

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA CAMPUS
SUR
Facultad de Ingeniería



Evaluación de la eficiencia productiva del híbrido de maíz (*Zea mays* L.), “Dekalb 390”, en monocultivo y asocio con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el campo experimental de la UVG en Santa Lucía Cotzumalguapa Escuintla.

Trabajo de graduación en modalidad de Trabajo Profesional presentado por Eder Argueta Flores para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología Agrícola y Pecuaria.

Guatemala
2017

Evaluación de la eficiencia productiva del híbrido de maíz (*Zea mays* L.), “Dekalb 390”, en monocultivo y asocio con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el campo experimental de la UVG en Santa Lucía Cotzumalguapa Escuintla.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA CAMPUS
SUR
Facultad de Ingeniería




Evaluación de la eficiencia productiva del híbrido de maíz (*Zea mays* L.), “Dekalb 390”, en monocultivo y asocio con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el campo experimental de la UVG en Santa Lucía Cotzumalguapa Escuintla.

Trabajo de graduación en modalidad de Trabajo Profesional presentado por Eder Argueta Flores para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología Agrícola y Pecuaria.

Guatemala


2017

Vo.Bo. :

(f) 
Ing. Agr. Jorge Luis Gómez López

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Agr. Jorge Luis Gómez López

(f) 
Ing. Agr. Elmer Vitelio Salazar

(f) 
Ing. Agr. Fernando Hernández

Fecha de aprobación: Guatemala 20 de junio de 2017.

ÍNDICE

	Página
Lista de cuadros	viii
Lista de ilustraciones.....	ix
Lista de gráficas	x
Resumen.....	xi
I. Introducción.....	12
II. Objetivos	14
III. Justificación.....	15
IV. Marco teorico	16
A. Importancia del maíz en Guatemala	16
B. Descripción botánica del maíz	6
C. Clasificación botánica del maíz.....	18
D. Características de maíz dekalb 390.....	7
E. Características de frijol icta ligero	7
F. Cultivos en asocio	19
G. Maíz en asocio con frijol.....	8
V. Metodología	21
A. Ubicación del estudio	21
B. Suelo y clima de la región	21
C. Plan experimental	21
D. Manejo del experimento.....	24
E. Recolección de datos.....	25
F. Análisis estadístico.....	25
VI. Resultados	26

A.	Tratamiento 1	26
B.	Tratamiento 2 (monocultivo)	26
C.	Resumen de resultados	27
VII.	Análisis de resultados	28
A.	Altura de planta	28
B.	Circunferencia de tallo	28
C.	Peso de mazorca en seco.....	29
D.	Número de hileras por mazorca.....	29
E.	Número de granos por mazorca	19
F.	Longitud de mazorca.....	19
G.	Comparación general de variables entre tratamientos	20
H.	Rendimiento de kilogramos de maíz por hectárea	31
VIII.	Conclusiones.....	33
IX.	Recomendaciones	34
X.	Bibliografía	35
XI.	Anexos.....	37
A.	Anexo 1	37
B.	Anexo 2	38
C.	Anexo 3	39
D.	Anexo 4	43
XII.	Glosario	44

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Clasificación taxonómica del maíz.....	18
Cuadro 2 Tratamientos	22
Cuadro 3 Resultados tratamiento 1	26
Cuadro 4 Resultados tratamiento 2	27
Cuadro 5 Resumen de resultados	27
Cuadro 6 Comparación general de variables entre tratamientos	31
Cuadro 8 Análisis de varianza	32
Cuadro 9 Boleta de recolección de datos	37
Cuadro 10 Cronograma de actividades	43

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Página
Ilustración 1 Tratamientos y repeticiones	22
Ilustración 2 Tratamiento 1	23
Ilustración 3 Tratamiento 2	24
Ilustración 4 Análisis de suelo.....	38
Ilustración 5 Preparación del terreno	39
Ilustración 6 Eliminación de maleza.....	39
Ilustración 7 Paso de rastra	40
Ilustración 8 Terreno preparado.....	40
Ilustración 9 Surqueo	41
Ilustración 10 Terreno surqueado	41
Ilustración 11 Germinación	42
Ilustración 12 Germinación	42

LISTA DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1: Altura de la planta	28
Gráfica 2: Circunferencia de tallo.....	28
Gráfica 3: Peso de mazorca	29
Gráfica 4: Número de hileras por mazorca	29
Gráfica 5: Número de granos por mazorca.....	19
Gráfica 6: Longitud de mazorca.....	19
Gráfica 7: Rendimiento de kilogramos de maíz por hectárea.....	31

RESUMEN

El cultivo de maíz es de vital importancia en la dieta de los guatemaltecos, sin embargo, aún es cultivado como un producto de subsistencia con métodos de agricultura convencional que aunado a material genético de poca calidad traen pocas o nulas mejoras productivas al agricultor. Una alternativa para mejorar los rendimientos de maíz es cultivarlo en asocio con leguminosas pues estas plantas aportan nitrógeno al suelo, mejorando no solo las condiciones químicas del suelo, sino también las características edáficas en general. Este trabajo experimental permite realizar una comparación entre los rendimientos (kg/ha) obtenidos en dos tratamientos: cultivo de maíz en asocio con frijol (leguminosa) y cultivo de maíz como monocultivo.

Los resultados proyectan una evidente ventaja productiva del tratamiento con asocio sobre el tratamiento de monocultivo, pues se obtuvo 5065 kg/ha representando 2.15 % más que el monocultivo que obtuvo 4956 kg/ha. Además de lo anterior, también se debe tomar en cuenta el beneficio económico que representa el fruto de frijol obtenido y las mejoras edáficas del área donde se realizó el asocio.

Si bien, las mejoras en el rendimiento fueron palpables, se debe aclarar que estadísticamente no existió diferencia significativa, sin embargo, gracias a los beneficios extras ya mencionados se recomienda cultivar maíz bajo este sistema de cultivo de asocio con leguminosa.

I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala, el maíz es el cultivo básico que ocupa la mayor superficie sembrada y el mayor volumen en cuanto a producción. Se utiliza para consumo humano, ya sea de forma directa o subproducto, por lo cual se siembra en altas cantidades.

De esta manera surge la importancia de hacer investigaciones para evaluar las variedades que ofrece el mercado. En cuanto a híbridos, no todos los materiales genéticos manifiestan su potencial o vigor en las zonas establecidas y siempre hay más de algún problema que en la ficha técnica no es considerado, elevando así los costos de producción del grano. La costa sur de Guatemala no está catalogada como una zona de alta producción, pero sí es el maíz de consumo diario.

El maíz juega un papel importante en toda la población ya que es su principal fuente de alimentación, y para algunos agricultores representa su principal fuente de ingreso. La utilidad de los agricultores se ha visto afectada de una manera negativa, por lo que la única forma de ser eficiente es produciendo más por unidad de área, lo que solo se logra al encontrar materiales más rendidores que se adapten mejor a las condiciones del lugar. Muchas ocasiones se necesitan más de un cultivo para poder generar un mayor ingreso o simplemente para sustento familiar, por lo que surgen los cultivos en asocio donde hay que tomar en cuenta que la producción del cultivo objetivo no disminuya a causa del secundario.

La importancia de un asocio con frijol.

- Disminuye la erosión del suelo.
- Mayor conservación de agua en el suelo.
- Mejora la fertilidad del suelo.
- Mayor uniformidad en la profundidad de siembra.
- Contribuye al cambio de la labranza de la tradicional hacia conservacionista.
- Promueve la fertilización orgánica.
- Disminución de malezas en el cultivo.

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

- Demostrar que el asocio maíz con leguminosas es benéfico en cuanto a que no reduce los rendimientos del maíz, en cambio los incrementa, retiene el suelo y agua dentro de la misma parcela.
- Demostrar el efecto positivo de las leguminosas y rastrojos del maíz (siendo utilizados como mulch) sobre los rendimientos de maíz.

Tomando en cuenta lo anterior, en la investigación se evaluó el material genético Dekalb 390 en asocio con frijol Icta Ligero, puesto que este material genético es uno de los más utilizados en la región. Con esto se generará información confiable sobre las características de la producción del híbrido Dekalb 390. El establecimiento de las parcelas se realizara, en las instalaciones del campo experimental de la Universidad del Valle de Guatemala Campus Sur, ubicada en el municipio de Santa Lucia Cotzumalguapa, generando información útil para este centro de estudio que servirá como base para los estudiantes y agricultores que quieran implementar un plan de producción extensiva de maíz en sus instalaciones.

Para el establecimiento de la investigación se contó con un área neta de 234 m², que fue dividida en 8 micro parcela de 27 m² con los dos tratamientos, tanto monocultivo como asocio, distribuidas completamente al azar.

Se sembraron 480 plantas de maíz por cada tratamiento, dándoseles todo el manejo adecuado para obtener los resultados deseados, desde su fertilización, riego y control de plagas, etc. Después de cosechado se analizó la altura de la planta, diámetros de los tallos, el peso de la mazorca, cantidad de filas, cantidad de granos por filas, y su longitud.

Los resultados fueron satisfactorios en la comprobación de lo que argumentaba la teoría, no se presentó diferencia estadística en el rendimiento del maíz pues en el tratamiento de asocio se obtuvo 5065 kg/ha representando 2.15 % más que el monocultivo que obtuvo 4956 kg/ha.

II. OBJETIVOS

A. General

Evaluar un sistema de asocio gramínea - leguminosa para contribuir en la generación de nuevas alternativas de producción de granos básicos para la región de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

B. Específicos

1. Evaluar la productividad del híbrido Dekalb 390 asociado con frijol, y en monocultivo.
2. Determinar las características morfológicas de las mazorcas del híbrido de maíz plantado tanto en parcela asociada y monocultivo.

III. JUSTIFICACIÓN

Las tierras de la costa sur de Guatemala son de origen volcánico, lo que le da un alto nivel de fertilidad a sus suelos permitiéndole poseer alto potencial productivo. En los últimos años por las enfermedades y los cambios climáticos se ha reportado una disminución considerable del rendimiento del maíz. Con base en esta problemática, se toma la iniciativa de evaluar híbrido de maíz Dekalb 390, en monocultivo y asocio con frijol, con el propósito de determinar el potencial de rendimiento y generar de esta manera información confiable para generar mayor seguridad en la variedad evaluada. Los datos encontrados de las asociaciones demuestran que los índices de producción aumentan cuando se maneja un asocio con leguminosa, por lo que se verificó la adaptabilidad de esta variedad para poder conocer y tener bases de la máxima expresión productiva de la variedad evaluada que servirá a los agricultores y estudiantes al momento de decidir el material a utilizar e sus proyectos productivos.

Antecedentes de socios maíz-leguminosas dictaminan un beneficio productivo directo, expresado en la longitud y diámetro de las mazorcas, garantizando de esa forma un alza en los índices productivos que ayuden a aminorar los problemas alimenticios de los que sufre la Costa Sur guatemalteca. Además, este asocio ayuda a los procesos físicos en el suelo como fijación de nitrógeno por parte de las leguminosas y el crecimiento de la biota del suelo, lo que repercute en beneficios edáficos y nutricionales del suelo donde se haga el asocio.

Finalmente, los resultados obtenidos permitirán replicar este modelo en las comunidades cercanas, para mejorar las condiciones de vida de los pobladores que es el fin último de los procesos agrícolas.

IV. MARCO TEÓRICO

A. IMPORTANCIA DEL MAÍZ EN GUATEMALA

La importancia del maíz en la actualidad tiene números indiscutibles ya que muchas son las sociedades que basan gran parte de su alimentación en este, El cultivo del maíz resulta ser de suma importancia dentro de la dieta alimenticia de la mayoría de la población guatemalteca, razón por la cual es motivo de particular atención para los productores de dicho cultivo, contar con la mayor cantidad de información sobre aspectos agronómicos, así como nutricionales del mismo (ICTA 2013).

Además de constituir en Guatemala uno de los cultivos más importante y tradicionales, son la fuente principal de carbohidratos (65%), y de proteína (71%) en la dieta de los guatemaltecos, el cual la mayor parte de la población utiliza diariamente en la dieta alimenticia como base principal. actualmente se está usando en la preparación de concentrados para la alimentación animal y para la extracción de aceite (ICTA, 2013).El uso de productos agrícolas por parte de grandes países para fabricar biodiesel determinará la tendencia en el cultivo de maíz de Centroamérica y de Guatemala hacia el año 2,020, según el científico investigador extranjero Hugo Córdova (Bolaños, 2014). El reto para Guatemala en los próximos años será mantener el balance entre abastecer a la industria nacional y evitar los riesgos para proveer el consumo humano de maíz blanco y amarillo, opinó el experto (Bolaños, 2014). En Guatemala se produjo un total de 28,127,734 quintales de maíz blanco en el año 2013, mientras que otros países superan grandemente esta cifra. Esto obedece a que en otros lugares se utilizan variedades e híbridos, cuyas bondades son actualmente desconocidas por una gran mayoría de pequeños y medianos agricultores de nuestro país (INE, 2013).

Además, la variabilidad y adaptabilidad del maíz, ha permitido la creación de materiales para diversos tipos de condiciones climatológicas y edáficas. El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, mediante el sub. Programa de maíz, se ha dado a la tarea de generar y promocionar variedades e híbridos que poseen una gran demanda dentro del mercado nacional y extranjero, debido al incremento del potencial nutritivo de los materiales generados por el ICTA (Fuentes Gonzales, 2012).

El maíz está clasificado dentro de la especie botánica *Zea mays*. Tiene dos parientes cercanos, que son el *Tripsacum* y el *Teosinte*. Ambos crecen en forma silvestre en Guatemala. Se han mencionado dos lugares como el posible origen del maíz. Estos son: a) los valles altos de Perú, Ecuador y Bolivia, y b) la región del sur de México y la América Central. En ambas áreas se han encontrado muchos tipos de maíz. Se ha expuesto varias teorías para explicar el

origen del maíz. La primera era que el maíz se originó del Teosinte o de los ancestros del mismo. La otra teoría sugiere que el maíz se originó de un maíz primitivo tunicado pero todavía se ignora el origen de este maíz (Bolaños, 2014). Además de las tres teorías sobre el origen del maíz que hemos discutido anteriormente, debemos hacer aquí alguna referencia a los repetidos informes y opiniones respecto a que el maíz silvestre, esencialmente de la misma forma del maíz cultivado del presente, todavía existe, o ha existido hace poco tiempo (Pineda, 2011). Séller (1847), declaró que en México, plantas solas, auto sembradas de maíz, crecen sin cultivo, a muchas millas de distancia de lugares habitados, pero no dijo que fuera maíz silvestre.

Sturtevant (1879) publicó una carta del profesor C.H. Brewer quien declaraba que en 1869 había conocido a un botánico alemán Roetzl, quien informó que había encontrado en el estado de Guerrero en México, un tipo de Zea no descrito, que él consideraba específicamente distinto, “ las mazorcas muy pequeñas en dos filas, verdaderamente dísticas”; la mazorca (pero no cada grano separadamente) cubierta con una tusa, el grano precisamente igual al de algunas variedades de maíz, solo que más pequeño y más duro.

Ante la posible limitante de proveer para biodiesel y la posibilidad de que otros países reduzcan sus exportaciones de maíz amarillo, Guatemala deberá ocuparse de producir para abastecer a la industria nacional de concentrados, porcina y avícola (Bolaños, 2014).

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, hasta el año 2013 el 78 % de la producción anual de maíz es blanco y 22 % es amarillo.

B. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL MAÍZ

El maíz es una gramínea anual, erecta, robusta de 0.6 a 3.0 m o más de altura en su madurez. Los tallos son ligeramente comprimidos, gruesos. Las hojas son de 30 a 100 cm. de largo y de 3 a 12 cm. de ancho, la base es redondeada, el ápice más angosto y agudo y los márgenes frecuentemente ásperos o irregulares. Son de color verde en la parte superior, finamente pilosos o glabros en ambas superficies. Las espigas son unisexuales-monoicas, las masculinas terminales solitarias en grupos de 2 a 26, las femeninas en las axilas de una o más hojas generalmente solitarias. La inflorescencia femenina se encuentra envuelta entre 8 o 13 brácteas largas, duras y finamente pubescentes, los estilos son largos, morados o blanco negruzco y penduloso, con un estigma morado bifido que sobresale considerablemente de las brácteas. Las semillas (frutos), son ovoides con un ápice agudo obtuso redondeado y comprimido (Rivas, 2009)

C. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL MAÍZ

Cuadro 1 Clasificación taxonómica del maíz

Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Sub división	Pteropsidae
Clase	Angiospermae
Sub clase	Monocotiledoneae
Grupo	Glumiflora
Orden	Graminales
Familia	Gramineae
Tribu	Maydeae
Género	Zea
Especie	Z. mays

Fuente: (Jungenheimer, 2010)

D. CARÁCTERÍSTICAS DE MAÍZ DEKALB 390

El maíz Dekalb 390 es un híbrido cultivado en la región costera de Guatemala pues ha demostrado rendimientos superiores hasta un 20 % de ventaja productiva sobre otros híbridos también utilizados en la costa. Al mismo tiempo ha demostrado hasta un 21% de mayor rendimiento sobre otras variedades de ciclos precoces y semiprecoces.

En un rango de uno a nueve donde uno es resistente y nueve susceptible, Dekalb 390 se localiza en el nivel tres de tolerancia a la *Cercospora* demostrando mayor resistencia que otros híbridos como el Dekalb 922 y Dekalb 910 (Dardón Cruz, 2007).

E. CARACTERÍSTICAS DE FRIJOL ICTA LIGERO

El frijol Icta Ligero es de hábito de crecimiento determinado, pero la carga mayor se da en la base de la planta; su altura es de 60 cm y la floración ocurre entre 29 y 30 días después de la siembra; el color de la flor es lila; la vaina madura es de color crema, con seis granos de color negro oscuro; la madurez fisiológica se presenta a los 64 días y puede cosecharse a los 71 días o antes si el clima está seco (ICTA, 2013)

Es resistente a mosaico dorado y tolerante a antracnosis, bacteriosis y roya comparado con dos materiales criollos comunes de la región: Rabia de gato y pata de sope.

Los rendimientos mayoritarios obtenidos han sido de 2.59 TM/Ha con un promedio de 1.66 TM/Ha.

A nivel comercial el rendimiento varía entre 20 y 30 quintales por manzana en condiciones adecuadas de humedad y monocultivo.

F. 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, 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 (Hernandez Campollo, 2005).

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 (ICTA, Investigación y desarrollo de maíz de alta calidad de proteína, 2013).

G. MAÍZ EN ASOCIO CON FRIJOL

La inserción de leguminosas en el sistema de cultivos maíz y frijol ha demostrado que es benéfico pues no reduce los rendimientos del maíz y retiene el suelo y agua dentro de la misma parcela además que tiene un efecto positivo sobre los rendimientos de frijol de postrera (Thurston & Smith, 2010).

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 (Hernandez Campollo, 2005).

La inserción de leguminosas en sistemas de cultivos maíz y frijol de secano han traído unas ventajas como:

- 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 hacia conservacionista.
- Promueve la fertilización orgánica (Meléndez, Vernoy, & Briceño, 2011).

V. METODOLOGÍA

A. UBICACIÓN DEL ESTUDIO

La investigación se realizó en el Campo Experimental de la Universidad del Valle de Guatemala Campus Sur, localizado en el kilómetro 92.5 de la carretera a Mazatenango a una altura de 356 msnm.

B. SUELO Y CLIMA DE LA REGIÓN

Los suelos del área donde se ejecutó el experimento son aluviales con textura franco arenosa (ANEXO 2) por lo que sobre su superficie hay presencia de una buena cantidad de materia orgánica lo que lo convierte en suelo bueno para cultivar.

El lugar presenta un clima tropical con temperatura promedio anual de 26°C y una precipitación pluvial anual de 3156 mm.

C. PLAN EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño experimental de Bloques completamente al azar, se utilizó este sistema ya que la variable del asocio con frijol hace heterogéneos los bloques entre sí, aun cuando estos son homogéneos dentro de sí. Además se utilizó este diseño experimental para reducir el margen de error por posibles variables externas a la evaluación.

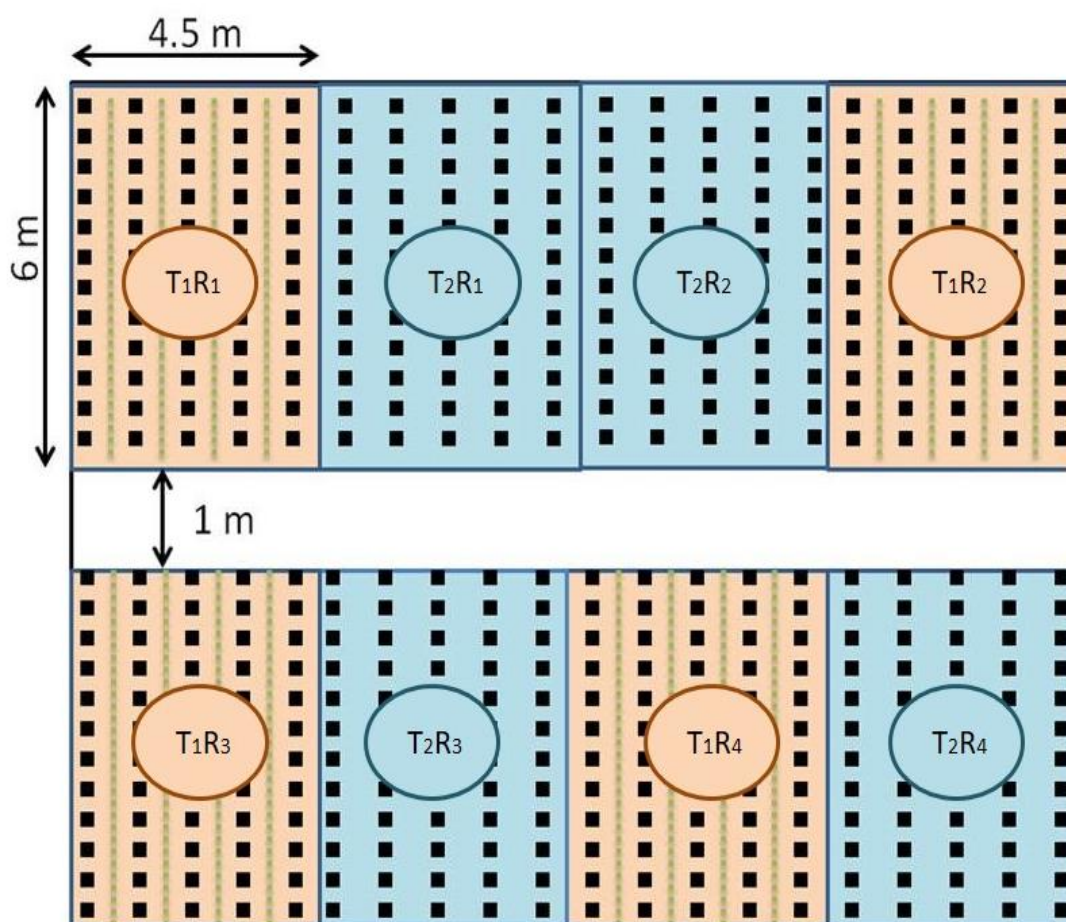
Se estudió la correlación entre las variables relacionadas con la producción. Previo al análisis de medias, se corrió un análisis de varianza para obtener resultados más apegados a la realidad. Para la variable de rendimiento se realizó una prueba de ANOVA para conocer si existió diferencia estadística significativa.

La evaluación estuvo conformada de dos tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento en 234 m², la descripción de los tratamientos se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2 Tratamientos

Tratamiento	Descripción
T1	Asocio: frijol Icta Ligero y Maíz Dekalb 390
T2	Monocultivo: Maíz Dekalb 390

Ilustración 1 Tratamientos y repeticiones

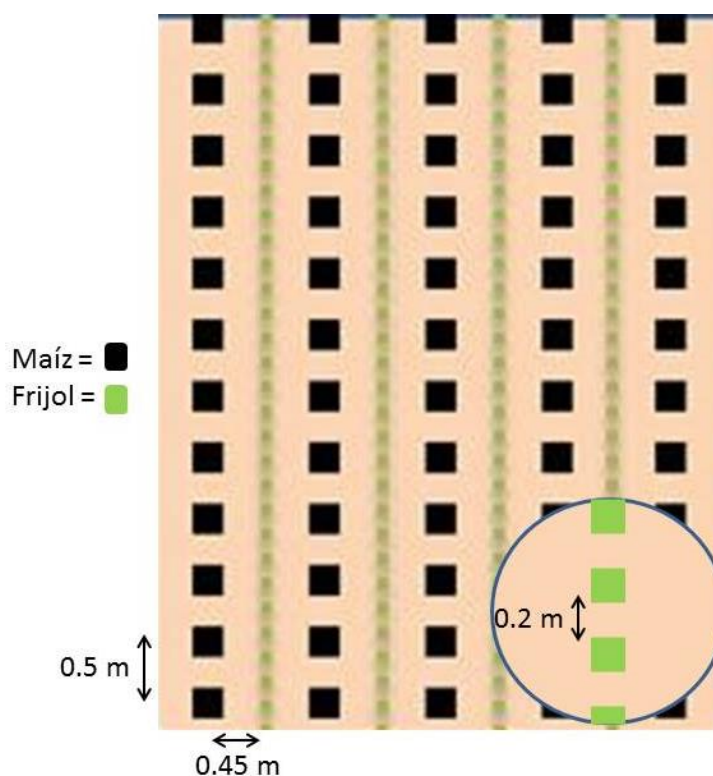


1. Descripción del tratamiento 1. Cada parcela tuvo 4.5 m de ancho albergando nueve surcos de 6 m de largo (27 m^2), de los cuales cinco fueron de maíz y cuatro de frijol sembrados de manera intercalada.

Para la siembra de maíz se utilizó dos semillas por postura a una distancia de 0.5 m entre postura y 0.45 m entre surcos, haciendo un total de 24 plantas por surco y 120 plantas por parcela.

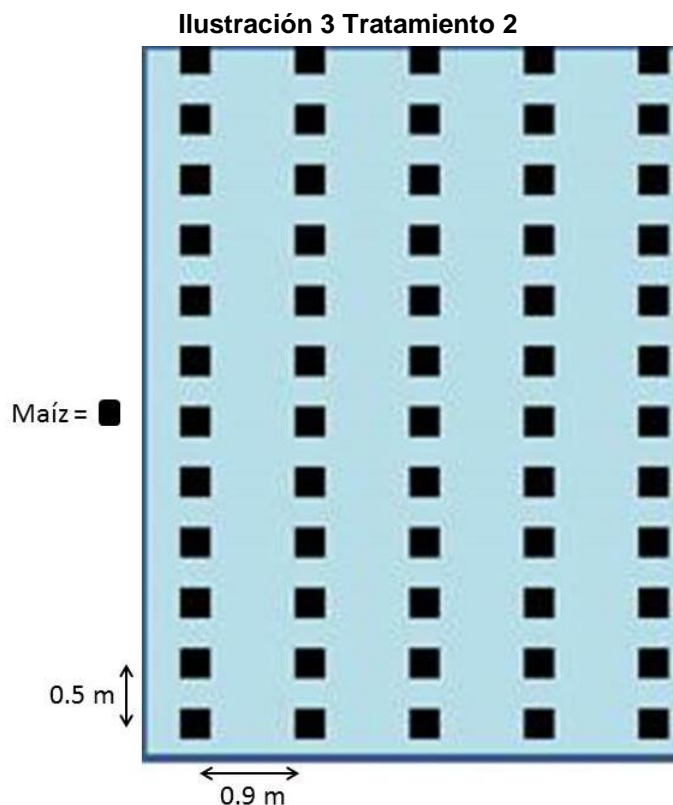
Para la siembra del frijol se utilizó dos semillas por postura a una distancia entre postura de 0.20 m y 0.45 m entre surcos, posteriormente se realizó un raleo dejando 30 plantas por surco y 120 plantas por parcela.

Ilustración 2 Tratamiento 1



2. Descripción del tratamiento 2. Cada parcela tuvo 4.5 m de ancho albergando cinco surcos de 6 m de largo (27 m^2) con plantas de maíz.

Para la siembra de maíz se utilizó tres semillas por postura a una distancia de 0.5 m entre postura y 0.9 m entre surcos, posteriormente se hizo un raleo dejando 24 plantas por surco y 120 plantas por parcela.



D. MANEJO DEL EXPERIMENTO

1. **Preparación del terreno.** Se prepararon las áreas donde se establecieron los experimentos, de la siguiente manera: se procedió a la eliminación de malezas con un herbicida de contacto, Paraquat, a la dosis indicada por el panfleto. A la siguiente semana se pasó dos veces una Rastra tipo Rome a una profundidad de 20 cm. Posteriormente se realizaron surcos de seis metros de largo por 40 cm de ancho.

2. **Siembra.** La siembra se realizó en asocio y monocultivo como se explica en la sección de tratamientos.

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

4. **Riego.** Debido a que el cultivo se estableció en la época lluviosa no se utilizó ninguna frecuencia de riego

5. **Aplicación de fertilizante.** La aplicación de fertilizante se realizó tomando en cuenta que son suelos aluviales, aplicando 65 – 78 kg/ha de N, 39 kg/ha de P y 26 kg/ha de K, ya que el suelo contaba con un 4.23 % de materia orgánica según el análisis de suelos realizado por CENGICAÑA (ANEXO 2).

6. **Cosecha.** Se cosechó toda la producción del cultivo maíz separando la cosecha de cada tratamiento para posteriormente tomar los datos.

E. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos se utilizaron boletas prediseñadas (ANEXO 1) la cual tomaba en cuenta la altura de la planta, diámetro del tallo; peso, longitud, cantidad de granos y filas de maíz de la mazorca. La muestra fue del 10% de población de plantas de cada repetición. Los datos de las variables de mediciones morfológicas de la planta fueron tomados previo al proceso de “dobla de la caña de maíz” a los 100 días después de la siembra (dds), mientras que la toma de datos de las variables relacionadas con la mazorca se hizo a los 120 dds.

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó estadística descriptiva para la mayor parte de variables de respuesta. En el caso del rendimiento del maíz, se utilizó análisis de varianza. El software utilizado fue Excel 2013.

El modelo estadístico para la variable rendimiento fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + LiT_{ij} + E_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Variable respuesta asociada a la j
-esima unidad experimental.

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i-esimo tratamiento

B_j = Efecto de la j-esimo bloque

LiT_{ij} = Efecto de la interacción localidad por tratamiento.

E_{ij} = Error experimental asociado a la i-j-esima unidad experimental.

VI. RESULTADOS

A. TRATAMIENTO 1

La población inicial del tratamiento 1 fue de 480 plantas, sin embargo a la cuarta semana de establecida la plantación se tuvo daño por gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), lo que mermo la población de plantas a 470 en total (incluyendo sus cuatro repeticiones).

Los resultados obtenidos de las variables medidas fueron los siguientes para todas las repeticiones del tratamiento 1:

Cuadro 3 Resultados tratamiento 1

Tratamiento 1 (Asocio)					
Variable	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Media
Altura tallo (cm)	216.1	214.7	209.9	207.6	212.075
Circunferencia de tallo (cm)	7.3	7.2	6.8	6.7	7
Peso de mazorca (kg)	0.143	0.14	0.137	0.137	0.139
No. de filas	16	15	15	16	15.5
No. de granos por mazorca	339	334	331	329	333.25
Longitud de mazorca (cm)	16.5	16.1	15.8	15.6	16

B. TRATAMIENTO 2 (MONOCULTIVO)

La población inicial del tratamiento 2 fue de 480 plantas, sin embargo en la cuarta semana de establecida la plantación se tuvo daño por gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), lo que mermo la población de plantas a 420 en total (incluyendo sus cuatro repeticiones).

Los resultados obtenidos de las variables medidas fueron los siguientes para todas las repeticiones del tratamiento 2:

Cuadro 4 Resultados tratamiento 2

Tratamiento 2 (Monocultivo)					
Variable	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Media
Altura tallo (cm)	188.7	187.9	192	193	190.400
Circunferencia de tallo (cm)	5.3	5.1	5.5	5.7	5.4
Peso de mazorca (kg)	0.134	0.135	0.136	0.137	0.136
No. de filas	12	12	14	14	13
No. de granos por mazorca	299	301	305	307	303
Longitud de mazorca (cm)	12.5	12.9	13.3	13.3	13

C. RESUMEN DE RESULTADOS

El siguiente cuadro presenta las medias estadísticas de las variables medidas obtenidas por tratamiento.

Cuadro 5 Resumen de resultados

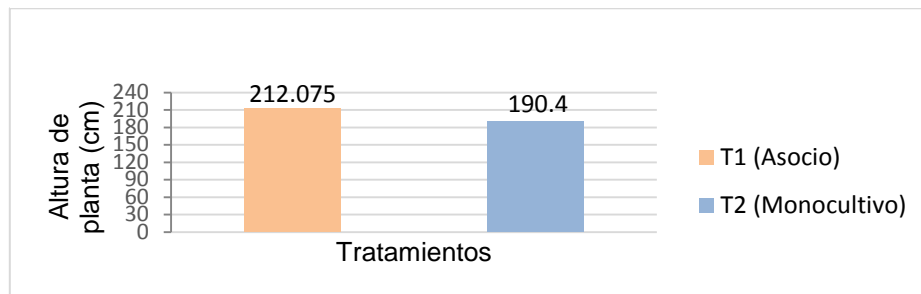
Variable	T1 (Asocio)	T2 (Monocultivo)
Altura tallo (cm)	212.07	190.38
Diámetro tallo (cm)	7	5.48
Peso de mazorca (kg)	0.139	0.136
No. de filas	15.67	13
No. de granos por mazorca	333.36	303.14
Longitud de mazorca (cm)	16	13
Rendimiento kg/ha	5065	4956

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los datos de las variables de mediciones morfológicas de la planta fueron tomados previo al proceso de “dobla de la caña de maíz” a los 100 dds, mientras que la toma de datos de las variables relacionadas con la mazorca se hizo a los 120 dds.

A. ALTURA DE PLANTA

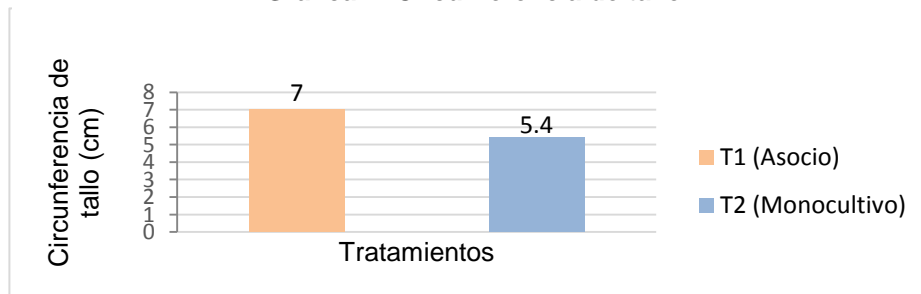
Gráfica 1: Altura de la planta



La gráfica muestra los resultados obtenidos para la variable de altura de tallo de maíz, correspondiente a los dos tratamientos evaluados, tanto en asocio como en monocultivo. Para esta variable se obtuvo 212.075 centímetros para el tratamiento con asocio de frijol Icta ligero, mientras que en el tratamiento de monocultivo se obtuvo una altura de tallo de un 190.4 centímetros, lo que representa un 10.22 % menos altura en comparación al tratamiento con asocio.

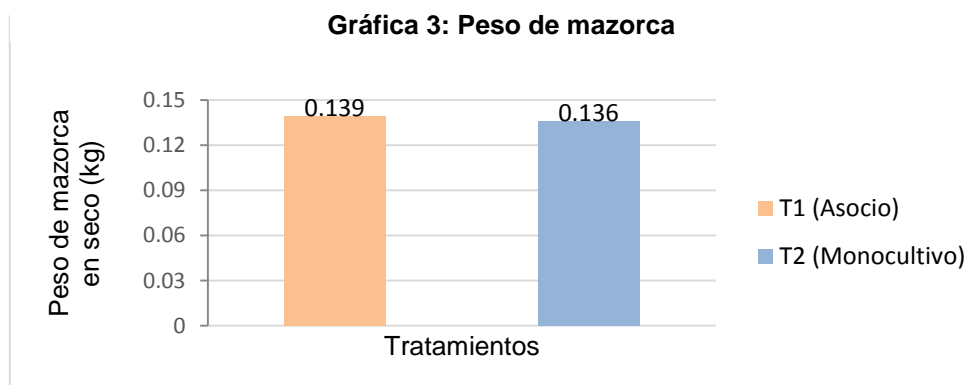
B. CIRCUNFERENCIA DE TALLO

Gráfica 2: Circunferencia de tallo



En esta gráfica se presenta la media de la circunferencia del tallo de maíz que se obtuvo de los dos tratamientos evaluados, tanto en asocio como en monocultivo. En el caso del tratamiento uno en el que hubo un asocio con frijol se obtuvo un diámetro de siete centímetros promedio y en el tratamiento dos un diámetro de cinco punto cuatro centímetros. Los datos anteriores revelan que el tratamiento uno estuvo 22.85 % por arriba del tratamiento dos.

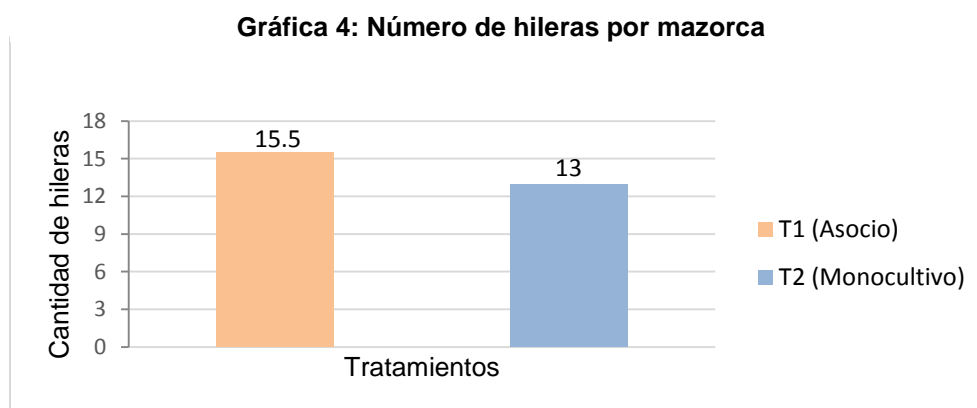
C. PESO DE MAZORCA EN SECO



Los resultados de la variable de peso de mazorca en seco están expresados en la gráfica anterior, lo que nos permite hacer una comparación entre ambos tratamientos evaluados.

Para el caso del tratamiento uno se obtuvo un peso promedio de 0.139 kg mientras que en el tratamiento de monocultivo se obtuvo un peso promedio de 0.136 kg representando un 2.16 % menos que el tratamiento uno.

D. NÚMERO DE HILERAS POR MAZORCA

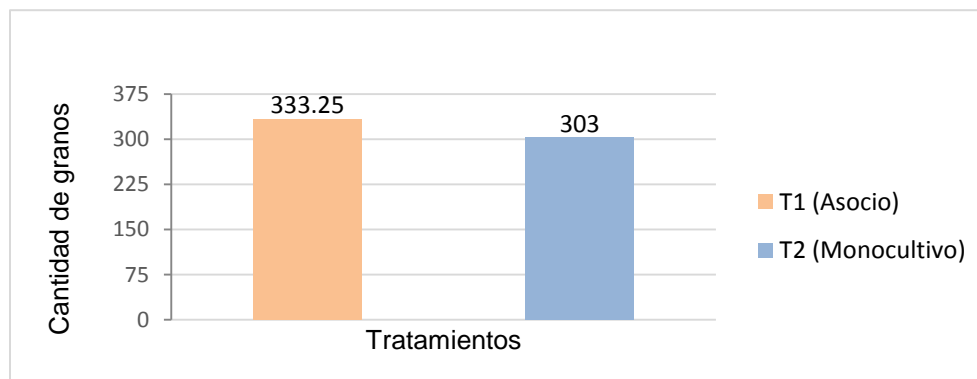


La gráfica anterior expresa la comparación del número de filas por mazorca entre el tratamiento de maíz con asocio de frijol y el tratamiento de maíz como monocultivo.

Los datos obtenidos permiten observar que el maíz con asocio de frijol lct ligero obtuvo un promedio de 15.5 filas por mazorca, es decir un 16.13 % más que el tratamiento de maíz como monocultivo que obtuvo solamente 13 filas por mazorca en promedio.

E. NÚMERO DE GRANOS POR MAZORCA

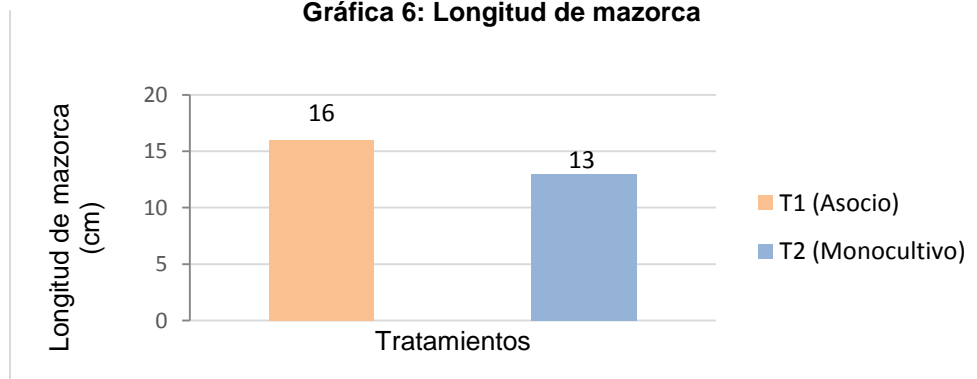
Gráfica 5: Número de granos por mazorca



Al comparar la cantidad de granos de maíz por mazorca, la Gráfica 5 revela que el tratamiento con asocio de frijol obtuvo 333.25 granos de maíz promedio por mazorca mientras que el tratamiento de monocultivo de maíz presentó 303 granos promedio por mazorca lo que permite visualizar un 9.08 % por debajo del tratamiento con asocio.

F. LONGITUD DE MAZORCA

Gráfica 6: Longitud de mazorca



La Gráfica 6 presenta la media de longitudes de mazorca obtenidas en los dos tratamientos evaluados, tanto en asocio como en monocultivo. En el caso del tratamiento uno en el que hubo un asocio con frijol se obtuvo una longitud promedio de mazorca de 16 centímetros y en el tratamiento dos una longitud promedio de mazorca de 13 centímetros. Los datos anteriores revelan que el tratamiento uno estuvo 18.75 % por arriba del tratamiento dos.

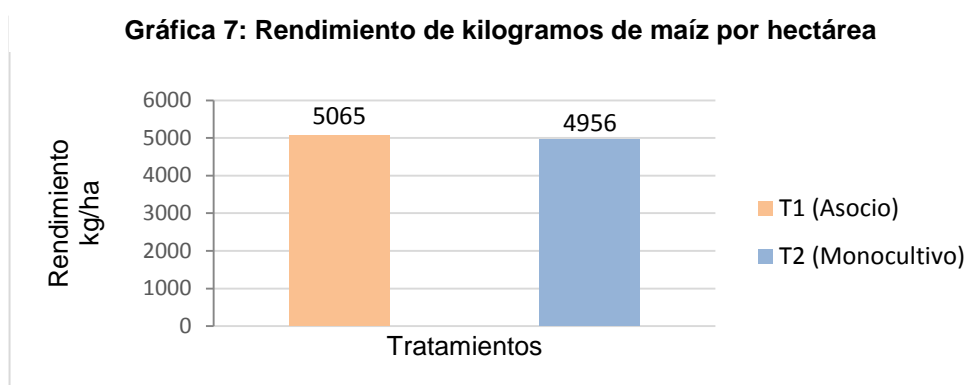
G. COMPARACIÓN GENERAL DE VARIABLES ENTRE TRATAMIENTOS

Cuadro 6 Comparación general de variables entre tratamientos

Variable	T1 (Asocio)	T2 (Monocultivo)
Altura tallo (cm)	212.07	190.38
Diametro Tallo (cm)	7	5.48
Peso de Mazorca (kg)	0.139	0.136
No. De filas	15.67	13
No. De granos por mazorca	333.36	303.14
Longitud de mazorca (cm)	16	13
Rendimiento kg/ha	5065	4956

Al hacer una comparación general de las variables evaluadas en esta investigación se puede apreciar una evidente diferencia a favor del tratamiento uno que en cada una de las variables muestra superioridad sobre el tratamiento de maíz como monocultivo. Esta diferencia se dio ya que al sembrar diferentes cultivos juntos disminuyen los problemas causados por plagas y hace eficiente el uso de los nutrientes del suelo. Las leguminosas como el frijol proveen nitrógeno a otros cultivos como maíz cuando están sembrados juntos (Thurston & Smith, 2010).

H. RENDIMIENTO DE KILOGRAMOS DE MAÍZ POR HECTÁREA



La Gráfica 7 muestra en resumen el fin último de la presente investigación, pues al productor lo que le interesa es conocer el rendimiento de maíz por hectárea. Acá se muestra un rendimiento de 5065 kg/ha obtenido en el tratamiento con asocio de frijol y un rendimiento de 4956 kg/ha en el tratamiento de maíz como monocultivo, evidenciando una diferencia de 111 kg de maíz a favor del tratamiento con asocio que representa un beneficio de 2.15% a quienes

cultivan con un sistema de maíz con leguminosa.

Se realizó un análisis de varianza para determinar si había diferencia significativa estadística en el rendimiento (kg/ha) de los tratamientos como se expresa en la siguiente tabla:

Cuadro 7 Análisis de varianza

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tratamientos	37357.3778	1	37357.3778	3.32548513	0.165725555	10.12796449
Bloques	5810.35805	3	1936.786017	0.17240913	0.908606338	9.276628153
Error	33700.9877	3	11233.66257			
Total	76868.72355	7				

Los resultados del análisis de varianza proyectan que no existe diferencia significativa entre ambos tratamientos, ya que el valor crítico para F es mayor a la F calculada, sin embargo, un sistema de asocio maíz – leguminosa no solo trae beneficios productivos –aun cuando estos no sean tan significativos-, sino que además beneficia el suelo ya que la inserción de leguminosas en sistemas de cultivos maíz y frijol de secano han traído unas ventajas como: disminución de la erosión del suelo, mayor conservación de agua en el suelo, mejoría de la fertilidad del suelo y promueve la fertilización orgánica. (Meléndez, Vernoy, & Briceño, 2011)

VIII. CONCLUSIONES

1. Un sistema de asocio gramíneo-leguminoso es una alternativa que permite al agricultor mejorar en términos generales las condiciones edáficas, que contribuyen directamente a las mejoras productivas.

2. El rendimiento del híbrido Dekalb 390 en asocio con el cultivo de frijol Icta ligero fue de 5065 kg/ha representando 2.15 % más que el monocultivo que obtuvo 4956 kg/ha, sin embargo, no presentó diferencia estadística significativa.

3. Las características generales (número de filas, cantidad de granos y peso) de la mazorca del híbrido Dekalb 390 fueron superiores en el tratamiento con asocio.

4. Las variables morfológicas de la planta del híbrido Dekalb 390 presentó mejor desarrollo vegetal en el tratamiento de asocio gramínea-leguminosa en comparación al tratamiento de monocultivo.

IX. RECOMENDACIONES

1. Realizar un nuevo ciclo de cultivo de maíz con el híbrido dekalb 390 en el área donde se estableció el cultivo con asocio para determinar su efecto residual sobre los rendimientos.
2. Evaluar costos y ganancias productivas al realizar un asocio maíz-leguminosa para determinar en cuál de los dos sistemas evaluados se encuentran ganancias.
3. Determinar la relación existente entre la presencia de la plaga gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) con el sistema de producción en asocio maíz-leguminosa y monocultivo.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Bolaños, A. (Enero de 2014). *Cultivo de maíz como alimento humano*. Obtenido de Biblioteca Agrícola.
- Dardón Cruz, F. (Noviembre de 2007). *Características Agronómicas evaluación del potencial de rendimiento de siete variedades de maíz en el departamento de maíz-frijol, en el valle de Quetzaltenango*. Obtenido de Biblioteca virtual USAC.
- Fuentes Gonzales, M. (Diciembre de 2012). *Variedades de Maíz*. Obtenido de Cultivos de subsistencia .
- Hernandez Campollo, C. (Mayo de 2005). *Asociación de maíz y frijol* . Obtenido de Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC.
- ICTA. (Marzo de 2013). *El maíz cultivado en areas rurales*. Obtenido de ICTA.
- ICTA. (Diciembre de 2013). *Investigación y desarrollo de maíz de alta calidad de proteína*. Obtenido de ICTA.
- INE. (Octubre de 2013). *El Agro en Cifras*. Obtenido de INE.
- Jungenheimer, J. (Febrero de 2010). *The botanic corn*. Obtenido de United States Department of Agriculture.
- Meléndez, G., Vernoy, R., & Briceño, J. (Junio de 2011). *El frijol trapado en Costa Rica: fortalezas opciones y desafíos*. Obtenido de UCR, CIID.
- Pineda, F. (Octubre de 2011). *Origen del Maíz*. Obtenido de FAO.
- Rivas, G. A. (Febrero de 2009). *Botánica del maíz*. Obtenido de Manual Agrícola.

Thurston, D., & Smith, G. (2010). *Los sistemas de siembra con cobertura*. Obtenido de US, CATU, CIIFAD, Cornell University.

XI. ANEXOS

A. ANEXO 1


Boleta de recolección de datos

Cuadro 8 Boleta de recolección de datos

EFICIENCIA PRODUCTIVA DEL HÍBRIDO DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.), "DEKALB 390", EN MONOCULTIVO Y A SOCIO CON FRIJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), EN EL CAMPO EXPERIMENTAL DE LA UVG EN SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA.													
Tratamiento _____					Repetición _____								
Variable	Planta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Altura tallo (cm)													
Diámetro tallo (cm)													
Peso de mazorca (kg)													
No. de filas													
No. de granos por mazorca													
Longitud de mazorca (cm)													

B. ANEXO 2

Ilustración 4 Análisis de suelo

 Centro Universitario de Investigación y Capacitación de la UCR de Acarigua VD 008 Laboratorio Agronómico																											
Resultados de Análisis Químico y Físico de Suelo																											
Fecha	Identificación	Finca	Lote	Estrato	Ingenio	No. Lab	CE	pH 1:2.5	Materia Orgánica	Ca	Mg	K	Na	CIC	P	Cu	Zn	Fe	Mn	Arcilla	Limo	Arena	Tipo de Textura	15 ATM.	1/3 ATM.	D.A.P.	Humedad Gravimétrica
							(dS m ⁻¹)		%	Meq/100g Intercambiables					(ppm)					%	%	%		% H	% H	g/cc	%
01/08/2014	011-UVG	Campo Agrícola			UVG	S-3550-08-14	0.07	6.33	4.23	4.17	1.32	0.65	ND	30.03	1.26	0.49	3.15	7.78	17.11	8.00	21.21	70.79	Franco Arenoso	18.04	35.93	1.10	

Métodos de Análisis: Conductividad Eléctrica (CE): en agua relación 1:4, pH en Agua relación 1:2.5, Materia Orgánica: Walkley-Black; Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y Bases Intercambiables: extracción con acetato de amonio 1 normal; Micronutrientes y Fósforo: extracción con solución de Carolina del Norte, lectura por absorción atómica y espectrofotometría visible, respectivamente.
 Textura: método de Bouyoucos; Retención de Humedad: a 1/3 y 15 atmósferas; Densidad Absornte: método de la probeta; Humedad Gravimétrica: consulta metodología en el laboratorio.

ND: no detectado

Los resultados de este informe son válidos únicamente para las muestras como fueron recibidas en el Laboratorio.
 En el Laboratorio Agronómico, no nos hacemos responsables por el uso inadecuado que se le de a este Informe.
 Fecha Entrega: 02/09/2014
 página 1/1

Lic. Wendy de Cano
 Jefe de Laboratorio
 Hugo Paz Jiménez
 Técnico I

Finca Cementalul, Km 92.5, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla
 teléfonos 78281017-78281014

C. ANEXO 3

Fotografías de la fase de campo

1. Preparación del terreno

Ilustración 5 Preparación del terreno



Ilustración 6 Eliminación de maleza



Ilustración 7 Paso de rastra



Ilustración 8 Terreno preparado



2. Surqueo y siembra

Ilustración 9 Surqueo



Ilustración 10 Terreno surqueado



3. Germinación

Ilustración 11 Germinación



Ilustración 12 Germinación



D. ANEXO 4

Cuadro 9 Cronograma de actividades
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 2014

ACTIVIDAD	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Enero
Propuesta de trabajo de graduación													
Preparación de tierras y siembra.													
Coordinación de riego													
Fertilización													
Manejo de plagas													
Seguimiento intensivo													
Tapiscar													
Recolección de datos													
Análisis de datos													
Resultados													
Inicio informe final													
Entrega asesora													
Correcciones finales													
Entrega informe final													
Examen de graduación													

XII. GLOSARIO

1. Características morfológicas: se entiende como morfología al estudio de las características físicas de alguna cosa.
2. Condiciones edáficas: factores ambientales determinados por las características del suelo y sus condiciones físicas, químicas y biológicas.
3. Cultivo de subsistencia: la agricultura de subsistencia es un modo de agricultura en la cual una parcela de tierra produce sólo suficiente para alimentar la familia que trabaja en ella.
4. Cultivos en asocio: la asociación de cultivos es una de las técnicas más efectivas de la agricultura ecológica, y consiste en plantar dos o más especies en relación de cierta cercanía provocando una especie de relación competitiva y complementaria.
5. Fijación de nitrógeno: está definido como su combinación con oxígeno o hidrógeno. Es realizado por algunas plantas como las leguminosas.
6. Leguminosa: son plantas que forman en sus raíces unas estructuras especiales llamadas nódulos. Estos son el resultado de la interacción entre estas plantas y unas bacterias que son capaces de fijar nitrógeno atmosférico, al establecer una simbiosis con las plantas.
7. Rendimiento: es la relación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada.