cuenta que siguen teniendo mejores resultados los materiales de maíz introducidos.

G. Rendimiento de Grano

CUADRO 17. Datos de la variable rendimiento de granos en Kg/ha por tratamiento para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

TRAT/ REPETICION	I	II	III	IV	MEDIA
ICTA-B1 Asocio	6093	4604	4574	5790	4417.75
HB-83 Asocio	8185	1500	5796	9765	6189.25
Criollo Asocio	4660	3932	2425	2203	3320.50
ICTA-B1 Monocultivo	3864	5462	3759	4586	5265.25
HB-83 Monocultivo	6283	6697	5790	5987	6311.5

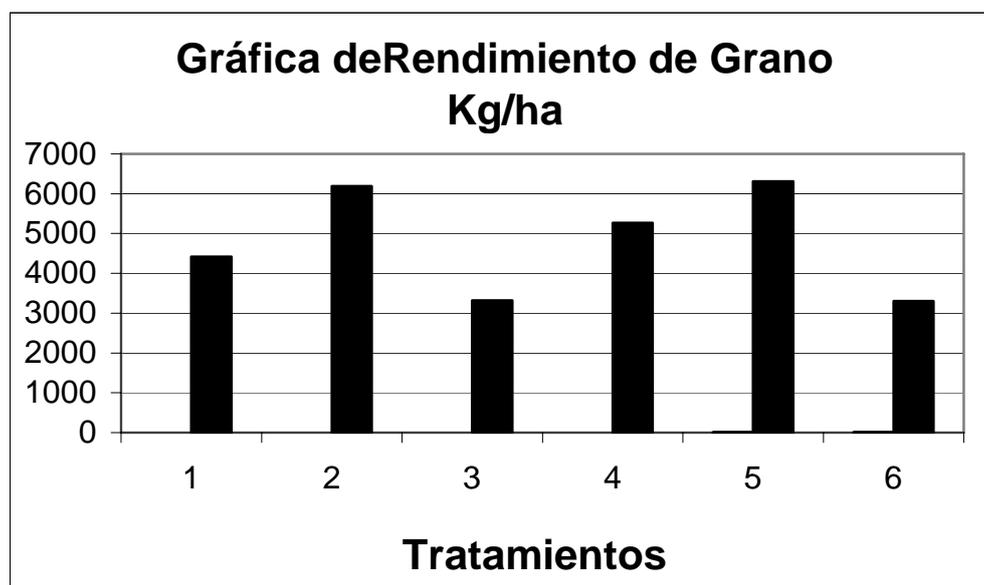


Figura 10.

En la gráfica 7 se presenta el rendimiento de grano en Kg/ha en la cual vemos que los tratamientos 2 y 5, HB-83 en asocio y monocultivo respectivamente son los que tienen el mayor rendimiento, seguido del material ICTA B-1 en asocio (T1) y en monocultivo (T4), quedando con el menor rendimiento el material criollo en asocio (T3) y en monocultivo (T6).

Cuadro 18. Resumen de Análisis de Varianza del Rendimiento en granos en Kg/ha por tratamiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

F.V	GL	SC	CM	FC	FT (0.05)
BLOQUES	3	9608433.5			
TRATAMIENTOS	5	36004605.75	7200921.15		
A	1	607062.08	607062.08	0.22	4.54 n.s
B	2	34537722.63	17268861.32	6.52	3.68 *
AB	2	859821.04	429910.52	0.16	3.68 n.s
ERROR EXP.	15	39709214.75	2647280.98		
TOTAL	23	85322254			

n.s = no significativo * = significativo

Coefficiente de Variación C.V = 4.69 %

Debido a que existió diferencia significativa entre los tres materiales, se realizó una comparación múltiple de medias con el comparador de Tukey, que se detalla en el cuadro 19.

CUADRO 19. Comparación múltiple de medias para la variable, rendimiento en granos en Kg/ha por tratamiento evaluados en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

MATERIAL MAÍZ	MEDIA	GRUPO TUKEY
HB-83	6250.37	A
ICTA –B1	4841.50	B
CRIOLLO	3312.75	C

Al comparar las medias del rendimiento en Kg/ha, de los materiales de maíz, a través de la prueba de Tukey (alfa = 0.05), se observa el mayor rendimiento en el material de maíz HB –83, con una media de 6,250.37 Kg/ha, siguiéndole el material ICTA-B1 con una media de 4841.50. Como nos podemos dar cuenta en cuanto a rendimiento los materiales introducidos tienen un mejor resultado comparado con el material criollo, viendo el resultado del material criollo fue mucho

mejor que el registrado por los agricultores, lo cual se pudo deber a que el año en que se realizó la investigación el abono bajó a mitad de precio, el que distribuyó el gobierno, se fertilizó a su tiempo y se administró la cantidad suficiente necesaria, en cambio en años anteriores los agricultores no tienen los recursos económicos suficientes, para comprar el abono en el tiempo que la planta lo necesita, sino hasta que ellos puedan comprarlo, se da el caso de que a veces solo fertilizan una vez porque no tienen recursos económicos, entonces esto viene a afectar la producción y hace que obtengan muy bajos rendimientos.

7.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD

Para establecer los tratamientos que produjeron la mayor ganancia, se hizo necesario realizar un análisis de rentabilidad, sacando costos directos, costos indirectos, ingresos brutos, ingresos netos, para cada uno de los tratamientos en evaluación, que se detalla en el cuadro 20.

CUADRO 20. Costo por hectárea del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para los diferentes tratamientos en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

TRATAMIENTOS	COSTOS DIRECTOS	COSTOS INDIRECTOS	COSTO TOTAL	INGRESO BRUTO	INGRESO NETO	RENT %
1. ICTA B-1 Aso	10180.00	800.00	10980.00	12730.00	1750.00	15.93
2. HB-83 Asocio	10375.00	800.00	11175.00	16240.00	5065.00	45.32
3. Criollo Asocio	9995.00	800.00	10795.00	10570.00	-225.00	-2.08
4. ICTA B-1 Mono	7005.00	800.00	7805.00	10440.00	2635.00	33.76
5. HB-83 Monoculti	7200.00	800.00	8000.00	12510.00	4510.00	56.37
6. Criollo Monoculti	6820.00	800.00	7620.00	6570.00	-1050.00	-13.77

Para el tratamiento del híbrido HB-83 en asocio, se obtuvo una rentabilidad de 45.32 %, lo que indica que por cada quetzal o unidad invertido se obtiene una

ganancia de Q0.45, para el tratamiento del híbrido HB-83 en monocultivo se obtuvo una rentabilidad de 56.37 % siendo la mas alta, lo cual nos indica que por cada quetzal invertido se obtiene una ganancia de Q0.56. En el caso del material criollo vemos que no es rentable ya que arroja un dato negativo, o sea que en lugar de tener ganancia, se obtienen perdidas.

CUADRO 21. Análisis de presupuestos parciales y de dominancia para todos los tratamientos en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá, El Quiché.

TRATAMIENTOS	COSTO VARIABLE (Q/ha)	INGRESO BRUTO (Q/ha)	BENEFICIO NETO (Q/ha)
Criollo Monocultivo	70	6570.00	6500.00 ND
ICTA-B1 Monocultivo	255	10440.00	10185.00 ND
HB-83 Monocultivo	450	12510.00	12060.00 ND
Criollo Asocio	3245.00	10570.00	7325.00 D
ICTA-B1 Asocio	3430.00	12730.00	9300.00 D
HB-83 Asocio	3625.00	16240.00	12615.00 ND

CUADRO 22. Tasa marginal de retorno para los tratamientos No Dominados

TRATAMIENTOS	COSTO VARIABLE	BENEFICIO NETO	CAMBIO EN CV	CAMBIO EN BN	TMR %
Criollo Monocultivo	70	6500.00			
ICTA-B1 Monocultivo	255	10185.00	185	3685.00	1991.89
HB-83 Monocultivo	450	12060.00	195	1875.00	961.53
HB-83 Asocio	3625.00	12615.00	3175.00	555.00	17.48

La tasa marginal de retorno más alta se logró mediante el uso del material de maíz ICTA B-1 en monocultivo con un 1991.89 %, lo que indica que por cada quetzal invertido, se obtiene 19.91 quetzales, siguiéndole el material de maíz HB-83 en monocultivo con un 961.53 %, lo que indica que por cada quetzal invertido, se obtienen 9.61 quetzales.

8. CONCLUSIONES

1. De los tres materiales de maíz evaluados en asocio y monocultivo, el de mejor rendimiento fue el híbrido HB-83, con 6,311.50 Kg/ha en monocultivo y 6,189.25 Kg/ha en asocio.
2. El tratamiento con mayor rentabilidad fue el correspondiente al híbrido HB-83 en monocultivo con un 56.37 % y el tratamiento correspondiente al híbrido HB-83 en asocio con 45.32 %.
3. De los tres materiales de maíz evaluados en asocio y monocultivo, el que obtuvo un mayor peso de la mazorca, mayor número de granos por fila, fue el híbrido HB-83, siguiéndole el material de maíz ICTA-B1, lo cual viene a confirmar los mejores rendimientos de los materiales introducidos en comparación con el material criollo.

9. RECOMENDACIONES

1. Para obtener rendimientos de 6311.25 Kg/ha en monocultivo y 6,189.25 Kg/ha en asocio con frijol en la región de San Andrés Sajcabajá, El Quiché se debe de utilizar el material de maíz, HB-83 el cual además de obtenerse estos rendimientos nos da una mejor rentabilidad.
2. Realizar investigaciones con nuevos materiales de maíz con características adaptables a las de este lugar para poder mejorar los rendimientos obtenidos.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Allard, RW. 1978. Principios de la mejora genética de las plantas. Barcelona, España, Omega. 498 p.
2. APROFAM (Asociación Pro-bienestar de la Familia Guatemalteca, GT). 1995. Calendario demográfico. Guatemala. s.p.
3. Bazan, R. 1976. Sistema de producción agrícola y transferencia de tecnología al pequeño agricultor. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 24 p.
4. Brauer, O. 1973. Fitogenética aplicada. México, Limusa. 518 p.
5. Brewmaker, JL. 1967. Genética agrícola. México, UTHEA 2.61 p.
6. Byerlee, D; López, P. 1994. Technical change in maize production: a global perspective. México, CIMMYT. p. 94-99.
7. Church, PE. 1974. Perspectivas económicas de nuevos sistemas de cultivos múltiples en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 23 p.
8. Dardón Cruz, OF. 1977. Características agronómicas evaluación del potencial de rendimiento de siete variedades de maíz (*Zea mays* L.) en el departamento de Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 52 p.
9. Duvic, DN. 1996. Utilization of biotechnology in plant breeding for North America: a status report. In: Eiederdanz (ed.) perspektiven nachwachsender rohstoffe in der chemie. VCH. Weinheim, Germany. p. 3-9.
10. Edmeades, GO. 1997. Developing drought-and low N-tolerance maize. Proceeding of a symposium, March 25-29. El Baton, México, DF, s.e. s.p.
11. Furst, P; Nahamad, S. s.f. Libro mitos y arte huicholes (en línea). México, SEP. Consultado 18 May. 2002. Disponible en: www.qfb.umich.mx/origmaíz.htm
12. García Soto, AA; Molina L, CA. s.f. Determinación densidad optima para la asociación maíz-frijol (indeterminado) en el área de Chimaltenango. Guatemala, DIA-Ministerio de Agricultura. 7 p.
13. Girard, R. 1997. Origen y desarrollo de las civilizaciones antiguas de América. México, Editores Mexicanos Unidos. 383 p.
14. Hernández Campollo, C. 1976. Asociación de maíz y frijol para diferentes poblaciones de papa y tres niveles de fertilización nitrogenada de maíz-frijol, en el valle de Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 22 p.

15. Holtman, H. 1996. Evaluación de ocho materiales de maíz (*Zea mays* L.) y dos paquetes tecnológicos en el parcelamiento La Blanca, Ocos San Marcos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 5-8.
16. Herr Arana, CE. 1981. Porqué el agricultor realiza la asociación de cultivos en tres aldeas del departamento de Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 52 p.
17. ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, GT) 1984. Maíces de Guatemala para el trópico. Guatemala. 24 p.
18. ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, GT). 1995. Programa de producción de maíz , informe anual. Guatemala. 5 p.
19. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1981. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. tomo 3, 196 p.
20. Lépiz, IR. s.f. Asociación de cultivos maíz y frijol en México. México, CIAMEC-INIA. s.p.
21. López Pereira, MA; Morris, ML. 1990. Impacts of international maize breeding research in the developing world 1996-1990. México, CIMMYT. s.p.
22. Marquez Vaz, J. 1974. Criterios para la evaluación económica del sistema de producción agrícola. Guatemala, ICTA, 5 p.
23. Meléndez, G; Vernoy, R; Briceño, J. 1999. El frijol trapado en Costa Rica: fortalezas opciones y desafíos. Costa Rica, UCR, CIID. 259 p.
24. Municipalidad del Quiché, Oficina de planificación municipal. 2000. Caracterización municipal San Andrés Sajcabajá. Guatemala. p. 14-22.
25. Proyecto maya de seguridad alimentaria. 2001. Informe anual 2001. Santa Cruz del Quiché, Guatemala. 25 p.
26. Puleston, D; Puleston, P. 1979. El ramón como base de la dieta alimenticia de los antiguos mayas de Tikal. Antropología e Historia de Guatemala 1(1):55-56.
27. Rosegrant, MW; Agcaoli-Sombila, M; Pérez, ND. 1995. Global food projections to 2020: implications for investment. food. agriculture and environment discussion. Washington, DC, US. p. 5-11.
28. Simmons, C; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 614 p.
29. Thurston, D; Smith, G. 1994. Los sistemas de siembra con cobertura. US, CATU, CIIFAD, Cornell University. 329 p.
30. USDA. 1996. Production, supply and distribution: database. March 1996. s.p.

11. APÉNDICE

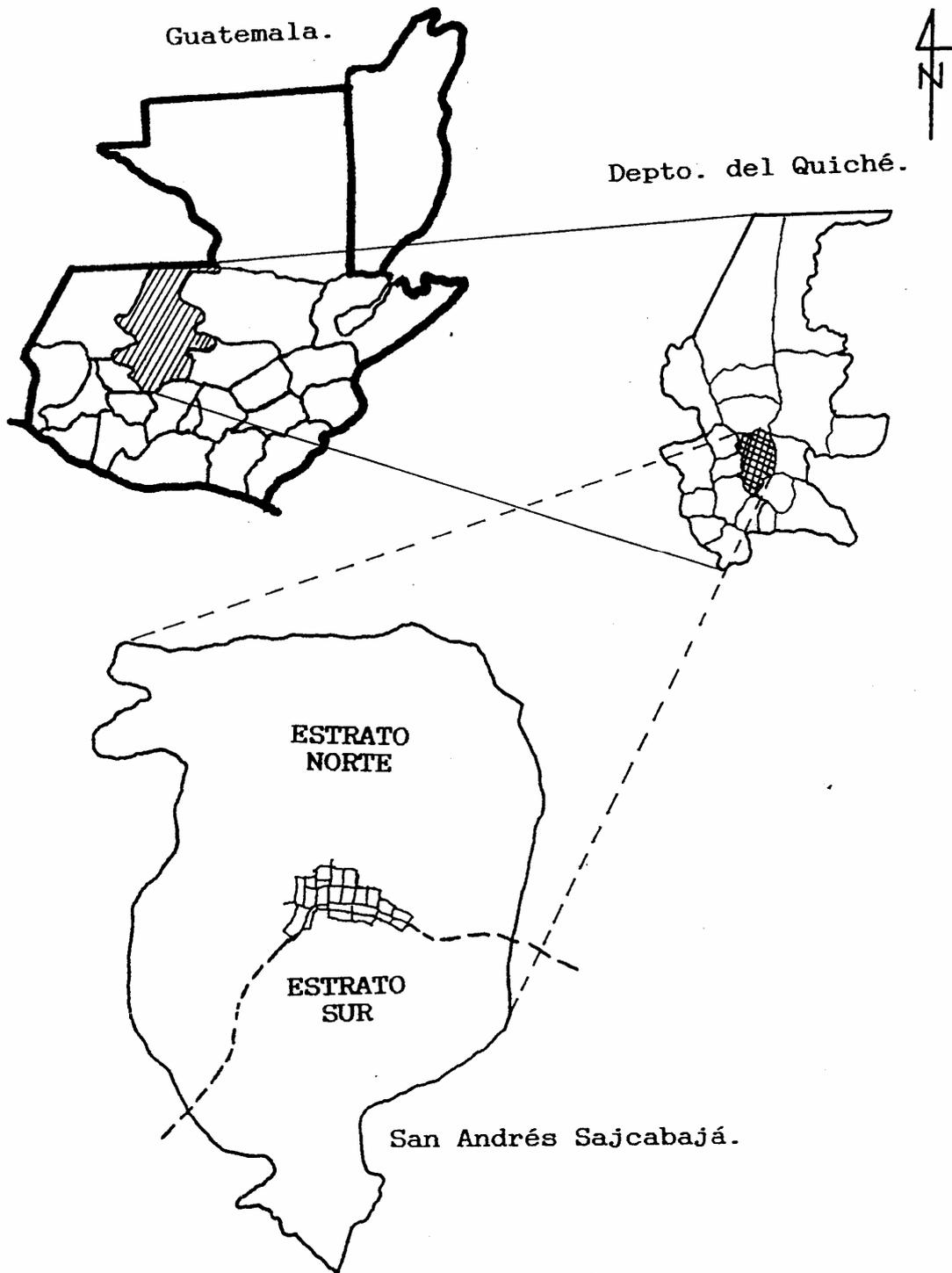


FIGURA 11 Localización del municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento del Quiché.

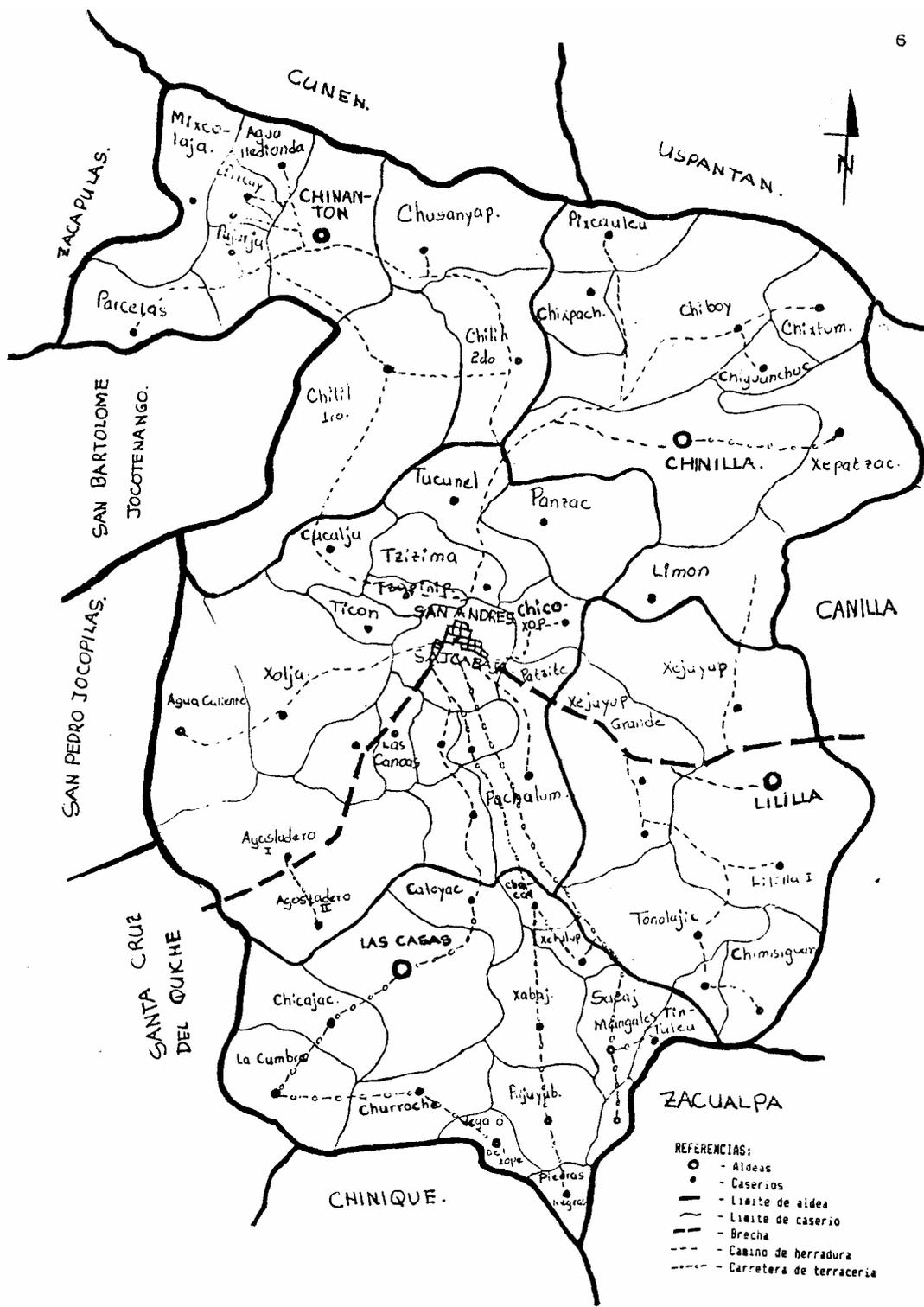


FIGURA 12 Aldeas y Caserios del municipio de San Andrés Sajcabajá, Quiché.

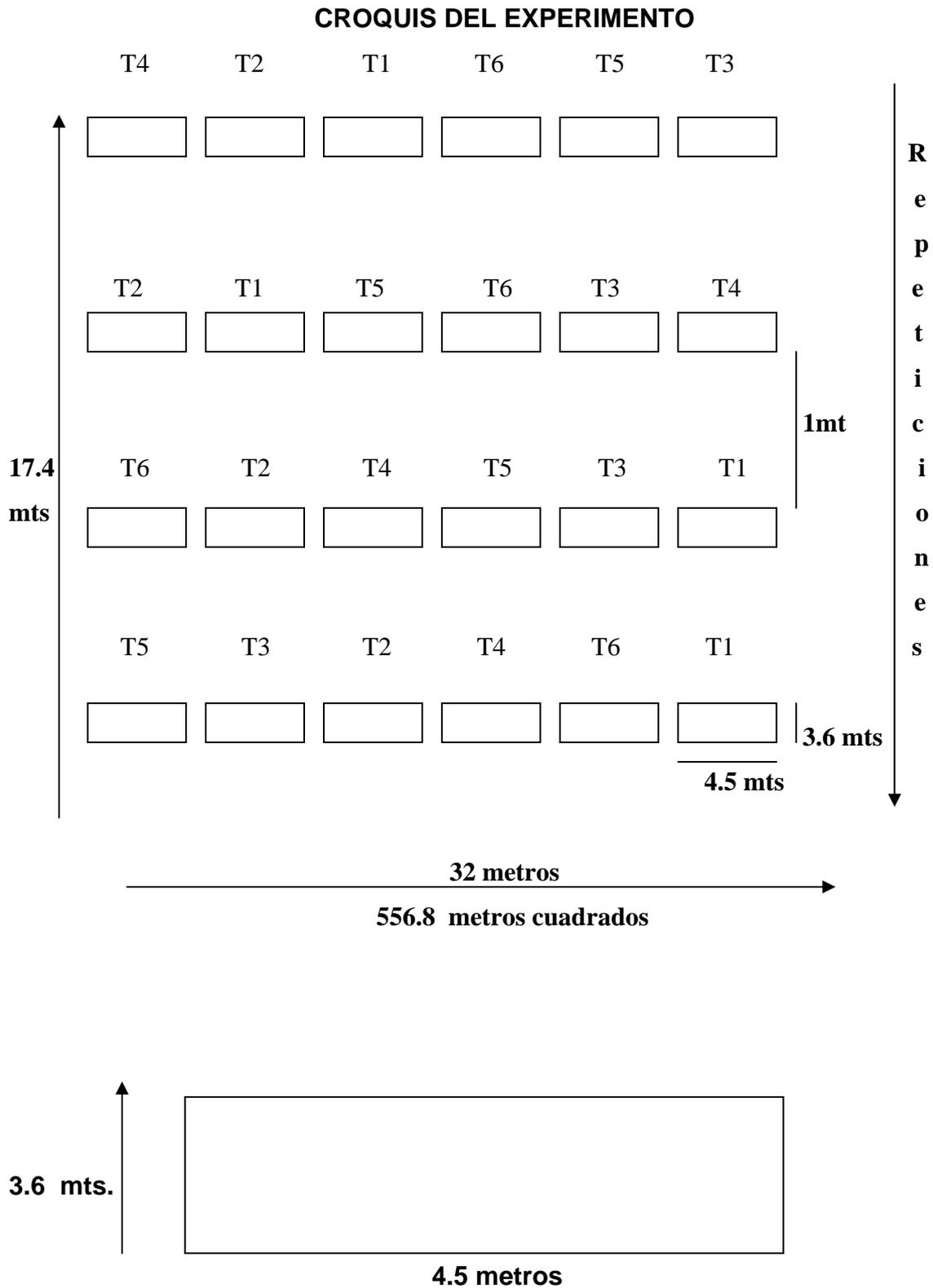
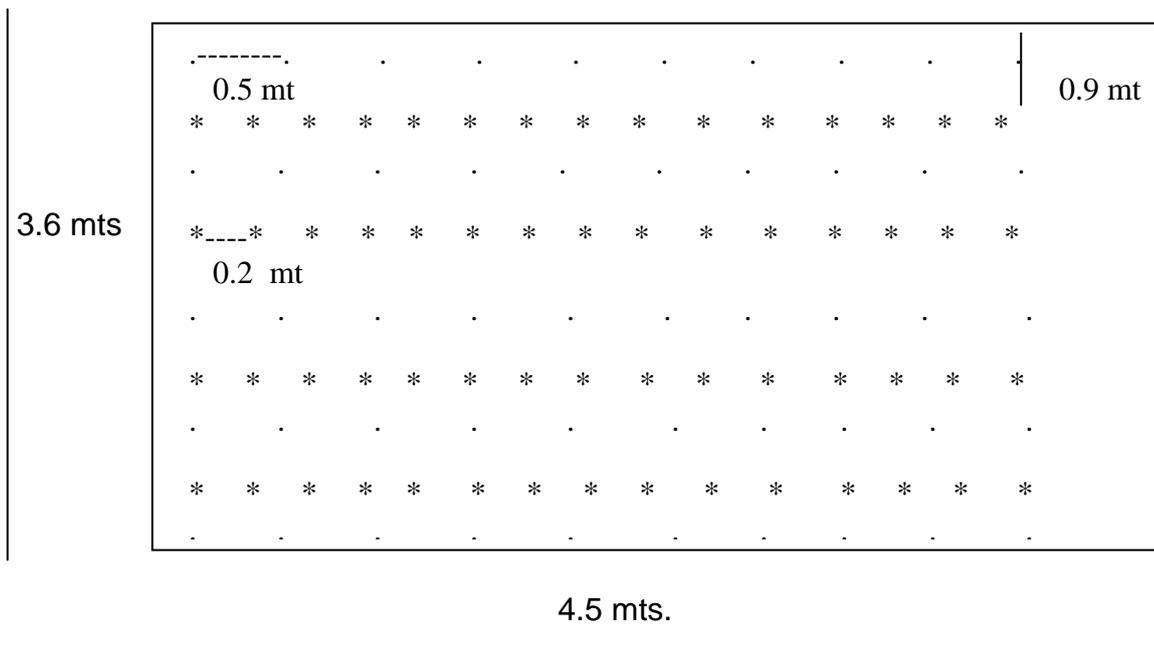


Figura 13. Esquema de campo con un Diseño Experimental bifactorial en Bloques al azar, con cuatro repeticiones y seis tratamientos.

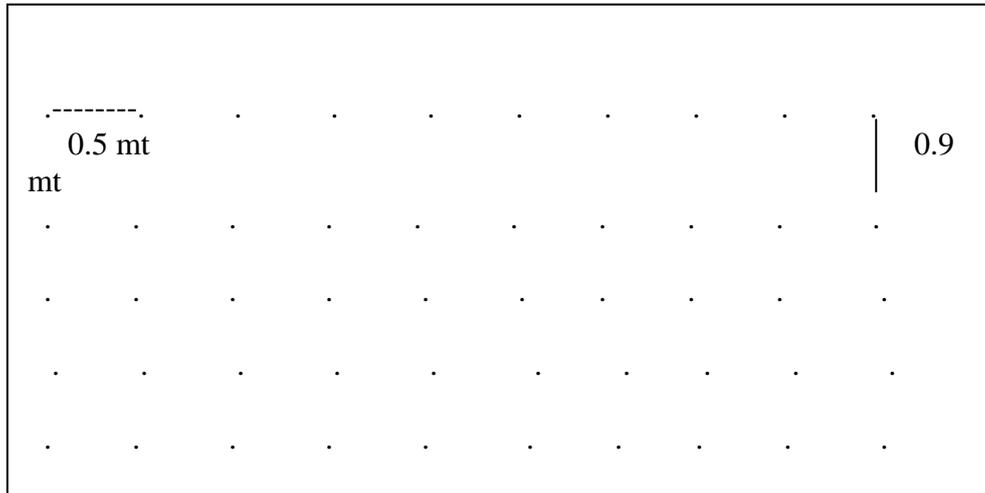
UNIDAD EXPERIMENTAL DE MAÍZ EN ASOCIO CON FRIJOL



MAÍZ (5 surcos)

FRIJOL * * * * * (4 surcos)

Figura 14. Dimensiones de la unidad experimental del sistema de asocio Maíz-frijol.

UNIDAD EXPERIMENTAL EN MONOCULTIVO DE MAÍZ

MAÍZ (5 surcos)

Figura 15. Dimensiones de la unidad experimental de maíz en el sistema de Monocultivo.

CUADRO 23A. Costo de producción por hectárea de los diferentes tratamientos evaluados de maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Catoyac, San Andrés Sajcabajá , El Quiché.

COSTOS DIRECTOS	1	2	3	4	5	6
Mano de Obra:						
1. Preparación del suelo	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00
2. Siembra maíz	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00
3. Siembra Frijol	360.00	360.00	360.00	0	0	0
4. Limpias (2) veces Maíz	1440.00	1440.00	1440.00	1440.00	1440.00	1440.00
5. Aplicación Tambo (1 vez) maíz	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00
6. Aplicación Civil (1 vez) frijol	180.00	180.00	180.00	0	0	0
7. Aplicación 20-20-0 (2 veces) maíz	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00
8. Aplicación 20-20-0 frijol	360.00	360.00	360.00	0	0	0
9.Cosecha maíz	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00
10. Cosecha frijol	180.00	180.00	180.00	0	0	0
Insumos :						
1. Semilla maíz	255	450	70	255	450	70
2. Semilla de frijol	375	375	375	0	0	0
3. Insecticida Tambo maíz	900	900	900	900	900	900
4.Insecticida Civil Frijol	1280	1280	1280	0	0	0
5. Fertilizante 20-20-0 maíz	1760	1760	1760	1760	1760	1760
6. Fertilizante 20-20-0 frijol	440	440	440	0	0	0
7. Transporte (abono)	130	130	130	130	130	130
TOTAL COSTOS DIRECTOS	10180.00	10375.00	9995.00	7005.00	7200.00	6820.00
COSTOS INDIRECTOS						
1. Arrendamiento	800	800	800	800	800	800
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	800	800	800	800	800	800
COSTO TOTAL	10980.00	11175.00	10795.00	7805.00	8000.00	7620.00
INGRESO BRUTO	12730.00	16240.00	10570.00	10440.00	12510.00	6570.00
INGRESO NETO	1750.00	5065.00	-225.00	2635.00	4510.00	-1050.00
RENTABILIDAD %	15.93	45.32	-2.08	33.76	56.37	-13.77

CUADRO 24A. DATOS DEL CULTIVO DEL MAÍZ Y FRIJOL

Precio de Maíz (1 quintal)	Q. 90.00
Mano de Obra Maíz (jornal) al día	Q. 20.00
Precio de Frijol (1 quintal)	Q. 250.00
Rendimiento Frijol (1 quintal por cuerda)	Q. 250.00
Rendimiento Frijol (16 quintales por Ha.)	Q. 4000.00
Mano de Obra Frijol (jornal) al día	Q. 20.00

