

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



GUATEMALA, OCTUBRE 2012.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



**TRABAJO DE GRADUACION
REALIZADO EN LA FINCA SANTA BÁRBARA, SAN JUAN ALOTENANGO,
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA C.A.**

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

POR

RONY ESTUARDO DUBÓN FERNÁNDEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

**INGENIERO AGRÓNOMO
EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, OCTUBRE 2012.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL I	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL II	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL III	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL IV	Br. Ana Isabel Fión Ruíz
VOCAL V	Br. Luis Roberto Orellana López
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

Guatemala, octubre 2012.

Guatemala, octubre 2012.

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

Honorables miembros:

De acuerdo con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el Trabajo de graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE CUATRO ASOCIOS MAÍZ (*Zea mays* L.)- FRIJOL (*Phaseolus* sp.), UTILIZANDO EL MÉTODO BIOINTENSIVO DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA, EN LA FINCA SANTA BÁRBARA, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA C.A.”**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

RONY ESTUARDO DUBÓN FERNÁNDEZ

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS Por darme salud, sabiduría, fortaleza y una familia que me apoyo en todas las etapas de mi vida.

MADRE Delfina Fernández Sánchez por todo el esfuerzo que realizó para darme la oportunidad de terminar mis estudios profesionales.
Te quiero mucho y este triunfo es gracias al esfuerzo y fortaleza que has tenido a lo largo de todos estos años.

PADRE José Domingo Dubón García por el apoyo incondicional que me dio durante todos los años de estudio.

HERMANOS Edin y Erwin por su apoyo incondicional y por todos los momentos que hemos vivido juntos.

TIOS Angélica Dubón (Q.E.P.D) y Felipe Fernández (Q.E.P.D) por haber depositado toda la confianza en mí cuando inicie mis estudios en la carrera de agronomía.

AGRADECIMIENTOS

FAMILIA

Por estar con migo en todo momento, por su cariño y confianza y por creer siempre en mi.

ASESORES

Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte e Ing. Agr. Cesar García por su paciencia y apoyo en la realización de mi ejercicio profesional supervisado –EPS- y de este estudio.

FINCA SANTA BÁRBARA

Por permitirme realizar mi ejercicio profesional supervisado –EPS- en sus instalaciones, principalmente a Ing. Julio Molina y P. Admr. Nancy Luna por sus consejos y la amistad que me brindaron.

FINCA COSTA SOL

Por el apoyo que me brindaron para terminar mis estudios.

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por formarme como profesional.

AMIGOS

Pablo, David, Jorge, Claudia, Mildred, Luis Emilio, Rudy y Arnoldo gracias por la amistad que me brindaron y por todos los momentos alegres que pasamos durante estos años.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO	1
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	2
1.2.1. Ubicación Geográfica.....	2
1.2.2. Superficie geográfica	2
1.2.3. Suelos.....	3
1.2.4. Zona de Vida.....	3
1.2.5. Clima.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1. General	4
1.3.2. Específicos.....	4
1.4 METODOLOGÍA.....	5
1.4.1. Primera Fase de Gabinete.....	5
1.4.2. Fase de Campo	5
1.4.3. Fase Final de Gabinete.....	5
1.4.4. Recursos.....	5
1.5 ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE LA FINCA SANTA BÁRBARA.....	6
1.5.1. Plantación de café	6
1.5.1.1. Área.....	6
1.5.1.2. Variedades	6
A. Variedad Bourbon.	6
B. Variedad Caturra	6
C. Variedad Catuai.....	7
1.5.1.3. Manejo del cultivo	7
1.5.1.4. Siembra.....	7
1.5.1.5. Manejo de malezas	7
1.5.1.6. Manejo de plagas y enfermedades	8
1.5.1.7. Fertilización	8
1.5.1.8. Podas.....	8
1.5.1.9. Manejo de sombra	8
1.5.1.10. Cosecha.....	9
1.5.1.11. Rendimiento	9
1.5.2. Beneficio Húmedo de Café	9

PÁGINA

1.5.2.1. Metodología para beneficiado húmedo de Café.....	10
1.5.3. Producción de Compost.....	12
1.5.3.1. Metodología para la elaboración del fertilizante orgánico	12
1.5.4. Huerto Orgánico.....	14
1.5.4.1. Semillero	14
1.5.4.2. Preparación de la cama	15
1.5.4.3. Área	15
1.5.4.4. Cultivos	15
1.5.4.5. Siembra.....	15
1.5.4.6. Compost.....	15
1.5.4.7. Control de malezas	16
1.5.4.8. Control de plagas y enfermedades	16
1.5.4.9. Cosecha	17
1.6. ANÁLISIS FODA (FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES, AMENAZAS)	18
1.6.1. Fortalezas	18
1.6.2. Debilidades	18
1.6.3. Oportunidades	19
1.6.4. Amenazas	19
1.7. BIBLIOGRAFÍA	20
1.8. ANEXO	21
CAPÍTULO II. INVESTIGACIÓN	22
2.1. PRESENTACIÓN	23
2.2 MARCO TEÓRICO	24
2.2.1 Marco conceptual	24
2.2.1.1 Método biointensivo	24
D. Historia	24
E. Principios del método	24
2.2.1.2. Producción de granos básicos en Guatemala	26
A. Producción nacional de maíz	26
B. Contribución del maíz a la economía nacional.....	27
F. Producción	27
G. Evolución de la superficie cosechada, la producción y el rendimiento	28
2.2.1.3. Cultivo de maíz	28
A. Taxonomía	29
B. Origen.....	29
C. Fenología del cultivo	30
D. La prehistoria del maíz en Guatemala.....	30
E. La evolución del maíz en Guatemala	31

PÁGINA

2.2.1.4. Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	31
A. Importancia del cultivo del frijol	31
B. Clasificación botánica del frijol	31
C. Origen.....	32
D. Ecología	32
E. Usos	33
F. Descripción de la planta de frijol	33
G. Características generales del desarrollo de la planta de frijol	33
H. Densidad vegetal y rendimiento	34
2.2.1.5. Frijol (<i>Phaseolus coccineus</i> L.).....	35
A. Taxonomía	35
B. Origen y dispersión	35
C. Descripción.....	36
D. Requerimientos climáticos.....	36
E. Siembra.....	36
F. Época de siembra	37
2.2.2. Marco referencial	38
2.2.2.1. Ubicación geográfica	38
2.2.2.2. Superficie geográfica	38
2.2.2.3. Suelos.....	38
2.2.2.4. Zona de vida	38
2.2.2.5. Clima.....	38
2.2.2.6. Cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	39
A. Origen.....	39
2.2.2.7. Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	39
B. Origen.....	39
2.2.2.8. Frijol (<i>Phaseolus coccineus</i> L.).....	39
C. Origen.....	39
2.3. OBJETIVOS	40
2.3.1. General	40
2.3.2. Específicos.....	40
2.4. HIPÓTESIS	40
2.5. METODOLOGÍA.....	41
2.5.1. Material experimental.....	41
2.5.1.1. Factores de estudio	41
A. Materiales de maíz y frijol.....	41
B. Semillas por postura.....	41
C. Tratamientos	41
2.5.2. Variable de respuesta	42
2.5.2.1. Número de mazorcas por planta de maíz	42

PÁGINA

2.5.2.2. Número de granos por mazorca de maíz.....	42
2.5.2.3. Peso de mazorca de maíz	42
2.5.2.4. Rendimiento de grano de maíz en kilogramos por hectárea.....	43
2.5.2.5. Biomasa seca en kilogramos por hectárea	43
2.5.3. Unidad experimental	43
2.5.4. Unidad de muestreo.....	43
2.5.5. Diseño experimental	43
2.5.6. Modelo estadístico	43
2.5.7. Trabajo de campo	44
2.5.7.1. Época de siembra	44
2.5.7.2. Preparación del terreno	44
2.5.7.3. Selección de semillas	44
2.5.7.4. Siembra	44
2.5.7.5. Fertilización.....	45
2.5.7.6. Riego	46
2.5.7.7. Control de malezas	47
2.5.7.8. Control de plagas y enfermedades	47
2.5.7.9. Cosecha en kilogramos	48
2.5.8. Análisis de la información	48
2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
2.6.1. Número de mazorcas por planta de maíz	49
2.6.2. Número de granos por mazorca de maíz.....	49
2.6.3. PESO DE MAZORCA DE MAÍZ	50
2.6.4. Análisis de correlación	52
2.6.4.1. Postura (Densidad de siembra) con peso de mazorca de maíz	52
2.6.4.2. Número de granos por mazorca de maíz con peso de mazorca	52
2.6.5. Rendimiento de grano de maíz en kilogramos por hectárea	52
2.6.6. Rendimiento de biomasa seca en kilogramos por hectárea	56
2.7. CONCLUSIONES.....	59
2.8. RECOMENDACIONES	60
2.9. BIBLIOGRAFÍA.....	61
2.10. ANEXO.....	64
CAPÍTULO III. INFORME DE SERVICIOS.....	70
3.2. PRESENTACIÓN	71
3.3. CAPACITACIÓN A PEQUEÑOS PROVEEDORES DE CAFÉ EN TEMAS DE CAFÉ Y PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS UTILIZANDO EL MÉTODO BIOINTENSIVO.....	72
3.3.1. OBJETIVOS	72
3.3.1.1. General	72
3.3.1.2. Específicos.....	72

PÁGINA

3.3.2. METODOLOGÍA	72
3.3.3. Producción de hortalizas utilizando el método biointensivo.	73
3.3.3.1. Preparación profunda del suelo	73
3.3.3.2. Uso de la composta	73
3.3.3.3. Uso de semilleros.....	73
3.3.3.4. Siembra Cercana	73
3.3.3.5. Rotación de cultivos	74
3.3.3.6. Cultivo de carbono	74
3.3.3.7. Cultivo de calorías.....	74
3.3.3.8. Uso de semillas de polinización abierta	74
3.3.3.9. Integración de todos los principios	74
3.3.4. Manejo de Plantaciones de Café	75
3.3.5. RESULTADOS.....	75
3.3.6. CONCLUSIONES	76
3.3.7. RECOMENDACIÓN.....	76
3.4. MANEJO DE DESECHOS PROVENIENTES DEL BENEFICIADO HÚMEDO DE CAFÉ ...	77
3.4.1. OBJETIVOS.....	77
3.5.1.1. General	77
3.5.1.2. Específicos.....	77
3.4.2. METODOLOGÍA	77
3.5.2.1. Manejo de pulpa de café	77
A. Metodología para el manejo de pulpa de café.....	78
3.5.2.2. Manejo de aguas Mieles.	78
A. Separación de Sólidos	78
B. Corrección de pH	79
C. Decantación	79
D. Oxigenación	79
E. Fosas de decantación	79
F. Filtros piedra volcánica.....	79
G. Fosa de infiltración	80
3.4.3. RESULTADOS.....	80
3.4.4. CONCLUSIONES	81
3.4.5. RECOMENDACIÓN.....	81
3.5. MANEJO DE LA PLANTACIÓN DE CAFÉ	82
3.5.1. OBJETIVOS.....	82
3.6.1.1. General	82
3.6.1.2. Específicos.....	82
3.5.2. METODOLOGÍA.....	82
3.5.3. RESULTADOS.....	83

	PÁGINA
3.5.4. CONCLUSIÓN.....	83
3.5.5. RECOMENDACIÓN.....	83
3.6. ANEXO.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1A. Croquis del área de finca Santa Bárbara	21
2. Absorción de nutrientes de la planta en relación al pH del suelo.	46
3. Principales plagas que afectaron al cultivo de maíz en las etapas fenológicas.	48
4A. Análisis de suelo de Huerto Orgánico, Finca Santa Bárbara.	69
5. Filtro colocado en las fosas de decantación para la recuperación de sólidos flotantes.	81
6A. Capacitación en el huerto orgánico sobre la siembra cercana.....	84
7A. Medición utilizando el método de tresbolillo para la siembra cercana.	84
8A. Capacitación sobre manejo del cultivo de café.....	85
9A. Capacitación en el laboratorio de catación de la empresa.	85

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Combinación de factores en los tratamientos.	42
2. Análisis de varianza (ANDEVA), para la variable número de granos por mazorca de maíz.	49
3. Comparación múltiple de medias para la variable número de granos por mazorca de maíz.	50
4. Análisis de varianza (ANDEVA) para la variable peso de mazorca de maíz.....	51
5. Comparación múltiple de medias para la variable peso por mazorca de maíz.....	51
6. Coeficiente de correlación entre variables.	52
7. Análisis de varianza (ANDEVA) para el variable rendimiento de grano de maíz en kilogramos por hectárea	53
8. Comparación múltiple de medias para la variable rendimiento de grano de maíz en kilogramos por hectárea.	54
9. Análisis de varianza (ANDEVA) para la variable rendimiento de biomasa seca en kilogramos por hectárea.	57
10. Comparación múltiple de medias para la variable rendimiento de biomasa en kilogramos por hectárea.....	57
11. Datos de la variable número de granos por mazorca de maíz (<i>Zea mayz</i> L).	64
12. Datos de la variable peso de mazorca de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	65
13. Datos de la variable rendimiento de grano de maíz en kilogramos por hectárea.....	66
14. Datos de la variable de rendimiento de biomasa seca en kilogramos por hectárea.....	67
15. Datos de la variable rendimiento de grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.) en kilogramos por cada 10 m ²	68
16. Cuadro resumen de capacitaciones realizadas en la Finca Santa Bárbara.....	76
17. Ingreso de pulpa de café y cascabillo por cama de compostaje.....	80
18. Planificación de actividades de manejo que se realizaron dentro de la finca.	82

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE CUATRO ASOCIOS MAÍZ (*Zea mays* L.)-FRIJOL (*Phaseolus sp.*), UTILIZANDO EL MÉTODO BIOINTENSIVO DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA, EN LA FINCA SANTA BÁRBARA, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA C.A.

EVALUATION OF FOUR ASSOCIATION OF CORN (*Zea mays* L.)-BEAN (*Phaseolus sp.*) BIOINTENSIVE USING ORGANIC PRODUCTION AT THE VILLA SANTA BARBARA, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA C.A.

RESUMEN

La empresa Unex S.A. (Unión de Exportadores S.A.), surge en el año 1992 con una visión futurista, el grupo de Sola en El Salvador se fusionó con el grupo de Cristiani Burkard, el grupo Agrisal, Bros Kriete, Co. e Industrias de café para crear el mayor exportador en el país, denominado Unión de Exportadores (UNEX), S.A.

El trabajo de graduación se conforma de tres partes, la primera corresponde a la elaboración de un diagnóstico, en el cual se obtuvo información de aspectos generales de la finca, así también se logró realizar un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). Entre las fortalezas con las que cuenta la empresa están; área adecuada para realizar cada una de las actividades productivas que actualmente se ejecutan dentro de la finca, cuenta con personal capacitado en cada área productiva. Algunas debilidades con las que cuenta la finca son; no se cuenta con una planeación adecuada de las actividades que se realizan en el manejo y cuidado de la plantación de café, además de que no se cuenta con un plan de manejo de los desechos que se producen del proceso de beneficiado de café en húmedo.


La segunda parte se compone de la investigación, titulada; evaluación de cuatro socios maíz (*zea mays* L.)-frijol (*phaseolus sp.*), utilizando el método biointensivo de producción orgánica, en la finca Santa Bárbara, san Juan Alotenango. El objetivo principal fue evaluar cuatro socios

maíz-frijol voluble y el diferente número de semillas por postura de maíz en los socios bajo los principios del método biointensivo de producción orgánica.

Con la aplicación del método biointensivo en la producción de granos básicos se pudo comprobar que aplicando adecuadamente el método se pueden obtener rendimientos por área mayores a los que se obtiene con la aplicación de una agricultura convencional en la cual además de obtener rendimientos menores se dañan recursos naturales no renovables como el suelo y agua con la utilización de productos de origen químico.

Las variables evaluadas para la investigación fueron; número de mazorca por planta, granos promedio por mazorca, peso en kilogramos por mazorca, rendimiento de grano de maíz en kilogramos por hectárea y biomasa en kilogramos por hectárea. Para la variable de rendimiento de grano se obtuvieron mejores resultados sembrando tres semillas de maíz por postura ya que con esta densidad se obtuvo un rendimiento mayor en un 12 %.

La tercera parte de la que se compone el trabajo consiste en una serie de servicios prestados en la Finca. Los servicios realizados fueron; manejo de desechos provenientes del beneficiado húmedo de café, capacitación a pequeños proveedores de café en temas de café y producción de hortalizas utilizando el método biointensivo y manejo de la plantación de café.



CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO

DIAGNÓSTICO DE LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE LA FINCA SANTA BÁRBARA, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ.

1.1 ANTECEDENTES

La empresa Unex S.A. (Unión de Exportadores S.A.), surge en el año 1992 con una visión futurista, el grupo de Sola en El Salvador se fusionó con el grupo de Cristiani Burkard, el grupo Agrisal, Bros Kriete, Co. e Industrias de café para crear el mayor exportador en el país, denominado la Unión de Exportadores (UNEX), S.A. La empresa cuenta con plantas de procesamiento de café maduro y pergamino. El café maduro es procesado en los beneficios húmedos ubicados en diferentes regiones del país como San Lucas Toliman, Sololá; El Quetzal, San Marcos; Santa Bárbara, San Juan Alotenango.

La Finca Santa Bárbara se encuentra ubicada en el Municipio de San Juan Alotenango, Sacatepéquez, en donde además de contar con el beneficio húmedo, se cultiva café en un área aproximada de 14 manzanas, se produce compost a base de pulpa de café y en los últimos meses se ha implementado un área de producción de hortalizas en un huerto orgánico

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1. Ubicación Geográfica

La Finca se ubica en el municipio de San Juan Alotenango, Departamento de Sacatepéquez. Colinda al Sur con la finca PAUL ECKE, al Norte con la Finca Costa Sol y un terreno propiedad de un vecino del Municipio. La finca se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas; 14°29'42.72" Latitud Norte, 90°49'4.16" Longitud Oeste, a una altitud de 1465 metros sobre el nivel del mar.

1.2.2. Superficie geográfica

El área total de la finca es de 21 manzanas de las cuales 14 están ocupadas por el cultivo de café y el resto se encuentra distribuido en el beneficio húmedo, Elaboración de compost y el huerto orgánico.

1.2.3. Suelos

En municipio de San Juan Alotenango los suelos son muy fértiles, fisiográficamente pertenecen a las tierras altas volcánicas y geomorfológicamente constituyen; zona volcánica. Según Simmons (1959), los suelos pertenecen a la serie de suelos Alotenango. La geología de los suelos es material de origen volcánico cuaternario.

1.2.4. Zona de Vida

Según Holdridge el municipio de San Juan Alotenango está localizado en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical, su patrón de lluvias en promedio anual es de 1,344 mm de precipitación, la biotemperatura es de 15 grados centígrados (Cruz, 1982).

1.2.5. Clima

Hay dos épocas bien marcadas, la lluviosa que inicia regularmente de abril a octubre. Durante esta época se registra un período de lluvias esporádicas llamado Canícula en julio y agosto (Cruz, 1982).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. General

- Describir las actividades productivas realizadas en la Finca Santa Bárbara de la empresa UNEX (Guatemala) S.A.

1.3.2. Específicos

- Detallar las actividades que se realizan dentro de la Finca Santa Bárbara
- Realizar un análisis FODA de las actividades productivas de la Finca Santa Bárbara.

1.4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para alcanzar los objetivos planteados, se dividió en varias fases, siendo estas las siguientes;

1.4.1. Primera Fase de Gabinete

El trabajo inicial de gabinete consistió en realizar una investigación en fuentes secundarias (tesis o documentos que contengan información básica del lugar) y vía online de las actividades productivas de la Finca y de las actividades que el programa Labor Social actualmente promueve en las diferentes comunidades asistidas.

1.4.2. Fase de Campo

El trabajo de campo consistió en la recolección de información primaria. La información se recolectó a través de pláticas y entrevistas informales que se mantuvieron con personal que labora en las diferentes actividades productivas que se realizan dentro de la Finca.

1.4.3. Fase Final de Gabinete

El trabajo de gabinete final consistió en la integración de toda la información recopilada en la fase de campo. Para el estudio de la información recopilada se realizó un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas), para poder determinar con esto la situación actual de ambas dependencias. Por último se realizó la redacción, elaboración y presentación del documento final.

1.4.4. Recursos

- Documentos para revisión bibliográfica
- Internet,
- Computadora
- Libreta de campo
- Bolígrafos
- Hojas

1.5 ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE LA FINCA SANTA BÁRBARA

La finca Santa Bárbara cuenta con una extensión de 21 manzanas distribuidas en las diferentes actividades productivas realizadas en la finca entre las que se encuentran producción de café, la planta de beneficiado de café maduro, producción de abono orgánico, y recientemente se incorporó un área de huerto orgánico el cual es impulsado a través del programa Labor Social creado por la empresa para apoyar a los pequeños proveedores del grano de café.

1.5.1. Plantación de café

1.5.1.1. Área

El cultivo de café dentro de la finca está distribuido en el 66% del área, lo que equivale a 14 manzanas, distribuidas en seis parcelas.

1.5.1.2. Variedades

Dentro del área de la finca se cultivan las variedades Bourbon, Caturra y Catuai, las cuales están distribuidas en las 14 manzanas mencionadas anteriormente.

A. Variedad Bourbon.

Se trata de una variedad de café arábica. Su nombre se debe a su procedencia geográfica. Pues al parecer se empezó a cultivar en la Isla de Bourbon (ahora La Reunión). Después fue cultivado en América Latina y África, siendo El Salvador uno de los países que hoy destacan en la producción de esta variedad. El café Bourbon crece mejor en altitudes superiores a los 1.000 metros. Destaca en él su sabor a chocolate y almendra. Y es de acidez media y alta. Su sabor es más marcado a medida que aumenta la altura en la que es cultivado (Anacafe, 1991).

B. Variedad Caturra

Es una mutación de Bourbon fue introducida en Guatemala en la década de los cuarenta. Es un cafeto de porte bajo, eje principal grueso, poco ramificado, con ramas secundarias abundantes y entrenudos cortos. Hojas grandes, anchas, de textura un poco más áspera, con base ondulada y brotes de color verde (Anacafe, 1991).

Es una variedad de alta producción y requiere un buen manejo cultural y adecuada fertilización, de lo contrario se resiente mucho bajo condiciones adversas del suelo y del ambiente. En Guatemala, en altitudes mayores de 3,500 pies y con lluvias menores de 1,500 mm al año merece más atención y mejor cuidado (Anacafe, 1991).

C. Variedad Catuai

Esta variedad ha mostrado un comportamiento excelente con producciones altas de manera consistente, a pesar de que a partir de su introducción formal en 1970, se ha descuidado la selección de sus progenies. Su popularidad ha provocado que muchos caficultores compren y vendan semilla de Catuai con mucha facilidad, si los pasos adecuados y la meticulosidad que exige la producción de semilla. Como resultado, los cafetos de muchas plantaciones actuales no muestran el fenotipo de la variedad. Su vigor vegetativo, aunque muy bueno ya no tiene la gran pujanza que lo caracterizó (Anacafe, 1991).

1.5.1.3. Manejo del cultivo

Las actividades de manejo de la plantación no se realizan continuamente ya que por la baja en los precios y la producción no se realizan todas las prácticas de manejo agrícola recomendadas.

1.5.1.4. Siembra

La plantación tiene una edad aproximada de 10 años. En el año 2009 se plantaron 2 manzanas para las cuales se utilizaron las variedades anteriormente mencionadas. Para la siembra se realizó el semillero y almácigo en la propia finca. La distancia de siembra fue de 1 por 2 m. Las distancias de siembra utilizadas en las plantaciones de mayor edad fueron variantes ya que existe una mayor densidad que la recomendada en el área cultivada.

1.5.1.5. Manejo de malezas

Dentro del cultivo de café únicamente se hace una limpia en la temporada realizando esta en el mes de agosto antes de iniciar el periodo de cosecha. La limpia se hace de forma manual para aprovechar la biomasa que producen las plantas no deseadas en la

incorporación de materia orgánica, ya que estas son colocadas dentro del cultivo de café para que en el proceso de descomposición incorporen nutrientes al suelo y éstos sean aprovechados por el cultivo.

1.5.1.6. Manejo de plagas y enfermedades

Dentro de la plantación no se realizan ninguna actividad relacionada con el manejo de plagas y enfermedades que se presenten. Hasta hace unos años el único control de plagas que se realizaba estaba enfocado en el control y erradicación de la broca del café (*Hypothenemus hampei*). Actualmente los daños de broca han disminuido considerablemente por lo que ya no se realizan prácticas de control de la misma.

1.5.1.7. Fertilización

Hace unos años la fertilización se realizaba aplicando productos químicos como el 15-15-15 y urea 46-0-0, luego como se mencionó anteriormente se dejaron de realizar las prácticas de manejo al cultivo. En el año 2009 se inició de nuevo con el manejo de la plantación iniciando en este periodo la transición de una agricultura convencional a una de producción orgánica, ya que en este periodo ya no se utilizaron insumos de origen químico, únicamente se aplicó abono orgánico elaborado dentro de la finca a partir de los desechos producidos por el beneficiado húmedo y seco de café como lo son la pulpa y cascabillo respectivamente.

1.5.1.8. Podas

En el cultivo se ha realizado la poda rock and roll y la poda de descope ésto hasta hace unos años, ya que en los últimos años no se ha realizado este trabajo. En el año 2009 se realizó un trabajo de deshije en algunas parcelas.

1.5.1.9. Manejo de sombra

La especie utilizada en la zona de Sacatepéquez para la sombra es la *Gravilea*, ya que además de ser una especie adecuada para la sombra del cultivo es una especie de alta demanda para consumo de leña por las amas de casa de la región. El manejo se realiza en los meses de abril y mayo o en la entrada del invierno para aumentar la ventilación

dentro de la plantación y consiste en el corte de las ramas centrales de cada árbol para ir formando una copa y la sombra se expanda en dirección horizontal.

1.5.1.10. Cosecha

Se realiza en los meses de octubre a marzo, periodo durante el cual el fruto alcanza su máxima madurez. La cosecha la realizan hombres y mujeres en recipientes amarrados a la cintura para su fácil manejo. La fruta cosechada es procesada en el beneficio que funciona dentro de la finca.

1.5.1.11. Rendimiento

El rendimiento en los últimos años ha disminuido considerablemente ya que en años anteriores se habían obtenido producciones mayores a los 1000 quintales maduros por el área de cultivo. En el año 2009 la producción descendió hasta 495 quintales maduro, esto debido a la falta de manejo agronómico en los años anteriores. Para el año 2010 la producción aumentó a 683 quintales de café maduro, esto se logró debido a que las prácticas de manejo como fertilización, control de malezas, manejo de sombra y podas se están realizando periódicamente.

1.5.2. Beneficio Húmedo de Café

El beneficio en el transcurso de los años ha cambiado constantemente de dueño, por lo cual no se tiene un registro de la fecha de inicio del mismo dentro de la Finca Santa Bárbara. La empresa Unex S.A. la adquirió hace aproximadamente 10 años durante los cuales se ha dedicado a comprar café maduro a los pequeños productores de las diferentes regiones del país y procesarlos para obtener café pergamino.

En el año 2009 ingresaron en el beneficio un aproximado de 250 mil quintales de café maduro proveniente de varios municipios de Sacatepéquez, así como de los municipios aledaños. En el año 2010 se procesó un total de 350 mil quintales de café maduro proveniente de los departamentos de Sololá, Sacatepéquez, Chimaltenango y Escuintla.

1.5.2.1. Metodología para beneficiado húmedo de Café

Al momento de recibir el café procedente de las diferentes regiones del país el mismo es pesado en la báscula electrónica que posee la finca la cual tiene una capacidad máxima de 600 quintales. El proceso de pesaje incluye la toma de un peso inicial que se hace al momento que el camión vaya a ser descargado en las pilas de recepción ya que si el camión es pesado y no se descarga en el momento existe pérdida de peso y variantes en el rendimiento de café maduro a pergamino.

Además al momento de recibir el café maduro se realizan pruebas de calidad para determinar si el grano es de buena calidad y si se acepta o rechaza. La prueba consiste en seleccionar una libra de café de varios sacos del cliente, de la cual se realiza una selección de granos por estado de madurez (grano verde, maduro, muy maduro), cuando se termina la clasificación por madurez se procede a sacar una proporción de cada clasificación de café. Asimismo al momento de la recepción se realiza una prueba de grano vano, esto se realiza colocando una libra del grano en un recipiente con agua, los granos que flotan son extraídos y luego los granos que quedan en el recipiente son nuevamente pesados y se saca una proporción de grano vano y si el porcentaje es mayor a 5 % se rechaza la partida de café maduro.

Luego de realizar estas pruebas de calidad, el café es pesado en la báscula ubicada en la parte principal de la finca, el grano es recibido en pilas para su posterior proceso de beneficiado. Cuando el proceso de recepción del grano concluye el vehículo que transporta el producto es nuevamente pesado y en base a la diferencia de pesos (inicial y final) se determina la cantidad de café ingresado al beneficio.

Cuando el lote de café es aceptado se procede a su recepción en pilas donde todo el producto de cada una de las partidas es depositado, cuando el producto está listo se procede a sacarlo de la pila por medio de agua a presión.

El café sacado de las pilas es conducido por unos canales hacia un sifón el cual se encuentra ocupado con agua, esto con el fin de separar por medio del agua y por

diferencia de pesos el grano vano del grano bueno. El grano vano es conducido a través de un helicoidal y separado del proceso de despulpado. El grano maduro es succionado por unos tubos y transportado por un helicoidal (transportador 1). Luego el café maduro pasa a otra helicoidal (transportador 3) la cual distribuye el grano en ambas direcciones y lo lleva a las maquinas despulpadoras (1, 2, 3, 4).

Cuando el grano está despulpado es llevado hacia los canales los cuales se encargan de transportarlo hacia las cribas en donde el grano es clasificado en base a su calidad y su tamaño. La pulpa que se obtiene del proceso es transportada por una helicoidal hacia el lugar donde se utilizará para el proceso de elaboración del compost.

El grano que sale de las cribas que no presenta buena calidad es succionado por una bomba y llevado nuevamente a una despulpadora de repaso. El grano despulpado y de buena calidad es llevado por los canales a las pilas de fermentación donde también el café es separado por partidas. Antes de pasar al proceso de fermentación algunas partidas pasan por la desmusilaginadora para adelantar el proceso de fermentación. El tiempo de fermentación de cada partida depende de varios factores, por ejemplo; si el café proviene de la costa sur o de algún lugar retirado al beneficio el proceso de fermentación es más rápido ya que el mismo inicia desde que el café es cortado en la plantación; comparado con un café que provenga de la región de Alotenango, otro factor que influye en el tiempo es la calidad de agua que se utilice ya que si el agua está limpia y a bajas temperaturas el tiempo de fermentación es mayor comparado con el uso de agua recirculada y a mayores temperaturas. El café ya fermentado es conducido a través de canales que presentan una superficie áspera para terminar de quitar residuos de miel con la ayuda del agua hacia el área de lavado en caso sea necesario eliminar residuos de miel que existan en el grano. Luego el grano es llevado del área de lavado hacia los canales de clasificación, donde las personas con ayuda de paletas remueven el grano lo cual hace que el grano vano suba y el bueno quede por abajo. El grano vano es eliminado y el grano clasificado es conducido por una bomba donde el grano fluye con agua y el mismo es descomprimido y recibido por el camión o tractor para ser transportado a los diferentes patios donde se da el proceso de secado.

Cuando las condiciones climáticas no permiten realizar el proceso de secado adecuadamente se utilizan secadoras industriales para agilizar el proceso y el café no se pierda por el alto porcentaje de humedad que presente.

1.5.3. Producción de Compost

La producción de fertilizante a base de pulpa de café inició en el año 2009, ya que antes de este periodo la pulpa no era utilizada y únicamente formaba parte de la contaminación que genera el beneficiado del café. La idea de la utilización del abono surge también con la finalidad de apoyar a los pequeños productores de café a través del programa Labor Social ya que el fertilizante se les proporciona a los productores a un bajo costo.

La pulpa utilizada para la elaboración del fertilizante es la que se produce del despulpado del café maduro que se procesa en el beneficio. Aproximadamente en el año 2009 ingresaron al beneficio un total de 250 mil quintales de café maduro, de los cuales al realizar el proceso de despulpado se obtuvo 110 mil (44%) quintales de pulpa los cuales fueron procesados para la producción de abono orgánico. Para la cosecha 2010 – 2011 se recibió un total de 131 mil quintales de pulpa los cuales fueron destinados para la elaboración de compost utilizando otra materia prima en comparación con el año 2009.

1.5.3.1. Metodología para la elaboración del fertilizante orgánico

Al momento de recibir la pulpa del beneficio ésta es transportada por unas bandas helicoidales en donde es aplicada una solución compuesta con microorganismos anaeróbicos al 5%. Los microorganismos son recolectados en la montaña, entre los que se aplican en la solución se pueden mencionar bacteria ácido láctico y levaduras, éstas cumplen la función de acelerar el proceso de descomposición del compost. También son agregados microorganismos aeróbicos (hongos) para la descomposición de la pulpa y cascabillo. Luego de mezclar los microorganismos con la pulpa, ésta es transportada al campo, donde se realizará el proceso de descomposición y mezcla con el cascabillo que es el otro subproducto del beneficio de café.

En años anteriores se realizaba la siguiente mezcla; la pulpa es la materia prima que se utilizó en la elaboración del compost ya que ocupó un volumen del 70-75 % aproximadamente, cascabillo que es otro subproducto del beneficiado del café ocupó un volumen del 10%, ceniza vegetal un subproducto de la caña de azúcar ocupó un volumen de 10-15 % aproximadamente, cal dolomítica 2 % exacto. La mezcla de los ingredientes se realizó con la ayuda de maquinaria (tractor), ya que por el alto volumen que se manejó era muy difícil realizar la mezcla manualmente.

Actualmente el compost se elabora a base de desechos del beneficiado seco y húmedo de café. La mezcla está compuesta principalmente de pulpa de café ya que este subproducto ocupa un volumen del 85 % del total de compost a procesar, mientras que el cascabillo el otro subproducto del beneficiado de café se mezcla en un porcentaje del 15%. Se tomó la decisión de eliminar algunos insumos con el fin de mejorar las características del compost; entre los que se pueden mencionar el pH ya que con la eliminación de la ceniza y cal se logró reducir el mismo además de disminuir los costos en la elaboración del mismo.

Cuando los productos están mezclados se procede a una fase de fermentación, que es cuando la temperatura se eleva hasta alcanzar los 70 grados centígrados. Este periodo dura aproximadamente 15 días desde que se realiza la mezcla.

Durante el periodo de fermentación es necesario mantener la mezcla con aireación, para esto cada cierto periodo de tiempo (frecuencia no establecida) es necesario voltear las composteras, este trabajo se realiza mecanizadamente. Durante la aireación se va estabilizando la temperatura. El periodo de estabilización dura alrededor de tres meses.

Cuando la temperatura ya está estable, se procede a pasar la mezcla a un área de curado. En este proceso la temperatura desciende hasta los 40 grados centígrados que es donde se debe mantener. En el área de curado es donde se termina de descomponer el material y dura aproximadamente un mes.

Cuando el material se ha descompuesto totalmente se procede a realizar el cernido y luego el empaqueo del producto final. El rendimiento de los productos utilizados para la elaboración del fertilizante es bajo ya que aproximadamente con la utilización de 110 mil quintales de pulpa al final del proceso se contabilizan de 50 mil a 60 mil quintales de fertilizante utilizable, lo que indica un rendimiento del 50 por ciento.

1.5.4. Huerto Orgánico

El huerto orgánico se inició a finales del mes de abril del año 2010, ya que con anterioridad el área estaba ocupada por el cultivo de café. El proyecto nace con la idea de capacitar a los pequeños productores de café de las comunidades cubiertas por el programa Labor Social de la empresa, para que estos puedan cultivar y producir sus propios alimentos.

Para la producción del huerto orgánico se emplean técnicas del método de producción biointensivo el cual trata de producir grandes cantidades de alimento en espacios reducidos y en armonía con la naturaleza por lo cual no se utiliza ningún producto químico en la producción de cultivos. El método está basado en una serie de principios entre los que se encuentran la doble excavación, utilización de compost, siembra cercana, asociación y rotación de cultivos, entre otros.

1.5.4.1. Semillero

En el área destinada al huerto existe una parte donde se elaboran semilleros en los cuales se producen pilones de las hortalizas que se producen en el huerto entre las que se pueden mencionar; lechuga, apio, cilantro, chile, tomate, entre otros. El material utilizado para la elaboración de los almácigos consiste en una parte de suelo negro y una parte de compost elaborado a partir de pulpa de café un subproducto del beneficio húmedo de la finca. Parte de la semilla que se utiliza en los semilleros se produce en el huerto mientras que el resto se compra.

1.5.4.2. Preparación de la cama

El cultivo biointensivo está basado en una serie de principios entre los cuales se puede mencionar la doble excavación la cual es el método de preparar el suelo para la siembra. Con la doble excavación se prepara la tierra a 60 centímetros de profundidad. Es posible que la primera vez sólo se alcancen de 35 a 45 centímetros de profundidad. La cama así preparada tiene la textura y los nutrientes apropiados para ser sembrada.

1.5.4.3. Área

La siembra de hortalizas en el cultivo biointensivo se realiza en camas o tablonces las cuales poseen las siguientes dimensiones de 7 por 1.5 ms (10.5 m²), en la mayor parte de tablonces ya que por la disposición del terreno destinado al huerto no todos los tablonces poseen estas dimensiones. Actualmente se cuenta con un total de 140 tablonces de diferentes dimensiones.

1.5.4.4. Cultivos

Como se mencionó anteriormente en el huerto se utiliza el método de cultivo biointensivo para la producción de hortalizas. El asocio de cultivos es uno de los principios del método. Algunos asociados que se trabajan en el huerto son; tomate-cebolla-cilantro, maíz-fríjol-calabaza, puerro-tomate, orégano-lechuga-apio. Además existen algunos tablonces en los cuales se aplica el monocultivo; lechuga, apio, cilantro, bledo, camote, entre otros.

1.5.4.5. Siembra

Esta se realiza también basándose en el método biointensivo en el cual se sugiere realizar siembra cercana para aprovechar el espacio y los nutrientes existentes en el suelo por la aplicación de altas cantidades de compost, además de crear un microclima en el cual el crecimiento de malezas es muy reducido. El espaciamiento entre las plantas es muy reducido en comparación con agricultura convencional. La siembra se realiza al tresbolillo tanto en los semilleros como en el tablón de siembra definitiva.

1.5.4.6. Compost

Al momento de realizar la doble excavación para la elaboración del tablón fue aplicada una cubeta de 5 galones de compost elaborado en la finca a base de pulpa de café por cada

30 cms de tablón (23 cubetas por tablón). El compost se quedó en los 30 cms de profundidad que indica la doble excavación, luego se aplicó un total de 4 cubetas por encima del tablón cuando el proceso de doble excavación había concluido. Estas últimas 4 cubetas fueron mezcladas con los primeros 10-15 cms de suelo. Fue necesario aplicar grandes cantidades de compost en el primer ciclo de cultivo ya que por el tipo de suelo no se contaba con los nutrientes necesarios para que la planta realizara su ciclo de producción adecuadamente.

En el cultivo biointensivo únicamente se realiza una fertilización y ésta se realiza antes de realizar la siembra como se describió anteriormente. Para el segundo ciclo de cultivo ya no fue necesario aplicar una cubeta por cada 30 cms, ya que únicamente se realizaba la doble excavación y al finalizar esta se aplicaron 6 cubetas de compost las cuales fueron mezcladas con el suelo en los primeros 10-15 cms.

1.5.4.7. Control de malezas

Se realiza en forma manual y para esta práctica no existen fechas establecidas ya que la frecuencia dependerá de la incidencia que presenten las malas hierbas en el tablón, la cual está influenciada por las condiciones climáticas. Con la aplicación adecuada del principio de siembra cercana se puede evitar realizar mayor control de malezas ya que el microclima formado por las plantas ayudaría al control natural de estas plantas.

1.5.4.8. Control de plagas y enfermedades

No se cuenta con un programa de prevención y control de plagas y enfermedades ya que éstas se controlan únicamente cuando están provocando daños significativos en los cultivos. El control que se realiza es manual y biológico. Entre los productos biológicos que se utilizan se pueden mencionar *Metarizium anisoplae*, *Bacillus thuringiensis* y *Bacillus thuringiensis*, Virus de la poliedrosis nuclear VPN. Estos productos se utilizan principalmente para daños provocados por larvas de lepidópteros, principalmente el gusano de la col, el cual es la principal plaga que se encuentra en el huerto.

1.5.4.9. Cosecha

Al momento de realizar la cosecha se separan los productos de cada una de las camas para poder determinar por medio del peso el rendimiento por área de cultivo. En el peso se incluye tanto el material para consumo como el material que ya no es apto para el consumo humano, separando después del pesaje ambas partes. El peso es anotado en una boleta de registro para tener información de cada una de las camas cultivadas.

1.6. ANÁLISIS FODA (FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES, AMENAZAS)

1.6.1. Fortalezas

- Cuenta con el área adecuada para realizar cada una de las actividades productivas que actualmente se ejecutan dentro de la Finca.
- Cuenta con personal capacitado en cada área productiva.
- Alta capacidad de recepción y transformación del grano de café maduro para el proceso de beneficiado.
- Cuenta ya con un gran número de proveedores de café maduro.
- Cuenta con el equipo adecuado para la realización de las diferentes actividades.
- Poseen altos controles de calidad tanto en la recepción como en la entrega del producto final.

1.6.2. Debilidades

- No existe registro de las actividades que se han realizado en años anteriores en las diferentes actividades productivas de la finca.
- No se cuenta con una planeación adecuada de las actividades que se realizan en el manejo y cuidado de la plantación de café.
- No se cuenta con un plan de manejo de los desechos que se producen del proceso de beneficiado de café en húmedo.

- No existe un mercado de comercialización para los productos cosechados en el área del huerto orgánico.

1.6.3. Oportunidades

- El fertilizante orgánico elaborado a base de pulpa de café no posee alta competencia ya que la mayoría de beneficios de café no aprovechan la pulpa resultado del proceso.
- La producción de alimentos en forma orgánica será la mejor alternativa de alimentación para la humanidad por la falta de insumos que en el futuro se presentará.
- La demanda de alimentos orgánicos está en aumento.
- Con la alta demanda de productos orgánicos que existe actualmente se podría implementar una cadena de comercialización para lograr que el huerto sea auto sostenible.

1.6.4. Amenazas

- Por la ubicación geográfica de la Finca actualmente se tiene el problema en la conducción de agua de escorrentía que proviene de las faldas del volcán, por lo que una parte de los patios de secado está en riesgo de quedar soterrado por los materiales que son arrastrados por el caudal del agua.
- Por el problema que el calentamiento global está provocando en las condiciones climáticas se está priorizando el uso de prácticas orgánicas en la ciencia agrícola, por lo cual en el futuro existirá alta oferta de productos orgánicos y la competencia por la producción de los mismos aumentará considerablemente.


1.7. BIBLIOGRAFÍA

1. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 1991. Manual de caficultura. Guatemala. 169 p.
2. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala; según el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
3. Simmons, C; Táranó, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.

1.8. ANEXO

FINCA PAUL ECKE						
Aguas Residuales					Tablón 1: 10.5 cuerdas	<i>Vecinos</i>
Beneficio		Tablón 3: 21 cuerdas				
		Almacigo				
Calle de transito						
Tablón 6: 10 cuerdas	Abonos orgánicos	Tablón 5: 12 cuerdas	Tablón 4: 23 cuerdas	Tablón 2: 15 cuerdas		
<u>Camino Vecinal</u>						

Figura 1A. Croquis del área de finca Santa Bárbara



CAPÍTULO II. INVESTIGACIÓN
EVALUACIÓN DE CUATRO ASOCIOS MAÍZ (*Zea mays L.*)-FRIJOL (*Phaseolus sp.*),
UTILIZANDO EL MÉTODO BIOINTENSIVO DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA, EN LA
FINCA SANTA BÁRBARA, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ,
GUATEMALA C.A.

2.1. PRESENTACIÓN

La dieta alimenticia guatemalteca está compuesta principalmente por el consumo de granos, como el maíz (*Zea mays* L.) y el frijol (*Phaseolus sp.*), los cuales son producidos a nivel familiar para autoconsumo y comercialización de los excedentes.

El Cultivo Biointensivo es un método de agricultura ecológica sustentable a pequeña escala enfocada en el autoconsumo y la mini comercialización, sin el uso de insumos externos. El método es casi totalmente sustentable y aprovecha la naturaleza para producir altos rendimientos de cultivo en poco espacio, utilizando menos agua que la agricultura mecanizada convencional (Semarnat, 2008).

La producción de granos y en general de cultivos hortícolas bajo el método de producción biointensiva aun no está estudiada en el país, ya que es una práctica que se comienza a difundir y pocos agricultores conocen el proceso que conlleva producir bajo este método. Por lo anterior en la finca Santa Bárbara se inició un proyecto de labor social con el cual se abrió un centro de capacitación a pequeños agricultores, en donde se les da a conocer el método biointensivo de producción orgánica.

La investigación se realizó en la Finca Santa Bárbara, ubicada en San Juan Alotenango, Sacatepéquez, utilizando como base los principios del método biointensivo, evaluando dos materiales de maíz (*Zea mays* L.), tres posturas de maíz (1,2,3, semillas por postura) y las especies de frijol *Phaseolus vulgaris* L. y *Phaseolus coccineus* L., sembrados en asocio, evaluando la variable rendimiento de biomasa seca en kilogramos por hectárea para los socios y el rendimiento de grano de maíz en kilogramos por hectárea. Se utilizó el diseño estadístico completamente al azar con un arreglo en campo trifactorial. El rendimiento de grano para el cultivo de maíz no presenta diferencia estadística en cuanto a los socios evaluados, mientras que para la densidad de siembra se presentó una diferencia significativa en cuanto al rendimiento de grano en kilogramos por hectárea, siendo la densidad de 3 semillas por postura la que presentó mayor rendimiento, con una producción media de 3,560 kilogramos por hectárea. Para la producción de biomasa existió diferencia estadística en cuanto a los socios evaluados, presentando mayor biomasa los socios de *P. coccineus* L. con maíz reportando una producción de 35,353 kilogramos por hectárea.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

2.2.1.1 Método biointensivo

El método de cultivo biointensivo es un método de agricultura ecológica sustentable de pequeña escala enfocada en el autoconsumo y la mini-comercialización. Sin el uso de insumos externos, el método es casi totalmente sustentable y aprovecha la naturaleza para producir altos rendimientos de producción en poco espacio, utilizando menos agua que la agricultura mecanizada convencional. La técnica se realiza a mano con herramientas como la pala, el bieldo y el rastrillo, y consiste en varios principios que pueden ser adaptados a cualquier clima. El resultado es una agricultura ecológica que no sólo produce alimentos nutritivos y orgánicos, sino también reconstruye y mejora la fertilidad del suelo (Semarnat, 2008).

El método brinda una solución a la seguridad alimentaria familiar frente a los grandes problemas que amenazan a los pueblos del mundo, la contaminación y destrucción del medioambiente, el agotamiento de los recursos naturales y el calentamiento global. Con este énfasis, el método se ha desarrollado para poder cultivar todos los alimentos para una dieta completa y nutritiva en el espacio más reducido (Semarnat, 2008).

D. Historia

El método biointensivo se basa en la agricultura ancestral de China, Grecia y Europa que se practicaba antes de la gran industrialización de la agricultura moderna convencional. La técnica combina principios de la agricultura biodinámica y el cultivo intensivo francés y ha sido desarrollada e investigada durante los últimos 35 años por Ecology Action, ONG estadounidense (Semarnat, 2008).

E. Principios del método

El método de cultivo biointensivo presenta una solución para la seguridad alimentaria de los pueblos del mundo por medio del trabajo amigable con, en vez de contra, la naturaleza. La técnica consiste en 10 principios.

1. Preparación profunda del suelo: Se utilizan técnicas como la doble excavación para manipular la tierra hasta una profundidad de 60 cm, lo cual le incorpora aire al suelo y mejora su drenaje (Semarnat, 2008).
2. Uso de la composta: Los suelos se fertilizan por medio de la composta, la cual se produce en la misma granja. Esto recicla los nutrientes, devolviéndolos al suelo para los siguientes cultivos. La composta tiene muchas propiedades que beneficia al suelo; promueve la vida micro biótica, hace más disponibles los nutrientes en el suelo, absorbe el agua, mejora la estructura del suelo (Semarnat, 2008).
3. Siembra cercana: Las plantas que se han desarrollado mejor en los almácigos, se trasplantan a las camas y la siembra se realiza utilizando el método del tres bolillo para que todas queden a la misma distancia y se maximice la producción del área disponible (Semarnat, 2008).
4. Asociación de cultivos: La asociación de cultivos beneficia a las plantas en materia de salud y crecimiento; nutrición y protección física; control de insectos y plagas (Semarnat, 2008).
5. Cultivo de Carbono: Para que el método sea sustentable, hay que producir la cantidad suficiente de composta para seguir fertilizando todos los cultivos año tras año. Esto significa que se tiene que producir suficiente biomasa, con contenido de Carbono, para devolver al suelo y mantener su fertilidad. Por lo tanto, un 50% del área de los cultivos se debe dedicar a cultivos de granos que producen mucha biomasa como el maíz, arroz o sorgo (Semarnat, 2008).
6. Cultivo de calorías: Se seleccionan los cultivos para poder producir una dieta completa y nutritiva. Para poder producir muchas calorías en poco espacio, se deben sembrar un 30% del área de los cultivos con cultivos de raíz alto en calorías como el camote y la papa (Semarnat, 2008).

7. Uso de semillas de polinización abierta: Las semillas de polinización abierta son semillas que no han sido manipulados para que no sean estables; es decir, semillas no híbridas ni transgénicas. Estas semillas se pueden guardar para sembrar año a año, seleccionándolas de las mejores plantas y así preservando la genética que mejor se adapta a los cambios climáticos (Semarnat, 2008).
8. Integración de todos los principios: El éxito del método de cultivo biointensivo depende de la aplicación de todos sus principios para asegurar la fertilidad del suelo y por lo tanto los altos rendimientos. Al omitir un principio, hasta se puede deteriorar la fertilidad del suelo muy rápidamente (por ejemplo, usar el trasplante cercano sin aplicar composta) (Semarnat, 2008)

2.2.1.2. Producción de granos básicos en Guatemala

A. Producción nacional de maíz

Los productores nacionales de maíz se dividen en grupos: uno que cultiva para el autoconsumo y que puede producir excedentes marginales, y el otro que conforman los productores comerciales que dependen de la venta de maíz. En ambos casos, existen problemas similares en el proceso de producción. En Guatemala, los rendimientos (cosecha por hectárea) son bajos. Los rendimientos dependen en gran medida de los insumos para la producción y de su precio. La falta de recursos por la ausencia de créditos para el sector resulta en una elevación de costos. Los créditos ofrecidos en el mercado informal tienen tasas de interés muy elevado, y la falta de liquidez también causa atrasos en la utilización de tecnología, como es el uso de semillas mejoradas y otros insumos. A esta situación se agrega la deficiente o nula existencia de programas de capacitación y asistencia técnica para los productores. Por otro lado, el aumento de los rendimientos se limita por los ambientes ecológicos en que se desarrolla el cultivo del maíz: muchas de las áreas con maíz son de bajo potencial (laderas con alta pendiente, suelos de vocación forestal) (Fuentes, Van, Ortega, Vivero, 2005).

Los altos costos de producción que resultan de la ineficiencia técnica se traducen a altos precios al consumidor, con graves consecuencias para la seguridad alimentaria. Esta es también la principal causa de la escasa competitividad del producto nacional para entrar al

procesamiento industrial, y de las elevadas importaciones de maíz (Fuentes, Van, Ortega, Vivero, 2005).

B. Contribución del maíz a la economía nacional

El sector agropecuario constituye el motor principal de la economía guatemalteca, ya que engloba más del 50% de la participación laboral de la población y genera el 75% de las divisas. Por otra parte, el mayor número de créditos otorgados por el sistema bancario va dirigido a la actividad agrícola, que acapara la mayor parte de procesos de comercialización de insumos y productos en el mercado interno. Alrededor de 80% de la población participa directa o indirectamente en actividades agrícolas, contribuyendo aproximadamente con el 25% del producto interno bruto (PIB). Se estima que el cultivo del maíz constituye un 3.93 por ciento al PIB del sector agrícola y 0.99 por ciento del PIB nacional (Fuentes, Van, Ortega, Vivero, 2005).

F. Producción

Según Fuentes, Van, Ortega, Vivero (2005), en el IV Censo Nacional Agropecuario de 2003 (INE, 2004), el maíz es el principal cultivo anual en Guatemala. Durante el ciclo de cultivo 2002 a 2003 ocupó una superficie de 655,499.6 hectáreas. La distribución del área de cultivo abarcó al maíz amarillo (13.7%), maíz blanco (85.5%), maíz con otros colores (0.8%), maíz dulce (0.01%) y maíz para ensilaje (0.01%).

La producción de maíz se realiza en sistema de monocultivo y en asocio. El asocio depende de la zona agroecológica donde se encuentra la producción de maíz, y se puede realizar entre otros cultivos, principalmente con frijol, cucurbitáceas, haba, sorgo y ajonjolí. De acuerdo al IV Censo Agropecuario Nacional 2003 (INE, 2004), la producción de maíz de grano blanco se realiza en sistema de monocultivo (75%) y en asocio (25%), mientras el maíz amarillo se produce en sistema de monocultivo (69%) y en asocio (31%) (Fuentes, Van, Ortega, Vivero, 2005).

Según Fuentes, Van, Ortega, Vivero (2005), los datos del IV Censo Nacional Agropecuario 2003 (INE, 2004), reflejan que el departamento de Petén es el que más volumen aporta a la producción nacional de maíz, con 190 millones de kilogramos (18.1%) en 120,400

hectáreas sembradas, seguido por Alta Verapaz, con 109 millones (10.5%) en 85,400 hectáreas, Quiché con 81.6 millones (7.5%) en 525,000 hectáreas y Jutiapa con 77 millones (7.1%) en 43,400 hectáreas. El rendimiento promedio nacional fue 1,616 kilogramos por hectárea siendo los departamentos de Retalhuleu (2,526 kg/ha), Escuintla (2,512 kg/ha), Quetzaltenango (2,136 kg/ha) y Suchitepéquez (2,377 kg/ha) los que reportaron los mayores rendimientos, en contraste con los bajos rendimientos de El Progreso (1,120 kg/ha), Baja Verapaz (1,134 kg/ha), Alta Verapaz (1,202 kg/ha) y Chiquimula (1,231 kg/ha). El último censo también aporta datos sobre los rendimientos promedio de maíz a nivel municipal: los más altos se ubican en Almolonga, Quetzaltenango (3,395 kg/ha), Santa Cruz Muluá, Retalhuleu (3,006 kg/ha) y Nueva Concepción, Escuintla (2,974 kg/ha)".

G. Evolución de la superficie cosechada, la producción y el rendimiento

Un cambio obvio es el aumento del área sembrada con maíz. A este respecto, el departamento de Petén es el caso más visible, habiendo experimentado un aumento en la superficie cultivada con maíz de 88%. Es importante resaltar que en estas áreas del Norte es donde se presenta la mayor reserva de área forestal del país, y por eso el incremento de las áreas maiceras supone un aumento de la presión sobre los recursos naturales, expandiendo la frontera agrícola. Por el contrario, en la Costa Sur (Escuintla, Suchitepéquez y Retalhuleu), de una larga tradición maicera, ha disminuido significativamente la superficie cosechada (Fuentes, Van, Ortega, Vivero, 2005).

2.2.1.3. Cultivo de maíz

El maíz (*Zea mays* L.), es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a las familias de las poaceas (Gramineas), tribu Maydeas y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas *Teosinte* y las especies del género *tripsacum* conocido como arrocillo o maicillo son formas salvajes parientes de *Zea mays* L. los cuales son clasificadas como del nuevo mundo porque su centro de origen fue América (Morales, 2006).

El maíz cultivado es una planta completamente domesticada, el hombre y el maíz han vivido y han evolucionado juntos desde tiempos remotos. No puede crecer en forma salvaje y no sobrevive en la naturaleza; depende completamente de los cuidados del hombre. El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como materia prima de un gran número de productos industriales (Morales, 2006).

El rendimiento medio del maíz en los trópicos es de 1,796 kg/ha. Comparados con una media mundial de más de 3,991 kg/ha. El rendimiento medio en zonas templadas es de 6,985 kg/ha. El cultivo en zonas templadas tiene, sin embargo un ciclo mayor que la mayoría de los maíces tropicales, pero su productividad en estas zonas, es menor que en zonas templadas (Morales, 2006).

A. Taxonomía

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Z. mays</i>

B. Origen

Aunque se ha dicho y escrito mucho acerca del origen del maíz, todavía hay discrepancias respecto a los detalles de su origen. Generalmente se considera que fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace 7000 a 10000 años. La evidencia más antigua como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos de México donde algunas mazorcas de maíz con una edad estimada en más de 5000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos (Morales, 2006).

C. Fenología del cultivo

a. Etapa vegetativa

Esta inicia con el proceso de germinación de la semilla y el establecimiento de las plántulas; se expande el follaje, formando la capacidad fotosintética del cultivo, que controla la producción de biomasa (Carrillo, 2008).

b. Etapa reproductiva

El polen de maíz es una estructura trinuclear. Debido a las diferencias de desarrollo, entre las florecillas superiores e inferiores, el polen cae continuamente de cada espiga por un periodo de una semana o más. El tiempo cálido y húmedo no afecta negativamente la polinización. Sin embargo, el tiempo cálido y seco afecta adversamente a los estambres, secándoles fácilmente y dañando la polinización (Carrillo, 2008).

En el caso del maíz, las flores masculinas se producen en la inflorescencia terminal (espiga) y las flores femeninas en las axilas laterales (mazorcas); la polinización es una fase extremadamente sensitiva al afecto que puedan causar los estreses ambientales como la sequía, que afecta negativamente al rendimiento (Carrillo, 2008).

c. Etapa de llenado de grano

Esta etapa se inicia inmediatamente después de la polinización, determinando el peso final de la mazorca. El peso del grano está correlacionado con la duración y la cantidad de radiación interceptada durante esta fase y, es afectado por estreses hídricos y nutricionales (Carrillo, 2008).

Una vez establecido el número de granos por mazorca, el rendimiento final depende de la disponibilidad de materiales asimilados, corrientes y almacenados (Carrillo, 2008).

D. La prehistoria del maíz en Guatemala

Hasta la fecha existen muy pocas muestras de maíz arqueológico que se han encontrado en Guatemala. Seguramente que la antigüedad del maíz en el país se remonta hasta en el origen de la agricultura en las tierras altas occidentales, hace más de 3000 años, aunque es difícil determinar que clases de maíz se sembraban cuando se inició el cultivo agrícola,

ya que hasta la fecha se han encontrado muy pocos especímenes arqueológicos (Morales, 2006).

E. La evolución del maíz en Guatemala

En estudios de razas del maíz en México, concluyeron que eran cuatro los principales factores que intervenían en la diversidad del maíz en este país: (a) Los maíces primitivos comprendían varias razas de maíz reventón o palomero que han venido diferenciándose a varias altitudes y bajo diversas condiciones ecológicas y ambientales. (b) Las razas exóticas introducidas de América del Sur no solamente se establecieron por sí misma en la población de razas de maíz, sino que también se mezclaron con las razas indígenas antiguas para formar nuevas razas. (c) Mediante la mezcla con el teosinte llegaron a formarse otras razas adicionales. (d) Los aislamientos geográficos y ecológicos tendieron a preservar las razas. Existe un quinto factor que contribuye a que se conserve la diversidad del maíz en Guatemala: Es la elevada proporción de la población indígena en relación a la población total (Morales, 2006).

2.2.1.4. Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

A. Importancia del cultivo del frijol

Dentro del grupo de las leguminosas comestibles, el frijol común es una de las más importantes, debido a su amplia distribución en los cinco continentes y por ser un suplemento nutricional en la dieta alimenticia de los habitantes de Centro y Sur América. En América latina y África el frijol común y los guisantes forrajeros son importantes fuentes de proteínas en la dieta humana (Mas, 2007).

Para los guatemaltecos, especialmente para aquellos de escasos recursos económicos, el frijol es importante para la dieta, contiene entre el 15 y 27% de proteína. El frijol de color negro es el preferido y es un cultivo practicado por agricultores de bajos recursos económicos y utilizando principalmente suelos marginales y frecuentemente en asociación con otros cultivos (Mas, 2007).

B. Clasificación botánica del frijol

La taxonomía inicial del cultivo fue hecha por Linneo en 1753, posteriormente fue modificada por Cronquist, quien menciona que el frijol común es el prototipo del género *Phaseolus* (Mas, 2007).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Papilionideae
Género	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>P. vulgaris</i>

C. Origen

Antiguamente los botánicos consideraban que el frijol era oriundo de Asia (China), y De Candolle, en el año 1883, lo calificó como de origen desconocido o incierto. Hoy en día se sabe que procede de México y de la zona central de Suramérica. Es posible que los mejicanos fueron los primeros en dominar su cultivo hace unos 5,000 años a.c. Sin embargo en el Norte de Argentina se encuentra algunas formas silvestres, espontáneas, posiblemente antecesoras del frijol (*Phaseolus aborigineus* B.) (Carrillo, 2007).

D. Ecología

Para cada genotipo, hay un óptimo de fotoperíodo y temperatura dónde ese genotipo florecerá después del posible intervalo de tiempo más pequeño de la emergencia. Desviaciones en la temperatura o en el fotoperíodo causan retrasos en la floración. La mayoría de los frijoles comunes se desarrollan en un estrecho rango de temperaturas, de 17.5 a 25 °C; en los trópicos ecuatoriales, ellos se encuentran a altitudes mayores (sobre 1000 msnm). Las temperaturas que están por debajo o sobre el óptimo reducen el rendimiento a través de la mortalidad de la planta (a las temperaturas altas), reduce la fotosíntesis y disminuye la cantidad de flores para producir las vainas maduras (50 a 70% de flores abiertas) (Carrillo, 2007).

Una lluvia bien distribuida moderada se requiere (300 a 400 mm por ciclo de cultivo) pero el tiempo seco durante la cosecha es esencial. Sequedad o anegamiento son perjudiciales. El frijol común es susceptible a la salinidad (Carrillo, 2007).

E. Usos

Se comen las vainas jóvenes y las semillas maduras y, en menor grado, también las semillas verdes descascaradas. En algunas partes de los trópicos, se usan las hojas jóvenes como una espinaca. En las regiones templadas, el frijol común es principalmente cultivado por las vainas inmaduras verdes que se comen como una verdura, y también se utiliza como frijol enlatado. Las semillas secas también se cocinan con salsa de tomate y en conserva (Carrillo, 2007).

El frijol común puede usarse intercambiamente con el chícharo. Su uso es sin embargo complementario como el óptimo de temperatura para el chícharo es más alto que para el frijol común (Carrillo, 2007).

F. Descripción de la planta de frijol

Hoy en día se encuentran especies silvestres en ciertos lugares de Sur América, el frijol es sin duda la especie más importante del género *Phaseolus*. Es una planta con un sistema radicular bien desarrollado compuesto de una raíz principal y muchas raíces secundarias ramificadas en la parte superior del suelo. Los tallos son débiles, angulosos, de sección cuadrangular y de altura muy variable de acuerdo a la variedad. El porte de la planta está determinado por la forma y posición de tallos, si el tallo principal presenta una inflorescencia terminal, el crecimiento de este se detiene rápidamente (crecimiento determinado), las plantas son enanas y erectas. Si el tallo no produce esta inflorescencia aparecen axilas y la planta será guiadora o trepadora (crecimiento indeterminado). Las inflorescencias, ya sea en racimos terminales o axilas, tienen pedúnculos erguidos y algo vellosos, cada pedúnculo lleva numerosas flores. El número de flores puede ser de unas pocas hasta 30 o más; las hojas son alternas, compuestas de tres folíolos, con los extremos acuminados los frutos o vainas son de tamaño variado, estas pueden medir de 6 a 22 cm de largo (Mas, 2007).

G. Características generales del desarrollo de la planta de frijol

El ciclo biológico de la planta de frijol se divide en dos fases sucesivas: la fase vegetativa y la fase reproductiva (Mas, 2007).

La fase vegetativa se inicia cuando se le brindan a las semillas las condiciones para iniciar la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales en las variedades de hábito de crecimiento determinado, o los primeros racimos en las variedades de hábito de crecimiento indeterminado. En la fase vegetativa el desarrollo de los meristemos terminales del tallo y de las ramas produce nudos en los cuales se forman complejos axilares susceptibles de un desarrollo posterior (Mas, 2007).

La fase reproductiva se encuentra comprendida entre el momento de la aparición de los botones florales o los racimos y la madurez de cosecha. En las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, continúa la aparición de estructuras vegetativas cuando termina la denominada fase vegetativa, lo cual hace posible que una planta esté produciendo simultáneamente hojas, ramas, tallo, flores y vainas (Mas, 2007).

H. Densidad vegetal y rendimiento

La densidad de siembra es un factor importante que afecta el rendimiento de los cultivos, el rendimiento biológico se incrementa con la densidad hasta un valor máximo, determinado por algún factor ambiental y, a densidades mayores, tiende a mantenerse constante siempre que no intervengan factores ajenos como el acame. El rendimiento en grano se incrementa hasta un valor máximo pero declina al incrementar aún más la densidad. La densidad óptima de siembra debe ser determinada para cada cultivo bajo cada agro ecosistema con el fin de obtener rendimientos máximos (Mas, 2007).

En Centroamérica se siembra muy comúnmente las variedades de frijol de tipo arbustivo (Tipo I y II) tipo semi guía (Tipo III) a una distancia promedio de 0.5 m entre surcos, con 0.1 m entre posturas y una semilla por postura lo cual da una densidad de 200,000 plantas por hectárea. En ensayos sobre densidad espacial de siembra en el área de Centroamérica, se encontró que el rendimiento de frijol tiene un punto máximo cuando la distancia entre surcos es de 0.31 m y la distancia entre plantas es de 0.05 m. Los distanciamientos recomendados por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA-, para producir frijol son de 0.4 m a 0.5 m entre surcos y 0.3 m a 0.4 m entre posturas, con tres granos de frijol por postura (Mas, 2007).

2.2.1.5. Frijol (*Phaseolus coccineus* L.)

Nombres comunes: Ayocote (México), Runner bean (Inglaterra), Judía pinta (España), Judía escarlata, poroto pallar (Chile), piloy (Guatemala).

A. Taxonomía

Reino	Plantae
Sub reino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Papilionideae
Género	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>P. coccineus</i>

Se cultiva esporádicamente en las tierras altas de los trópicos americanos, sobre los 900 msnm, por las semillas que se comen tiernas o maduras. En Mesoamérica se comen cocinadas también las raíces tuberosas y las flores. En las regiones templadas se cultiva para la producción de semillas tiernas y como ornamental por sus flores escarlata (León, 2000).

B. Origen y dispersión

La presencia de poblaciones silvestres y de restos arqueológicos en México y Guatemala indican que esta fue el área de domesticación de *P. coccineus* L. En el Noreste de México se ha encontrado semillas de unos 7000 años y en la región central, de unos 2200 años. Como se cultiva en tierras altas sobre los 1000 msnm, es posible que su expansión prehistórica hacia el Sur no pasara de Costa Rica; a Europa y Asia se le introdujo en el siglo XVII como hortaliza ornamental (León, 2000).

C. Descripción

El sistema radical de *P. coccineus* L. consiste de unas pocas raíces tuberosas, y numerosas raicillas fibrosas. De las raíces perennes salen anualmente uno o más tallos trepadores cilíndricos o aristados, verde uniformes o con manchas purpúreas. Las hojas de peciolo largo y acanalado son verde claro, delgadas, pubescentes o glabras con los nervios prominentes; el foliolo central, ovado a rómbico mide de 0.06 a 0.1 m de largo por 0.06 a 0.08 m de ancho. La inflorescencia es un racimo axilar con muchas flores; las bractéolas anchas y ovales son del mismo tamaño o apenas más largas que el cáliz. Como en las otras especies de *Phaseolus*, el cáliz campanulado tiene los dos dientes superiores unidos y mide cuatro milímetros de largo. La corola es vistosa, generalmente rojo escarlata, aunque se conoce cultivares de flores blancas o moradas y uno en el que el estandarte es escarlata y alas blancas. El estandarte mide de 14 a 18 mm de largo, las alas hasta 25 mm de longitud; la quilla retorcida en espiral, de unos 10 mm de largo es blanca en la parte basal y escarlata en el ápice. El androceo se forma de 10 estambres, 9 unidos y uno libre y más corto. El pistilo termina en el estigma apical, en estas especies, la polinización cruzada es normal, pero hay variedades mejoradas predominantemente autofértiles (León, 2000).

La legumbre es falcada y comprimida de valvas delgadas y de superficie irregular, de 0.04 a 0.14 m de largo y 0.015 a 0.025 m de ancho, con una a cinco semillas; estas son aplanadas y reniformes de 15 a 25 mm de largo por 10 a 15 mm de ancho, blancas, castañas, amarillas, moradas o negras, uniformes o manchadas. En Europa se han seleccionado cultivares de porte bajo y determinado que se cultivan como anuales. En su área de origen (*P. coccineus* L.) se planta por lo general asociado con maíz, y donde se moderniza el cultivo de este último, tiende a desaparecer (León, 2000).

D. Requerimientos climáticos

- Temperatura: se adapta a un rango de temperatura de 12 a 18°C.
- Precipitación: la precipitación media anual a la que se adapta es de 800 a 1000 mm.
- Altitud: se puede producir en alturas superiores a los 1300 msnm hasta los 2800 msnm (León, 2000).

E. Siembra

Se establece de dos maneras. En lugares en donde no se ha cultivado *P. coccineus* L., los agricultores lo siembran con el sistema tradicional colocando una semilla por 1.5 m. en cuadro. Esto da una densidad de 4,428 a 4,571 plantas por hectárea. El maíz se siembra a un metro entre surco y aproximadamente 1.10 m entre posturas con 3 semillas por cada una. Hay otro sistema en que los agricultores siembran dos semillas de maíz espaciado a 0.35 m entre planta y 1.20 m entre surcos, y una semilla de frijol cada 3 posturas, surco de por medio. Esto da una densidad de 3,857 a 4,000 plantas por hectárea de frijol y 47,571 a 47,714 plantas de maíz por hectárea (León, 2000).

F. Época de siembra

En Centroamérica, al inicio de la época de lluvias. En regiones templadas, en otoño (León, 2000).

2.2.2. Marco referencial

2.2.2.1. Ubicación geográfica

La Finca se ubica en el municipio de San Juan Alotenango, Departamento de Sacatepéquez. Colinda al Sur con la finca PAUL ECKE, al Norte con la Finca Costa Sol y un terreno propiedad de un vecino del Municipio. La finca se encuentra ubicada dentro de las siguientes coordenadas; 14°29'34.67" Latitud Norte, 90°49'10.30" Longitud Oeste y 14°29'47.37" Latitud Norte, 90°48'56.72" Longitud Oeste. La parte más alta de la finca se encuentra a una altitud de 1470 msnm, mientras que la parte más baja se encuentra a una altitud de 1456 msnm.

2.2.2.2. Superficie geográfica

El área total de la finca es de 14.7 hectáreas, de las cuales 9.8 están ocupadas por el cultivo de café y el resto se encuentra distribuido en el Beneficio Húmedo, Elaboración de compost y el Huerto Orgánico.

2.2.2.3. Suelos

En el municipio de San Juan Alotenango los suelos son muy fértiles, fisiográficamente pertenecen a las tierras altas volcánicas y geomorfológicamente constituyen; zona volcánica (Simmons, 1959). Según Simmons (1959), los suelos pertenecen a la serie de suelos Alotenango. La geología de los suelos es Material de origen Volcánico Cuaternario.

2.2.2.4. Zona de vida

Según de la Cruz (1982) basándose en Holdridge el municipio de San Juan Alotenango está localizado en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical, su patrón de lluvias en promedio anual es de 1,344 mm de precipitación, la biotemperatura es de 15 grados centígrados.

2.2.2.5. Clima

Hay dos épocas bien marcadas, la lluviosa regularmente de abril a octubre. Durante esta época se registra un período de lluvias esporádicas llamado canícula en julio y agosto (Cruz, 1982).

2.2.2.6. Cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

A. Origen

Para la evaluación se utilizaron dos tipos de maíz; uno originario de Nenton, Huehuetenango y otro originario de Cerro San Gil, Izabal. La semilla utilizada se selecciono de la primera generación sembrada en el huerto de la Finca.

2.2.2.7. Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

B. Origen

La semilla que se utilizó se seleccionó de la cosecha anterior realizada en el huerto de la Finca.

2.2.2.8. Frijol (*Phaseolus coccineus* L.)

C. Origen

La semilla utilizada se cosechó en un área cercana a la finca, la cual es producida por un pequeño agricultor de la región.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. General

- Evaluar cuatro socios maíz y frijol bajo los principios del método biointensivo de producción orgánica, en la finca Santa Bárbara, San Juan Alotenango, Sacatepéquez.

2.3.2. Específicos

- Comparar cuatro socios maíz y frijol en base al rendimiento de grano en kilogramos por hectárea.
- Comparar cuatro socios maíz y frijol en base a la producción de biomasa en kilogramos por hectárea.
- Comparar el efecto del número de semillas por postura de maíz en el rendimiento de grano en los diferentes socios.

2.4. HIPÓTESIS

- Por lo menos uno de los socios maíz y frijol presentara diferencia significativa en cuanto a la variable rendimiento de grano de maíz en kilogramos por hectárea.
- Por lo menos uno de los socios maíz y frijol presentara diferencia significativa en cuanto al rendimiento de biomasa en kilogramos por hectárea.
- El número de semillas por postura de maíz no presentara diferencia significativa en cuanto al rendimiento de grano en kilogramos por hectárea.

2.5. METODOLOGÍA

2.5.1. Material experimental

2.5.1.1. Factores de estudio

A. Materiales de maíz y frijol

Los factores evaluados fueron; maíz, frijol y densidad de siembra. La selección de los cultivos se realizó en base a las características de los materiales. Para el caso del maíz, ambos tipos utilizados para la realización de la investigación se seleccionaron por su característica de precocidad que presentan en el lugar de origen. Para el caso del frijol se seleccionaron las variedades *Phaseolus vulgaris* L. y *Phaseolus coccineus* L., ya que en la región de San Juan Alotenango son las variedades que más cultivan los agricultores.

Maíz Criollo, originario del Cerro San Gil, Livingston, Izabal: **maíz 1**

Maíz Criollo, originario del Nenton, Huehuetenango: **maíz 2**

Frijol común: (*P. vulgaris* L.), con procedencia de Parramos, Chimaltenango: **frijol 1**

Frijol lima: (*P. coccineus* L.), procedente de San Juan Alotenango: **frijol 2**

Las semillas utilizadas de maíz se seleccionaron de la primera cosecha obtenida en el huerto.

B. Semillas por postura

1 semilla por postura: **S1**

2 semillas por postura: **S2**

3 semillas por postura: **S3**

C. Tratamientos

En el cuadro 1, se presenta la combinación de los tipos de maíz, las variedades de frijol y el diferente número de semillas por postura que originaron los tratamientos evaluados.

La semilla de maíz utilizada fue seleccionada de la primera cosecha realizada en el huerto.

Cuadro 1. Combinación de factores en los tratamientos.

Tratamiento	Combinación	Tratamiento	Combinación
1	M1-F1-S1	7	M2-F1-S1
2	M1-F1-S2	8	M2-F1-S2
3	M1-F1-S3	9	M2-F1-S3
4	M1-F2-S1	10	M2-F2-S1
5	M1-F2-S2	11	M2-F2-S2
6	M1-F2-S3	12	M2-F2-S3

M1 = Maíz Criollo, originario del Cerro San Gil, Livingston Izabal

M2 = Maíz Criollo, originario del Nenton, Huehuetenango

F1 = Frijol común: (*P. vulgaris* L.), con procedencia de Parramos, Chimaltenango

F2 = Frijol lima: (*P. coccineus* L.), procedente de San Juan Alotenango

S1 = 1 semilla por postura

S2 = 2 semillas por postura

S3 = 3 semillas por postura

2.5.2. Variable de respuesta

2.5.2.1. Número de mazorcas por planta de maíz

Se contó el número de mazorcas al momento de la cosecha por planta en cada una de las unidades de muestreo.

2.5.2.2. Número de granos por mazorca de maíz

Se contaron los granos de cinco mazorcas de cada unidad de muestreo y con este dato se obtuvo un promedio para cada tratamiento.

2.5.2.3. Peso de mazorca de maíz

Se tomaron al azar cinco mazorcas por cada unidad de muestreo, posteriormente se pesaron las mismas y se obtuvo un promedio de la misma, tomando este valor como la referencia para cada unidad de muestreo.

2.5.2.4. Rendimiento de grano de maíz en kilogramos por hectárea

Se desgranó el total de mazorcas por unidad de muestreo. Lo desgranado se pesó y se obtuvo un rendimiento por cada unidad de muestreo, luego se realizó una conversión para obtener los datos en kilogramos por hectárea.

2.5.2.5. Biomasa seca en kilogramos por hectárea

Se tomó el peso seco del material vegetal de maíz y frijol para obtener el rendimiento de biomasa por unidad de muestreo y luego se realizó una conversión para obtener datos en kilogramos por hectárea.

2.5.3. Unidad experimental

La unidad experimental fue de 1.5 m de ancho por 3.5 m de largo, con un área de 5.25 m². El total de unidades experimentales que se montaron fue de 36. El distanciamiento de siembra fue de 0.45 m entre posturas de maíz y frijol, lo que da un total de 25 posturas por unidad experimental.

2.5.4. Unidad de muestreo

La unidad de muestreo o parcela neta fue de un metro de ancho por 3 m de largo, lo que dio un área de muestreo de 3 m². El número de posturas de maíz y frijol que se utilizó para la toma de datos fue de 13.

2.5.5. Diseño experimental

El diseño en campo para evaluar los tratamientos definidos, fue un diseño completamente al azar con un arreglo trifactorial. Se establecieron 3 repeticiones para poder medir el error experimental.

2.5.6. Modelo estadístico

El modelo estadístico que corresponde a un diseño completamente al azar con arreglo en campo trifactorial es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\epsilon_{ik} + \beta\epsilon_{jk} + \alpha\beta\epsilon_{ijk} + E_{ijkl}$$

Y_{ijk} = Variable respuesta asociada a la i-ésima densidad en el j-ésimo asocio de maíz-frijol.

μ = Efecto de la media general

α_i = Efecto de la i-ésimo tipo de maíz.

β_j = Efecto de la j-ésima densidad de maíz.

ξ_k = Efecto de la K-esima variedad de frijol.

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción tipo de maíz y densidad por postura.

$\alpha\xi_{ik}$ = Efecto de la interacción del tipo de maíz y la variedad de frijol.

$\beta\xi_{jk}$ = Efecto de la interacción de la densidad de maíz y la variedad de frijol.

$\alpha\beta\xi_{ijk}$ = Efecto de la interacción del tipo de maíz, la densidad de maíz y la variedad de frijol.

E_{ijkl} = Error experimental.

2.5.7. Trabajo de campo

2.5.7.1. Época de siembra

La siembra de maíz se realizó en diciembre al finalizar la época lluviosa, ya que en el área se contó con un sistema de riego para producir en época seca.

2.5.7.2. Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó siguiendo la metodología de doble excavación. El objetivo de la doble excavación es aflojar el suelo a una profundidad de 0.6 metros. Una estructura del suelo óptima y los nutrientes apropiados permiten que la planta tenga un crecimiento sano e ininterrumpido. Un suelo suelto y fértil permite que las raíces penetren fácilmente y que una corriente continua de nutrientes fluya hacia el tallo y las hojas (Semarnat, 2008).

2.5.7.3. Selección de semillas

La semilla de maíz que se utilizó se seleccionó de la cosecha anterior realizada en el huerto. La semilla de frijol utilizada de *Phaseolus vulgaris* L. se seleccionó de la cosecha anterior realizada en el huerto, mientras que la semilla de *Phaseolus coccineus* L. se seleccionó de la cosecha realizada por un pequeño agricultor originario de la región.

2.5.7.4. Siembra

La siembra de maíz y frijol no se realizó simultáneamente. El cultivo de maíz se sembró en diciembre a una distancia de 0.45 m entre postura utilizando el método de tresbolillo, y el

número de semillas por postura vario de 1 a 3 según el tratamiento. La siembra de frijol se realizó a los dos meses después de la siembra de maíz esto para evitar que el crecimiento voluble del cultivo pudiera afectar el desarrollo y producción del cultivo de maíz y se sembraron 2 semillas de frijol por postura de maíz en los tratamientos. La literatura del método biointensivo recomienda utilizar una densidad de siembra de 84 plantas en 10 m² siendo el distanciamiento de siembra de 0.375 m entre planta. La distancia de siembra fue mayor, esto debido al asocio que se realizó con frijol de tipo voluble, el cual por sus características de crecimiento tiende a cubrir la totalidad del área de siembra aumentando con esto la competencia por espacio, agua, luz, y nutrientes.

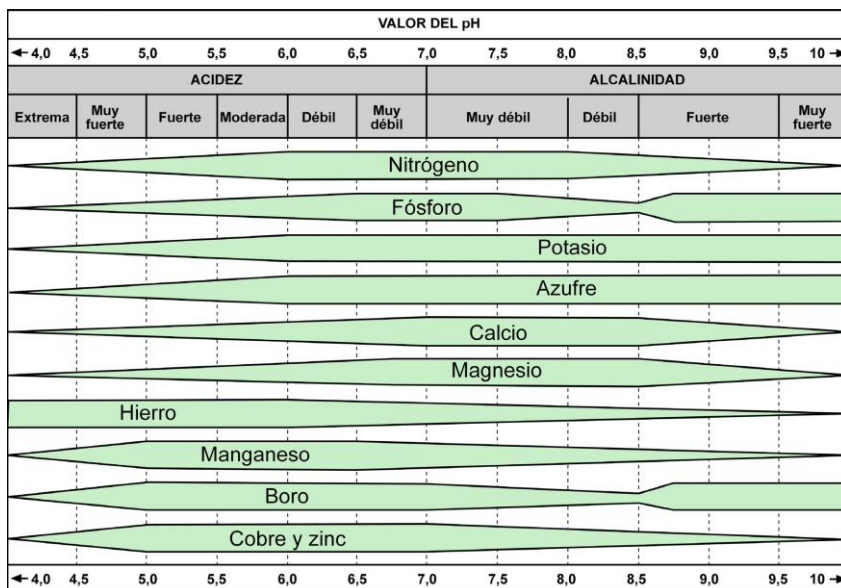
2.5.7.5. Fertilización

La fertilización se realizó a los 60 días después de la siembra, utilizando abono producido a base de pulpa de café elaborado en la finca. La dosis que se aplicó fue de un kilogramo por postura de maíz y distribuyéndolo alrededor de cada postura al momento de realizar el trabajo de calzado. El total de abono que se utilizó por unidad experimental fue de 23 kilogramos, esto en un área de 5 m². Se aplicó hasta los 60 días ya que en el ciclo anterior de cultivo por ser la primera vez que se cultivaba bajo el método biointensivo se aplicó alrededor de 25 cubetas de 5 galones por cama. Cada cubeta que se aplicó en promedio tiene una capacidad de 17.5 kilogramos, por lo que en cada cama se aplicó 472 kilogramos aproximadamente. La fertilización se realizó a los 60 días ya que como se puede observar en el análisis de suelo (Figura 3A), realizado en las diferentes camas de cultivo, la cantidad de nutrientes y el porcentaje de materia orgánica en el suelo es elevada, por lo cual la planta logró un adecuado desarrollo vegetativo durante los primeros dos meses de cultivo sin la aplicación de compost.

En el análisis químico de suelos arrojó como resultado que a excepción del Cobre, casi todos los nutrientes se encuentran por encima del límite superior de los rangos medios aceptables.

La materia orgánica es una de las fuentes principalmente de Nitrógeno, Fósforo, Azufre y algunos elementos menores. Mejora las propiedades físicas del suelo y tienen gran influencia en la capacidad de intercambio catiónico. Éste es uno de los múltiples beneficios obtenidos con el manejo biointensivo, para la obtención de cultivos con niveles nutricionales satisfactorios.

En cuanto al pH lo óptimo recomendable para el establecimiento del cultivo de frijol varía entre 6.5 y 7.5 (Cano, 2008). Para el cultivo de maíz se manejan rangos entre 6 y 7, como se puede observar en el análisis de suelo realizado (figura 3A), con el suelo que se trabajó presenta niveles entre 6.6 y 7.3. Para el cultivo de frijol el pH está dentro de los rangos aceptables, más sin embargo para el maíz está por encima de los requerimientos aceptables en 7.3 (Morales, 2006).



Fuente. Consorcio agropecuario provisional de segovia (En Linea)

Figura 2. Absorción de nutrientes de la planta en relación al pH del suelo.

Como se observa en la figura 1, la máxima absorción de nutrientes en la planta se da cuando el pH se encuentra en un margen de 6 a 8. En el análisis de suelo realizado en las camas de cultivo el pH, se encuentra en un rango de 6.6 a 7.3. En función al pH presente en el suelo, los nutrientes que estuvieron disponibles y que la planta pudo absorber en mayores cantidades son el Nitrógeno, Fósforo y Potasio y Azufre. El Calcio y Magnesio se puede observar que son mejor aprovechados en suelos poco alcalinos.

2.5.7.6. Riego

El riego se aplicó cada dos días en horas de la mañana, en forma manual utilizando una manguera. La cantidad de agua que se aplicó aproximadamente fue de 37.5 litros por cada 5 m² o por unidad experimental por día. El total de agua que se aplicó por 10 m² fue de 75 litros diarios. Según el método biointensivo la cantidad de agua promedio que se

aplica por cama de 10 metros cuadrados es de 40 litros por día teniendo un rango mínimo de 20 litros y un rango máximo de 80 litros. Comparando lo que se aplicó durante la evaluación se puede observar que la cantidad de agua aplicada en el riego esta dentro del rango recomendado a utilizar por el método (Semarnat, 2008).

2.5.7.7. Control de malezas

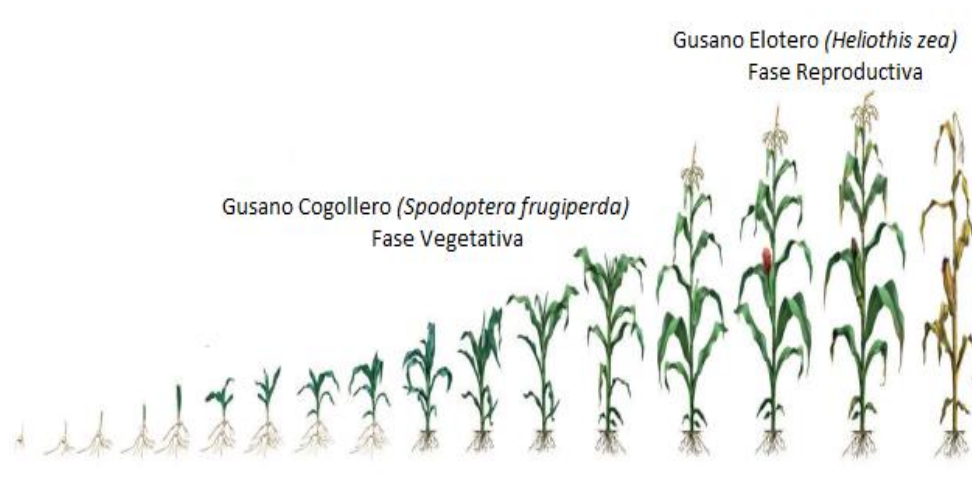
Se realizó en forma manual utilizando un azadón y no se tuvo una frecuencia establecida. Se realizaron dos limpiezas la primera a los 30 días y la segunda a los 60 días después de la siembra, antes de realizar la siembra de frijol. El control de malezas no se realizó constantemente ya que una de las ventajas de realizar el asocio maíz y frijol es que con el crecimiento voluble del frijol se evita dejar espacios libres en la cama y por ende se limita el crecimiento excesivo de malezas en el cultivo.

2.5.7.8. Control de plagas y enfermedades

Durante el ciclo de cultivo se tuvo problemas con gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano elotero (*Heliothis zea*), para los cuales se aplicaron productos de origen biológico como virus de la polidrosis nuclear VPN, el cual no tuvo un efecto significativo en el control de las plagas, por lo cual se utilizó *Bacillus turigiensis*, el cual tuvo un efecto positivo en el control de las plagas. Los productos se aplicaron con una frecuencia de 3 días y se inició con la aplicación a los 21 días después de la siembra. La aplicación se realizó utilizando una bomba de mochila. Además de la aplicación de productos de origen biológico se realizó control manual, localizando las larvas y eliminándolas. Al reunir varias larvas éstas se machacaron en un recipiente con agua y esta mezcla se aplicó en el follaje del cultivo. Al hacer esta mezcla las larvas atrapadas liberan feromonas con las cuales avisan al resto de individuos plaga que hay peligro en el área y por lo cual los mismos evitan acercarse al cultivo.

Durante el ciclo de cultivo la principal enfermedad que afectó el cultivo fue la roya del maíz (*Puccinia sorghi*). El control se realizó mezclando microorganismos efectivos los cuales también son utilizados para acelerar el proceso de descomposición de la pulpa de café. Los microorganismos benéficos fueron aplicados en una mezcla con agua a una relación 1:15, utilizando para ello una bomba de mochila, la aplicación se realizó dos veces y con lo cual se logro reducir el avance del daño de la enfermedad en un bajo porcentaje. Además

del control biológico se realizó control cultural eliminando todas las hojas que presentaban daños de la enfermedad.



Fuente. Crop protection (En Línea)

Figura 3. Principales plagas que afectaron al cultivo de maíz en las etapas fenológicas.

2.5.7.9. Cosecha en kilogramos

Se realizó en forma manual para ambos tipos de maíz. El maíz originario de Huehuetenango presentó mayor precocidad ya que se cosechó a los 120 después de la siembra, mientras que el maíz originario del cerro San Gil, Izabal se cosechó a los 150 días después de siembra.

2.5.8. Análisis de la información

Para las variables de rendimiento de grano y biomasa en kilogramos por hectárea de maíz y frijol, granos promedio por mazorca y peso promedio por mazorca se realizó un análisis de varianza. Luego del análisis de varianza para las variables que presentaron diferencia significativa se realizó una prueba de media utilizando la metodología tukey. Para la variable de número de mazorcas por planta se realizó únicamente una observación visual de carácter cuantitativo.

2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1. Número de mazorcas por planta de maíz

El 85% de las plantas presentaron una mazorca por planta, el 15% restante produjo dos mazorcas. El número de semillas por postura en el cultivo de maíz no influyó en la formación y número de mazorcas por planta, ya que en las tres densidades se cosecharon plantas con una y dos mazorcas.

2.6.2. Número de granos por mazorca de maíz

Se seleccionaron cinco mazorcas de forma aleatoria en cada unidad de muestreo y se determinó el número de granos en cada una. Con este dato se obtuvo un promedio general para cada tratamiento y se procedió a realizar el análisis de varianza para determinar si existió diferencia significativa, dicho análisis se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis de varianza (ANDEVA), para la variable número de granos por mazorca de maíz.

FUENTE VARIACIÓN	SUMA CUADRADOS	GRADOS LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	Valor p
Modelo	97868.33	13	7528.33	2.13	0.0569 ns
Maíz	55853.44	1	55853.44	15.81	0.0006 **
Densidad	16476.17	2	8238.08	2.33	0.1207 ns
Frijol	5877.78	1	5877.78	1.66	0.2105 ns
Repetición	5584.67	2	2792.33	0.79	0.4661
Maíz – densidad	13370.39	2	6685.19	1.89	0.1745 ns
Maíz-frijol	4	1	4	1.10E-03	0.9735 ns
Densidad-frijol	135.72	2	67.86	0.02	0.981 ns
Maíz-densidad-frijol	566.17	2	283.08	0.08	0.9233 ns
Error	77724.67	22	3532.94		
Total	175593	35			

****Significancia**

ns = no significancia

Coefficiente de variación = 19.%

Como se puede observar en el cuadro 2, los factores densidad de siembra y asocio con cultivo de frijol y su interacción no influyen en el número de granos por mazorca; sin embargo existe diferencia significativa para el tipo de maíz utilizado. El maíz originario del Cerro San Gil, presentó la mazorca con mayor número de granos, comparado con el maíz de porte alto como lo es el originario de Nenton. Varios factores determinan el número de granos por mazorca comenzando por la genética de cada planta. Por lo general las mazorcas del tipo de maíz del Cerro San Gil cuentan con 14 a 16 filas a diferencia de las mazorcas del tipo de maíz de Nenton que cuentan con 12 a 14 filas según el conteo que se realizó. Otro factor importante que influye en esta variable es la polinización pero en el caso del experimento no se observaron diferencias entre el maíz del tipo Cerro San Gil con respecto al maíz tipo Nenton.

Cuadro 3. Comparación múltiple de medias para la variable número de granos por mazorca de maíz.

Tipo maíz	Media número de granos por mazorca	Grupo tukey
Nenton	266.11	A
San Gil	344.89	B

2.6.3. Peso de mazorca de maíz

Se seleccionaron cinco mazorcas de cada tratamiento, a las cuales se les extrajo los granos y se tomó el peso de los mismos para obtener un promedio por cada unidad experimental. Como se puede observar en el cuadro 4, existe diferencia significativa por tanto, la densidad de siembra de maíz, influye en el peso de la mazorca, ya que existe un menor peso de mazorca a mayores densidades, esto a consecuencia que el desarrollo de las mazorcas es menor debido a la competencia en cuanto a factores como luz, agua y nutrientes.

Cuadro 4. Análisis de varianza (ANDEVA) para la variable peso de mazorca de maíz.

FUENTE VARIACIÓN	SUMA CUADRADOS	GRADOS LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	VALOR p
Modelo	0.01	13	7.90E-04	2.51	0.0277 ns
Maíz	1.10E-03	1	1.10E-03	3.4	0.0785 ns
Densidad	0.01	2	2.70E-03	8.51	0.0018 **
Frijol	4.40E-07	1	4.40E-07	1.40E-03	0.9703 ns
Repetición	1.10E-03	2	5.70E-04	1.83	0.1834
Maíz-densidad	2.10E-03	2	1.10E-03	3.41	0.0513 ns
Maíz-frijol	4.00E-06	1	4.00E-06	0.01	0.9111ns
Densidad-frijol	6.80E-05	2	3.40E-05	0.11	0.8983 ns
Maíz-densidad-frijol	4.60E-04	2	2.30E-04	0.73	0.4925 ns
Error	0.01	22	3.10E-04		
Total	0.02	35			

**Significancia

ns = no significancia

Coeficiente de variación = 15.39%

Debido a la diferencia que existe entre los tratamientos se realizó una prueba de medias utilizando la metodología Tukey como se puede observar en el cuadro 5.

Cuadro 5. Comparación múltiple de medias para la variable peso por mazorca de maíz.

Postura	Media peso por mazorca	N	Grupo Tukey	
3 semillas	0.1	12	A	
2 semillas	0.11	12	A	
1 semilla	0.13	12		B

Al realizar la prueba de medias se puede observar que la densidad de una semilla por postura presenta un mayor peso de granos por mazorca con una media de 0.1317 kilogramos por mazorca. Según Vélez, León, Clavijo, Ligarrero, Gustavo (2007), en la siembra de una semilla por postura la competencia entre plantas en cuanto a factores

como luz, agua, nutrientes no se muestra, por lo cual se presenta una diferencia significativa con la densidad de dos y tres semillas por postura donde se obtuvo una media de 0.1123 kilogramos por mazorca y 0.1 kilogramos por mazorca respectivamente.

2.6.4. Análisis de correlación

Los análisis de correlación indica el grado de relación entre dos variables; para ver la dependencia entre ambas. Aquí se trata de encontrar la correlación entre las variables número de granos por mazorca de maíz y peso por mazorca de maíz.

Cuadro 6. Coeficiente de correlación entre variables.

Variable	Número de granos de maíz por Postura	Número de granos de maíz por mazorca
Peso por mazorca	-0.98	0.54

2.6.4.1. Postura (Densidad de siembra) con peso de mazorca de maíz

El nivel de correlación entre estas variables es de -0.98 que demuestra que es una relación de asociación casi perfecta pero inversa lo que representa que cada vez que aumenta el número de granos por postura disminuye el peso de la mazorca.

2.6.4.2. Número de granos por mazorca de maíz con peso de mazorca

El nivel de correlación entre estas variables es de 0.54. Esta relación implica una asociación media entre estas variables y es una relación directa ya que cuando aumentan los granos por mazorca de maíz aumenta el peso por mazorca.

2.6.5. Rendimiento de grano de maíz en kilogramos por hectárea

Para obtener el dato de rendimiento por unidad de muestreo se desgranaron todas las mazorcas cosechadas por cada unidad, luego se tomó el peso en kilogramos por unidad de muestreo. Para obtener los datos en kilogramos por hectárea se realizó una conversión en base al área de cultivo.

Como se observa en el cuadro 7, el ANDEVA para la variable de rendimiento de grano de maíz en kilogramos por hectárea, no presenta una diferencia significativa en los factores de asocio y la interacción entre éste y la densidad, por lo cual no hay un efecto de *P. vulgaris* L. y *P. coccineus* L. sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

Cuadro 7. Análisis de varianza (ANDEVA) para el variable rendimiento de grano de maíz en kilogramos por hectárea

FUENTE VARIACIÓN	SUMA CUADRADOS	GRADOS LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	VALOR p
Modelo	16353865	13	1257989.6	3.61	0.0039 ns
maíz	537044.69	1	537044.69	1.54	0.2273 ns
densidad	12844795	2	6422397.6	18.45	<0.0001 **
frijol	45014.69	1	45014.69	0.13	0.7226 ns
repetición	631800.67	2	315900.33	0.91	0.4182 ns
Maíz-densidad	1176392.4	2	588196.19	1.69	0.2077 ns
Maíz-frijol	259590.25	1	259590.25	0.75	0.3972 ns
Densidad-frijol	665813.39	2	332906.69	0.96	0.3997 ns
Maíz-densidad-frijol	193413.5	2	96706.75	0.28	0.7601 ns
Error	7659184	22	348144.73		
Total	24013049	35			

****Significancia**

ns = no significancia

Coefficiente de variación = 19.67%

Para el factor de densidad de maíz se observa una diferencia significativa considerable en cuanto al rendimiento de grano en kilogramos por hectárea, por lo cual se realizó un análisis de medias utilizando la metodología Tukey para determinar que densidad presentó los mejores rendimientos por área. Como se puede observar en este experimento donde la densidad de posturas por hectárea es de 57,045. Bajo la modalidad de una semilla por postura se obtuvo un rendimiento promedio de 2,172 kg/ha equivalente a 0.038 kg por postura de maíz sin embargo en la modalidad de 3 semillas por postura se obtuvo un rendimiento promedio de 3,560 kg/ha equivalente a 0.062 kg por postura de maíz (0.020

kilogramos por semilla); esto se simplifica de la siguiente manera, en que los rendimientos biológicos de las plantas son menores a mayor densidad de siembra debido a factores de competencia pero los rendimientos finales por unidad de área son compensados por el aumento en la densidad poblacional, estos datos son factibles hasta cierto punto donde la dinámica poblacional permita el crecimiento y desarrollo de las plantas sin afectar de manera permanente sus funciones fisiológicas; después de este punto los rendimientos vuelven a decrecer.

Al realizar la comparación de medias como se puede observar en el cuadro 8, se identifica que las densidades de dos y tres semillas por postura son las que mejor rendimiento por área presentaron. Como se mencionó anteriormente la densidad de maíz afecta las variables de número de granos de maíz por mazorca y peso por mazorca, esto debido a que al existir mayor número de plantas por área, el tamaño y peso de la mazorca disminuye debido a la competencia. El rendimiento no se ve afectado ya que el peso de la mazorca individual disminuye pero al existir mayor número de mazorcas por área el rendimiento final es mayor.

Cuadro 8. Comparación múltiple de medias para la variable rendimiento de grano de maíz en kilogramos por hectárea.

Postura	Media de rendimiento en kilogramos por hectárea	N	Grupo tukey	
1	2,172	12	A	
2	3,268	12		B
3	3,560	12		B

Según el instituto nacional de estadística -INE-, en su censo agropecuario del año 2,008 el rendimiento promedio por hectárea fue de 2.3 toneladas, comparado con datos reportados por el IPNI, en los años de 1987 a 2001 la productividad en Guatemala por hectárea del cultivo de maíz (*Z. mayz* L.), fue de 1.81 toneladas por hectárea, existe un aumento del 21%. En la evaluación realizada bajo la metodología del método Biointensivo de producción orgánica en la finca Santa Bárbara el promedio de producción en toneladas por hectárea fue de 3.00 ton/ha, lo que significa un aumento del 65% (1.19 ton/ha) con los

datos reportados por el IPNI, mientras que comparado con los datos reportados por el INE, existe un aumento de 23% (0.7 ton/ha).

Comparando la producción promedio con la obtenida utilizando el método biointensivo se produjo una diferencia del más del 23%; estos niveles de producción también son representativos cuando se compara con la producción de híbridos en monocultivo, según Segura (2008) quien realizó una evaluación de 19 híbridos de Maíz Blanco procedentes de diferentes partes de Latinoamérica, sólo los híbridos JC-24 (5451.6 kg/ha), ECB_5399 (4705.6 kg/ha), HEBQ05_0 (3904.8 kg/ha) y el ECB_5372 (3156.10 kg/ha), todos de procedencia guatemalteca superan la producción de maíz de Izabal a una densidad de tres semillas por postura y cultivado bajo el método biointensivo.

Según Fuentes, Van, Ortega, Vivero (2005), los datos del IV Censo Nacional Agropecuario 2003 (INE, 2004), el rendimiento promedio nacional fue 1,616 kilogramos por hectárea siendo los departamentos de Retalhuleu (2,526 kg/ha), Escuintla (2,512 kg/ha), Quetzaltenango (2,136 kg/ha) y Suchitepéquez (2,377 kg/ha) los que reportaron los mayores rendimientos, estos rendimientos son menores comparado con la media obtenida en la investigación la cual fue de 3560 kg/ha.

El uso de híbridos implica para los pequeños agricultores tener un mayor recurso económico para la compra de semilla e insumos que se necesitan para obtener esos rendimientos, lo que se ve como un impedimento para usar este tipo de materiales genéticos y esto lo recalca Fuentes (2005), donde indican que el 69% de los agricultores en Guatemala usan semillas locales para su cultivos de maíz y que esto es más acentuado en el Altiplano donde solo el 1% utiliza semillas mejoradas; por todos estos factores es importante la mejora de los sistemas de producción a través de métodos sostenibles y productivos. Con lo cual la aplicación de este método de producción es una alternativa viable para aumentar los rendimientos de los cultivos por área de producción y con esto suplir las necesidades alimenticias de las familias productoras y al mismo tiempo tener excedentes para la venta y generar un ingreso económico. Además se practica una agricultura sostenible con lo cual no se necesita de insumos externos para su aplicación y además se protege el medio ambiente evitando el uso de productos de origen químico.

En el método biointensivo el rendimiento por cama de cultivo (10 m²), en promedio es de 7.7 kilogramos, presentando un rendimiento mínimo de 5 kilogramos en áreas donde se comienza a implementar el método, y un rendimiento máximo de 10.5 kilogramos, en suelos donde se ha trabajado adecuadamente el método biointensivo durante varios ciclos de cultivo (Semarnat, 2008).

En la evaluación realizada se puede observar en el cuadro 15 que se obtuvieron rendimientos promedio de 13.9 kilogramos por cada 10 m² para el caso del maíz originario de Cerro San Gil, utilizando tres semillas de maíz por postura. Mientras que el maíz originario de Nenton, presentó una media de 12.8 kilogramos por 10 m², sembrando tres semillas de maíz por postura.

El consumo diario de maíz de una familia integrada por 6 miembros es de 2 kilogramos para suplir las necesidades nutricionales (Usaid, 2009), por lo cual el rendimiento máximo de una cama de cultivo utilizando el método biointensivo suplirá la demanda del grano de maíz únicamente durante 5 días. Con los resultados obtenidos se logra suplir en promedio la demanda del grano durante 7 días.

2.6.6. Rendimiento de biomasa seca en kilogramos por hectárea

Para medir el rendimiento de biomasa se cosechó el frijol y el maíz, luego se secó el material vegetal para obtener el peso en seco de la biomasa obtenida por cada unidad experimental y posteriormente se convirtió a hectárea.

Según León (2000), el cultivo de *P. coccineus* L. tiene un potencial grande como leguminosa de cobertura asociado con el maíz. Ambos cultivos se complementan muy bien. El maíz proporciona el tutor que la leguminosa necesita para el desarrollo de follaje y la leguminosa contribuye con una enorme cantidad de materia verde durante todo su ciclo de crecimiento.

En el cuadro 9 se puede observar que no existe diferencia significativa para los factores de densidad, tipo de maíz y las interacciones de estos. En el factor variedad de frijol se puede observar una alta significancia ($p = 0.00001$), por lo cual se realizó la prueba de tukey para comparar las medias obtenidas de cada asocio.

Cuadro 9. Análisis de varianza (ANDEVA) para la variable rendimiento de biomasa seca en kilogramos por hectárea.

FUENTE VARIACIÓN	SUMA CUADRADOS	GRADOS LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	VALOR p
Modelo	3.002E+09	13	230927484	23.39	<0.0001 **
Maíz	4153444	1	4153444	0.42	0.5233 ns
Densidad	1629526	2	814763	0.08	0.9211 ns
Frijol	2.867E+09	1	2.867E+09	290.34	<0.0001 **
Repetición	361082.17	2	180541.08	0.02	0.9819 ns
Maíz-densidad	50232990	2	25116495	2.54	0.1014 ns
Maíz-frijol	38680107	1	38680107	3.92	0.0604 ns
Densidad-frijol	18156417	2	9078208.4	0.92	0.4135 ns
Maíz-densidad-frijol	22062261	2	11031131	1.12	0.3451 ns
Error	217222027	22	9873728.5		
Total	3.219E+09	35			

**Significancia

ns = no significativo

Coefficiente de variación = 12.14%

En el cuadro 10, se puede apreciar que la variedad de frijol *P. coccineus L.* presenta un mayor rendimiento de biomasa por unidad de área. Lo que se debe a que *P. coccineus L.*, es un frijol de tipo voluble que comparado con *P. vulgaris L.*, presenta un mayor crecimiento y lo cual se ve reflejado en la cantidad de biomasa producida por hectarea la cual es de 34,797 kilogramos.

Cuadro 10. Comparación múltiple de medias para la variable rendimiento de biomasa en kilogramos por hectárea.

Frijol	Media Producción Biomasa	n	Grupo tukey	
<i>P. vulgaris L.</i>	16,950.44	18	A	
<i>P. coccineus L.</i>	34,797.89	18		B

Este follaje contribuye a la conservación de niveles adecuados de material orgánico, así como la humedad, y mantiene las malezas a niveles mínimos. Además León (2000), indica que el cultivo de *P. coccineus* L. tiene una producción de biomasa de 25 Toneladas métricas por hectárea. En la evaluación realizada *P. coccineus* L. presentó una media de 35 toneladas por hectárea lo que representa un aumento del 40% (10 Toneladas/hectárea) comprado con los datos presentados por León (2000), para la misma variedad de frijol.

En Guatemala, según el INCAP (2007), este frijol sustituye mucho al frijol común por su adaptación a la altura, y por no interferir en el desarrollo del maíz, además indica que estos cultivo se asocian muy bien y tiene mucho potencial como cultivo de cobertura; esto como se ha visto en el experimento implica una mayor cantidad de abono verde, conserva los niveles de materia orgánica en el suelo, mantiene niveles de humedad y disminuye el crecimiento de malezas, además el mismo autor recalca que este cultivo puede brindar hasta 25 toneladas métricas de materia verde por hectárea.

2.7. CONCLUSIONES

1. Los socios evaluados presentan diferencia significativa en cuanto a la producción de biomasa ya que el socio de *P. Coccineus* L. con los dos tipos de maíz presentó una producción media de 35,353 kilogramos por hectárea, mientras el socio de maíz con *P. vulgaris* L. presentó una producción media de 16,952 kilogramos por hectárea.
2. Los socios evaluados no presentaron diferencia significativa en cuanto al rendimiento de grano por área cultivada.
3. El número de semillas por postura presentó diferencia en cuanto al rendimiento de grano, ya que sembrando 3 semillas de maíz por postura el rendimiento por hectárea fue de 3,560 kilogramos, mientras que utilizando una semilla por postura la densidad disminuyó a 2,172, existiendo una diferencia entre ambas posturas de 1,388 kilogramos.

2.8. RECOMENDACIONES

1. En condiciones de la Finca Santa Barbara utilizando el método biointensivo de producción orgánica, se recomienda utilizar el maíz originario de Nenton ya que el ciclo de producción es menor en 30 días comparado con el maíz originario de Izabal, y con esto realizar una rotación de cultivos.
2. Para la producción de biomasa se recomienda el asocio de maíz y *P. coccineus* L. ya que éste presentó una producción de 35,353 kilogramos por hectárea de materia seca.
3. Realizar evaluaciones con los mismos tipos de maíz y variedades de frijol, bajo diferentes condiciones ambientales, utilizando principios del método biointensivo para poder sustentar los resultados presentados.

2.9. BIBLIOGRAFÍA

1. Cano Betancourt, F. 2008. Producción y comercialización de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en el municipio de Sayaxché, departamento de Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 117 p.
2. Carrillo Blas, R. 2006. Evaluación de seis materiales de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo manejo tradicional de cultivo, en tres localidades: Santa María Ixhuatán, Santa Rosa y Moyuta, Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 63 p.
3. Carrillo León, OE. 2008. Trabajo de graduación desarrollado en los temas de huertos familiares y comunales, agroforestería y una alternativa contra el estrés hídrico, realizado en la aldea Patache, Guastatoya, El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 75 p.
4. Consorcio Agropecuario Provisional de Segovia, Sección de Agricultura, ES. 2007. Importancia del pH en los cultivos (en línea). España. Consultado 15 jul 2012. Disponible en <http://www.agropecuariosegovia.com/notas2.pdf>
5. HELM de México, Crop Protection, MX. 2011. Kendo: insecticida piretroide, manual tecnico (en línea). México, Helm de México. Consultado 15 jul 2012. Disponible en <http://www.helmmexico.com/es/marketing/pdf/manualtecnico/M-Kendo.pdf>
6. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala; según el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
7. Ecology Action, CA. 2009. Cultive biointensivamente: mini cultivo sustentable, capacitación para instructores y programa de certificación. 5 ed. Ridgewood Rd., Willits Canadá. 44 p.
8. Fuentes López, MR; Van Etten, J; Ortega Aparicio, A; Vivero Pol, JL. 2005. Maíz para Guatemala: propuesta para la reactivación de la cadena agroalimentaria del maíz blanco y amarillo. Guatemala, FAO. (Serie "PESA Investigación", no. 1). Consultado 5 nov 2010. Disponible en http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/02_Maiz_para_%20Guatemala.pdf
9. González, I; Peña, E; Elizagaray, I. 2005. Libro de experimentación agrícola. Lenin Las Tunas, Cuba, Centro Universitario Vladimir. Consultado 15 jul 2012. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/56380190/8/EXPERIMENTO-TRIFACTORIAL-CON-DISENO->
10. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2012. Censo agropecuario nacional (en línea). Guatemala. Consultado 15 jul 2012. Disponible en <http://www.ine.gob.gt/np/biblioteca/index.htm>

11. IPNI (International Plant Nutrition Institute, US). 2001. Estadísticas históricas de producción de granos básicos en Guatemala. US. Consultado 5 nov 2010. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/mexnca.nsf/\\$webindex/201B374A9AD8AC3306256AE9005C64BE?opendocument&navigator=estadisticas](http://www.ipni.net/ppiweb/mexnca.nsf/$webindex/201B374A9AD8AC3306256AE9005C64BE?opendocument&navigator=estadisticas)
12. León, J. 2000. Botánica de cultivos tropicales. 3 ed. San José, Costa Rica, IICA. 522 p.
13. Más Guillén, FM. 2007. Estudio exploratorio sobre densidades de siembra y el sitio de aplicación de diferentes niveles de nitrógeno y fosforo en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad ICTA Ligero en el parcelamiento Cuyuta, Masagua, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 62 p.
14. Morales, JC. 2006. Caracterización del sistema de producción maíz (*Zea mays* L.)-maní (*Arachis hypogaea* L.) en el municipio de Colotenango, departamento de Huehuetenango, el caso de la aldea La Vega. Tesis Ing.Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 51 p.
15. MsC. Idania Ruesga González.DrC. Esteban Peña Peña.DrC. Irene Exposito ElizagarayDani
16. ura Galindo, LA. 2008. Evaluación de 19 híbridos de maíz blanco (*Zea mays* L.) procedentes de diferentes lugares de Latinoamérica, en los campos del Centro Experimental Docente de Agronomía –CEDA-, Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 60 p.
17. SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, GT). 2008. El huerto familiar biointensivo: introducción al método de cultivo biointensivo. México. 39 p.
18. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
19. Tollenaar, M; Dwyer, LM; Stewart (1992). Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. Crop Sci. 32: 432-438.
20. USAID, US. 2009. Guatemala, situación de seguridad alimentaria (en línea). US. Consultado 11 set 2012. Disponible en http://www.fews.net/docs/Publications/Guatemala_FSU_December_2009_final_es.pdf
21. Velez, V; León, D; Clavijo, J; Ligarreto, M; Gustavo, A. 2007. Análisis ecofisiológico del cultivo asociado maíz (*Zea mays* L.) y frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín 60(2):3965–3984.

22. Reed, AJ; Singletary, GW; Schussler, JR; Williamson, DR; Christy, AL. 1988. Shading effects on dry matter and nitrogen partitioning, kernel number and yield of maize. *Crop Sci.* 28:819-825.

23. Seg

2.10. ANEXO.

Cuadro 11. Datos de la variable número de granos por mazorca de maíz (*Zea mays* L).

Factor A	Factor B	Factor C	Repetición		
Tipo de Maíz	Densidad de Siembra	Variedad Frijol	I	II	III
M1	S1	<i>P. vulgaris</i> L.	351	450	411
M1	S1	<i>P. coccineus</i> L.	378	335	376
M1	S2	<i>P. vulgaris</i> L.	286	425	406
M1	S2	<i>P. coccineus</i> L.	286	321	440
M1	S3	<i>P. vulgaris</i> L.	225	409	259
M1	S3	<i>P. coccineus</i> L.	240	388	22
M2	S1	<i>P. vulgaris</i> L.	328	254	220
M2	S1	<i>P. coccineus</i> L.	302	255	193
M2	S2	<i>P. vulgaris</i> L.	280	301	305
M2	S2	<i>P. coccineus</i> L.	266	279	247
M2	S3	<i>P. vulgaris</i> L.	297	245	277
M2	S3	<i>P. coccineus</i> L.	283	210	248

M1 = Maíz originario de Cerro San Gil, Izabal.

M2 = Maíz originario del Nenton, Huehuetenango.

1S = 1 semilla por postura

2S = 2 semillas por postura

3S = 3 semillas por postura

Cuadro 12. Datos de la variable peso de mazorca de maíz (*Zea mays* L.)

Factor A	Factor B	Factor C	Repetición		
Tipo de Maíz	Densidad de Siembra	Variedad Frijol	I	II	III
M1	S1	<i>P. vulgaris</i> L.	0.142	0.144	0.176
M1	S1	<i>P. coccineus</i> L.	0.176	0.126	0.124
M1	S2	<i>P. vulgaris</i> L.	0.11	0.118	0.104
M1	S2	<i>P. coccineus</i> L.	0.136	0.076	0.128
M1	S3	<i>P. vulgaris</i> L.	0.096	0.1	0.094
M1	S3	<i>P. coccineus</i> L.	0.104	0.112	0.11
M2	S1	<i>P. vulgaris</i> L.	0.148	0.094	0.096
M2	S1	<i>P. coccineus</i> L.	0.128	0.112	0.114
M2	S2	<i>P. vulgaris</i> L.	0.098	0.116	0.126
M2	S2	<i>P. coccineus</i> L.	0.108	0.124	0.104
M2	S3	<i>P. vulgaris</i> L.	0.11	0.102	0.102
M2	S3	<i>P. coccineus</i> L.	0.114	0.08	0.104

M1 = Maíz originario de Cerro San Gil, Izabal.

M2 = Maíz originario del Nenton, Huehuetenango.

1S = 1 semilla por postura

2S = 2 semillas por postura

3S = 3 semillas por postura

Cuadro 13. Datos de la variable rendimiento de grano de maíz en kilogramos por hectárea.

Factor A	Factor B	Factor C	Repetición		
			I	II	III
Tipo de Maíz	Densidad de Siembra	Variedad Frijol			
M1	S1	<i>P. vulgaris</i> L.	2080	1989	2857
M1	S1	<i>P. coccineus</i> L.	2994	2766	2331
M1	S2	<i>P. vulgaris</i> L.	3383	3200	3337
M1	S2	<i>P. coccineus</i> L.	3909	2400	2720
M1	S3	<i>P. vulgaris</i> L.	2811	4914	3086
M1	S3	<i>P. coccineus</i> L.	4069	3931	3429
M2	S1	<i>P. vulgaris</i> L.	2423	1966	1737
M2	S1	<i>P. coccineus</i> L.	1760	1737	1531
M2	S2	<i>P. vulgaris</i> L.	3909	3566	3543
M2	S2	<i>P. coccineus</i> L.	3749	3451	2057
M2	S3	<i>P. vulgaris</i> L.	3543	2743	3657
M2	S3	<i>P. coccineus</i> L.	3657	2720	4160

M1 = Maíz originario de Cerro San Gil, Izabal.

M2 = Maíz originario del Nenton, Huehuetenango.

1S = 1 semilla por postura

2S = 2 semillas por postura

3S = 3 semillas por postura

Cuadro 14. Datos de la variable de rendimiento de biomasa seca en kilogramos por hectárea.

Factor A	Factor B	Factor C	Repetición		
Tipo de Maíz	Densidad de Siembra	Variedad Frijol	I	II	III
M1	S1	<i>P. vulgaris</i> L.	14832	17136	20592
M1	S1	<i>P. coccineus</i> L.	38182	36909	35127
M1	S2	<i>P. vulgaris</i> L.	17456	19360	18304
M1	S2	<i>P. coccineus</i> L.	32327	38691	33091
M1	S3	<i>P. vulgaris</i> L.	18272	19984	19040
M1	S3	<i>P. coccineus</i> L.	31818	32582	38182
M2	S1	<i>P. vulgaris</i> L.	12813	14256	14816
M2	S1	<i>P. coccineus</i> L.	38182	39454	25454
M2	S2	<i>P. vulgaris</i> L.	19243	16528	14352
M2	S2	<i>P. coccineus</i> L.	38182	35636	40727
M2	S3	<i>P. vulgaris</i> L.	14352	18512	15296
M2	S3	<i>P. coccineus</i> L.	34364	33091	34364

M1 = Maíz originario de Cerro San Gil, Izabal.

M2 = Maíz originario del Nenton, Huehuetenango.

1S = 1 semilla por postura

2S = 2 semillas por postura

3S = 3 semillas por postura

Cuadro 15. Datos de la variable rendimiento de grano de maíz (*Zea mays* L.) en kilogramos por cada 10 m².

Factor A	Factor B	Factor C	Repetición		
Tipo de Maíz	Densidad de Siembra	Variedad Frijol	I	II	III
M1	S1	<i>P. vulgaris</i> L.	2.6	2.5	3.6
M1	S1	<i>P. coccineus</i> L.	3.7	3.5	2.9
M1	S2	<i>P. vulgaris</i> L.	4.2	4	4.2
M1	S2	<i>P. coccineus</i> L.	4.9	3	3.4
M1	S3	<i>P. vulgaris</i> L.	3.5	6.1	3.9
M1	S3	<i>P. coccineus</i> L.	5.1	4.9	4.3
M2	S1	<i>P. vulgaris</i> L.	3	2.5	2.2
M2	S1	<i>P. coccineus</i> L.	2.2	2.2	1.9
M2	S2	<i>P. vulgaris</i> L.	4.9	4.5	4.4
M2	S2	<i>P. coccineus</i> L.	4.7	4.3	2.6
M2	S3	<i>P. vulgaris</i> L.	4.4	3.4	4.6
M2	S3	<i>P. coccineus</i> L.	4.6	3.4	5.2

M1 = Maíz originario de Cerro San Gil, Izabal.

M2 = Maíz originario del Nenton, Huehuetenango.

1S = 1 semilla por postura

2S = 2 semillas por postura

3S = 3 semillas por postura

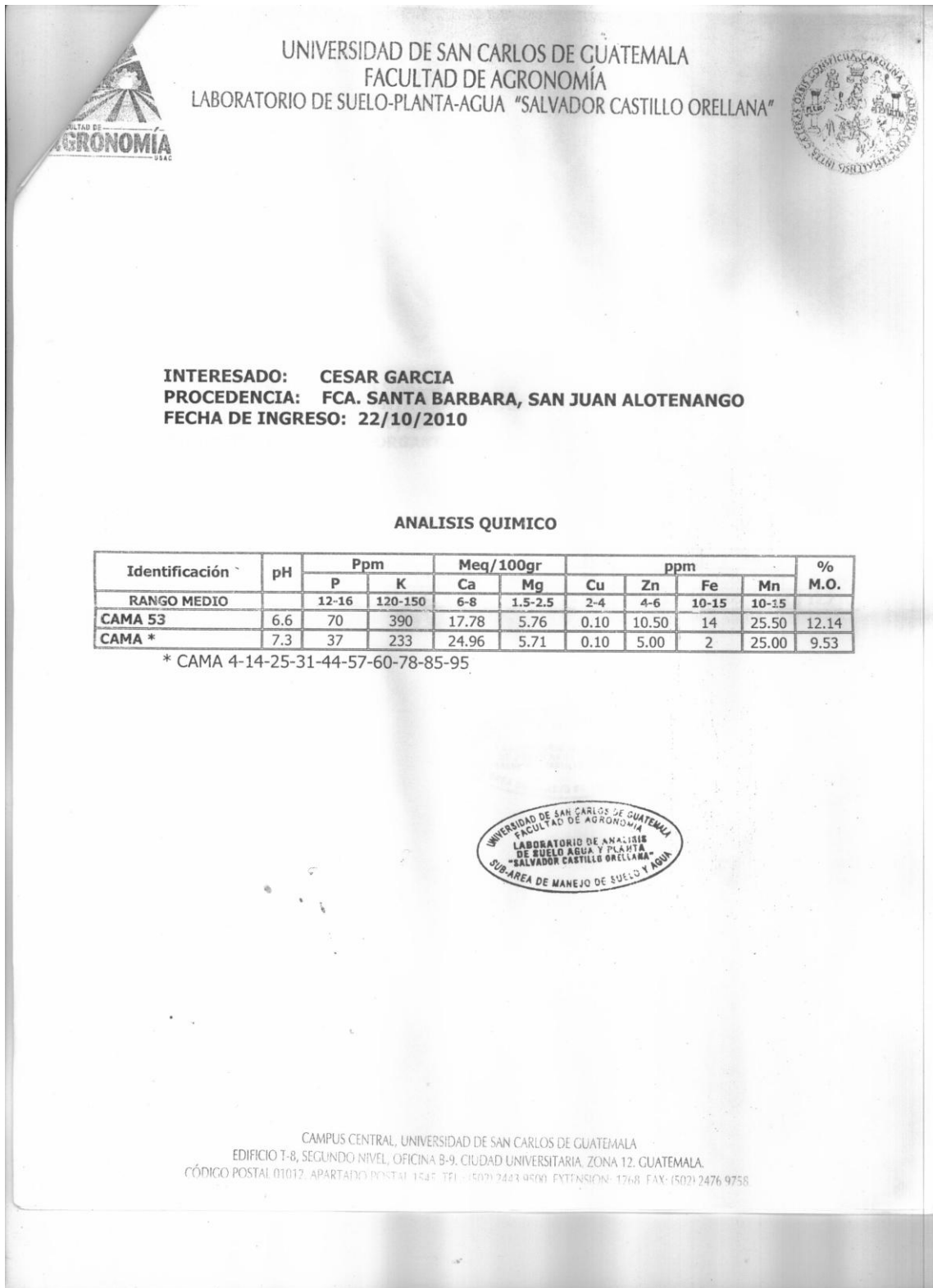


Figura 4A. Análisis de suelo de Huerto Orgánico, Finca Santa Bárbara.



CAPÍTULO III. INFORME DE SERVICIOS

**SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA SANTA BÁRBARA, SAN JUAN
ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ.**

3.2. PRESENTACIÓN

La finca Santa Bárbara, está ubicada en el municipio de San Juan Alotenango, Sacatepéquez, pertenece a la empresa exportadora de café Unex (Guatemala) S.A. la cual es una de las principales del país al exportar alrededor de un millón de sacos por temporada de cultivo. En la finca se realizan diferentes actividades productivas entre las que se encuentran una planta de beneficiado húmedo de café la cual es la principal actividad que se realiza dentro de la misma y de la cual depende la realización del resto. Otra de las actividades es la elaboración de compost a partir de los subproductos del beneficiado húmedo y seco de café como lo son la pulpa y cascabillo respectivamente, el huerto de producción de hortalizas utilizando agricultura orgánica y para el cual se utiliza compost originado de la descomposición de la pulpa de café, el resto del área se encuentra cultivada por café de diferentes variedades entre las que se pueden mencionar Bourbon, Caturra y Catuai.

El Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía –EPSA- se realizó durante el periodo comprendido de agosto de 2010 a mayo de 2011, dentro de la planificación del EPSA, se contempló la realización de actividades de apoyo a la institución financiante, el apoyo consistió en capacitaciones a pequeños proveedores de café de la empresa, manejo de subproductos provenientes del beneficiado de café, manejo de plantación de la plantación de café.

3.3. CAPACITACIÓN A PEQUEÑOS PROVEEDORES DE CAFÉ EN TEMAS DE CAFÉ Y PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS UTILIZANDO EL MÉTODO BIOINTENSIVO.

3.3.1. OBJETIVOS

3.3.1.1. General

- Capacitar a pequeños proveedores de café de diferentes comunidades de San Martín Jilotepeque, en el manejo de una plantación de café y en la producción de alimentos utilizando el método de producción biointensivo.

3.3.1.2. Específicos

- Enseñar a los productores aspectos técnicos de manejo del cultivo de café utilizando prácticas orgánicas.
- Enseñar a los productores la implementación del método biointensivo para la producción de sus propios alimentos.
- Mejorar las prácticas agrícolas de manejo que los agricultores realizan en las plantaciones de café ya establecidas.

3.3.2. METODOLOGÍA

Para la capacitación los grupos de las diferentes comunidades se alojaron una semana en la finca Santa Bárbara, durante la cual se lograron cubrir los temas antes expuestos. La capacitación de producción de hortalizas utilizando el método biointensivo se realizó en los primeros tres días por lo amplio del tema ya que la capacitación fue práctica y teórica. El cuarto día se realizó la capacitación de manejo de plantación de café siendo ésta únicamente teórica, mientras que el último día el grupo de personas se trasladó al beneficio seco de la empresa esto para que conocieran el proceso completo que implica la exportación de café.

3.3.3. Producción de hortalizas utilizando el método biointensivo.

Para cubrir este tema se contó con el apoyo de Ing. Agra. Kumiko Tsutsui representante de la empresa y encargada del programa Labor Social, por medio del cual se logra que los pequeños productores puedan recibir estas capacitaciones.

La producción del método biointensivo tiene como base una serie de principios por medio de los cuales se logra la implementación de este tema; entre los principios se pueden mencionar los siguientes:

3.3.3.1. Preparación profunda del suelo

Se utilizan técnicas como la doble excavación para manipular la tierra hasta una profundidad de 60 cm, lo cual le incorpora aire al suelo y mejora su drenaje.

3.3.3.2. Uso de la composta

Los suelos se fertilizan por medio de compost, el cual se produce en el mismo huerto. Esto recicla los nutrientes, devolviéndolos al suelo para los siguientes cultivos. El compost tiene muchas propiedades que benefician el suelo entre las que se puede mencionar; promueve la vida microbiana, hace más disponibles los nutrientes en el suelo, absorbe el agua, mejora la estructura del suelo.

3.3.3.3. Uso de semilleros

Las semillas se siembra en semilleros o en almácigos para producir pilones sanos para trasplantar en el huerto. Al empezar a producir las plantas en semilleros, se permite un mejor control de las condiciones durante las primeras etapas del crecimiento. Además se pueden proteger las plantas, darles sombra y ahorrar agua y espacio en la huerta.

3.3.3.4. Siembra Cercana

Los pilones que se han desarrollado mejor en los almácigos, se trasplantan a las camas para que haya siempre la misma distancia entre cada planta (de forma hexagonal). Así que la cama quede totalmente cubierta por las plantas cuando alcancen su tamaño máximo, lo que propicia un microclima que favorece al desarrollo de las plantas.

3.3.3.5. Rotación de cultivos

Para mantener la fertilidad del suelo, se rotan los cultivos año con año. De esta manera, se evita el agotamiento de los nutrientes del suelo, ya que diferentes especies requieren de distintos nutrientes.

3.3.3.6. Cultivo de carbono

Para que el huerto sea sustentable, hay que producir la cantidad suficiente de compost para seguir fertilizando todos los cultivos año tras año. Esto significa que el huerto tiene que producir suficiente biomasa, con contenido de carbono, para devolver al suelo y mantener la fertilidad del mismo. Por lo tanto, un 50% del área de los cultivos se debe dedicar a cultivos de granos que producen mucha biomasa como el maíz, el arroz o el sorgo.

3.3.3.7. Cultivo de calorías

Se seleccionan los cultivos para poder producir una dieta completa y nutritiva desde el huerto. Para poder producir muchas calorías en poco espacio, se debe sembrar un 30% del área con cultivos de raíz altos en calorías como el camote y la papa. El área que queda, el 20%, se dedica a cultivar hortalizas para obtener las vitaminas y minerales necesarios.

3.3.3.8. Uso de semillas de polinización abierta

Las semillas de polinización abierta son semillas que no han sido manipulados genéticamente para que no sean estables; es decir, semillas no híbridas ni transgénicas. Estas semillas se pueden guardar para sembrar año a año, seleccionándolas de las mejores plantas y así preservando la genética que mejor se adapta a los cambios climáticos.

3.3.3.9. Integración de todos los principios

El éxito del Método de Cultivo Biointensivo depende de la aplicación de todos sus principios para asegurar la fertilidad del suelo y por lo tanto los altos rendimientos.

La capacitación se realizó como se mencionó anteriormente teórica y práctica. Para la parte práctica se realizaron trabajos en el huerto que incluyeron los principios antes mencionados. Para la parte teórica se realizaron exposiciones que incluyeron básicamente los principios del método biointensivo.

3.3.4. Manejo de Plantaciones de Café

Para realizar la capacitación se elaboró un documento en el cual se recopiló información del manejo de plantación, incluyendo selección de semilla, elaboración de almacigo, establecimiento de una plantación nueva, manejo de plagas y enfermedades. La información se recopiló de documentos elaborados por la Asociación Nacional del Café – ANACAFE--.

Para realizar la capacitación se hizo uso de un proyector como apoyo visual y una pizarra para poder explicar adecuadamente cada tema a tratar durante la capacitación.

Contenido de la Capacitación

- Variedades de café
- Selección de semilla
- Almacigo
- Establecimiento de plantación
- Manejo de sombra
- Manejo de tejido
- Fertilización
- Manejo de plagas y enfermedades

3.3.5. RESULTADOS

Se realizaron varias capacitaciones a pequeños agricultores, incluyendo grupos originarios de comunidades del municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango y grupos de San Juan Alotenango, Sacatepéquez. Además se dieron capacitaciones a varias personas interesadas en el tema de la producción de alimentos utilizando el método biointensivo.

Cuadro 16. Cuadro resumen de capacitaciones realizadas en la Finca Santa Bárbara.

Capacitación	Fecha de Realización	Comunidades capacitadas	Número de Personas
Establecimiento y manejo de una plantación de café.	09/09/2010	San Martín Jilotepeque	6
Establecimiento y manejo de una plantación de café.	30/03/2011	San Martín Jilotepeque Parramos Chimaltenango San Juan Alotenango	19

3.3.6. CONCLUSIONES

Se logró dar a conocer a los pequeños agricultores el tema del método de producción biointensivo el cual les permitirá cultivar sus propios alimentos en pequeños espacios con los cuales ellos cuentan en sus casas, además de aprovechar los recursos con los que cuentan como lo son el suelo, agua y semillas de polinización abierta.

Se logró capacitar a los pequeños productores en el manejo de una plantación de café utilizando prácticas de origen orgánico, desde la elaboración de un almácigo hasta el manejo de plagas y enfermedades.

3.3.7. RECOMENDACIÓN

Seguir con las capacitaciones a los diferentes grupos de pequeños productores y con esto lograr que los mismos puedan producir sus propios alimentos y llegar a ser auto sostenible.

3.4. MANEJO DE DESECHOS PROVENIENTES DEL BENEFICIADO HÚMEDO DE CAFÉ

Entre los desechos provenientes de una planta de beneficiado de café se pueden mencionar la pulpa de café y las aguas mieles, la cuales al no ser manejadas adecuadamente producen contaminación ambiental.

3.4.1. OBJETIVOS

3.5.1.1. General

Manejar los desechos provenientes de la planta de beneficiado húmedo de café en la Finca Santa Bárbara, San Juan Alotenango, Sacatepéquez.

3.5.1.2. Específicos

- Manejar adecuadamente la pulpa para reducir los malos olores provenientes de la descomposición de la misma y además aprovechar la misma para la elaboración de compost.
- Manejar las aguas mieles provenientes del beneficiado de café para reducir los malos olores que estas provocan y reducir la población de moscas que afectan el ambiente del beneficio.

3.4.2. METODOLOGÍA

3.5.2.1. Manejo de Pulpa de café

La pulpa es utilizada como materia prima para la elaboración de compost el cual es utilizado en pequeñas plantaciones de café propiedad de los proveedores de café de la empresa.

A. Metodología para el manejo de pulpa de café

La pulpa es conducida por una serie de helicoidales en los cuales se aplica microorganismos aeróbicos recolectados en la montaña reproducidos en las instalaciones de la finca.

Luego de la aplicación de microorganismos la pulpa fue recibida en un carretón para luego ser transportada al área de descomposición por medio de un tractor.

Cuando la pulpa estaba en el área de descomposición se procedió a mezclarla con cascabillo desecho proveniente del beneficiado seco de café. El total de pulpa recibida en el área fue de 131 mil quintales a los cuales se les mezcló un total de 8000 quintales de cascabillo siendo esto un porcentaje del 7% del total de la mezcla.

La mezcla se volteó periódicamente para acelerar el periodo de descomposición de la misma y así obtener en el menor tiempo posible el compost.

Al final se espera obtener un total de 70 mil quintales de compost, ya que el material composteado tiende a perder aproximadamente el 50 % del peso.

3.5.2.2. Manejo de Aguas Mieles.

El proceso de tratamiento de aguas mieles se divide en las siguientes etapas.

A. Separación De Sólidos

El agua es recibida en una pila de donde es succionada por medio de una bomba hacia una separadora de sólidos llamada criba, que permite eliminar los sólidos de mayor tamaño o sólidos flotantes.

B. Corrección de pH

Luego que el sólido flotante es separado, se aplica cal disuelta a las aguas para aumentar el pH y evitar que los microorganismos que se encargan de la descomposición de la materia orgánica mueran por la acidez que presentan las aguas.

C. Decantación

Las aguas son recibidas en pilas llamadas decantadoras, en donde se dejan reposar para que los sólidos en suspensión se precipiten y el agua que salga de esta etapa lleve la menor cantidad de sólidos posibles.

D. Oxigenación

De las pilas decantadoras el agua pasa a unos tanques de oxigenación que tiene como función disminuir los parámetros de Demanda Química de Oxígeno y Demanda Biológica de Oxígeno lo cual ayuda a que los microorganismos no mueran por falta de oxígeno y puedan degradar la mayor cantidad de materia orgánica presente en las aguas. En esta etapa se aplican microorganismos los cuales también son utilizados en la descomposición de la pulpa.

E. Fosas de Decantación

Esta etapa tiene el mismo objetivo que la etapa 3, ya que por la cantidad de agua utilizada y el tamaño de las primeras pilas decantadoras es necesario repetir el proceso y así recuperar la mayor cantidad de sólidos en suspensión de las aguas que no se pudieron recuperar en las primeras pilas.

F. Filtros piedra volcánica

Las aguas pasan a través de filtros, en donde los sólidos que no se han recuperado en las primeras etapas quedan atrapados en las piedras y en donde son recuperados

manualmente. Además los filtros sirven como reproductores de colonias de microorganismos que degradan la materia orgánica que aun está presente en las aguas.

G. Fosa de infiltración

Luego que el agua ha sido tratada es recibida en una fosa de infiltración, a donde el agua llega con un porcentaje de sólidos mínimo lo que permite que la infiltración se realice adecuadamente y no existan problemas de anegamiento de estas aguas en la fosa.

3.4.3. RESULTADOS

El total de pulpa manejada durante la época de cosecha fue de 131 mil quintales mezclado con un total de 8 mil quintales de cascabillo.

Cuadro 17. Ingreso de pulpa de café y cascabillo por cama de compostaje.

Ingreso de Pulpa de café y cascabillo al área de compost				
	Pulpa	Cascabillo	Total	Producción
cama 1	6,507.79	1,225.79	7,733.58	3,866.79
cama 2	23,754.30	1,706.00	25,460.30	12,730.15
cama 3	17,403.68	1,146.75	18,550.43	9,275.22
cama 4	17,431.18	2,032.80	19,463.98	9,731.99
cama 5	19,986.05	900.00	20,886.05	10,443.03
cama 6	24,104.86	1,114.40	25,219.26	12,609.63
cama 7	21,940.28	512.70	22,452.98	11,226.49
TOTAL	131,128.14	8,638.44	139,766.58	69,883.29

En la aguas mieles se logró implementar el oxigenador el cual se encarga de mezclar adecuadamente los microorganismos a las mismas aguas, además de la instalación de filtros de piedra volcánica para recuperar la mayor cantidad de sólidos posibles y con esto reducir los malos olores y la población de insectos principalmente de moscas.



Figura 5. Filtro colocado en las fosas de decantación para la recuperación de sólidos flotantes.

3.4.4. CONCLUSIONES

Con el total de pulpa y cascabillo manejados en el área de compost se va lograr producir aproximadamente 70 mil quintales de abono terminado, el cual se utilizará para cubrir la parte de labor social de la empresa y ayudar con esto a los pequeños proveedores de café los cuales lo adquieren a un menor precio.

En las aguas mieles con la instalación de los filtros se logró recuperar sólidos flotantes reduciendo en un bajo porcentaje los malos olores provenientes de estas aguas, además estos sólidos fueron utilizados para la fertilización de la plantación de café.

3.4.5. RECOMENDACIÓN

Seguir realizando el manejo adecuado de los desechos provenientes del beneficiado húmedo y con esto reducir la contaminación ambiental provocada por los mismos.

Las actividades planificadas en el cuadro anterior se realizaron adecuadamente dentro de la finca.

3.5.3. RESULTADOS

Las actividades planificadas para el manejo de la plantación de café se realizaron de acuerdo a lo establecido. En el periodo de manejo que se realizó se logró un aumento en la producción respecto al año anterior. Para la cosecha 2010-2011 la cosecha fue de aproximadamente 700 quintales, mientras que el año anterior la cosecha fue aproximadamente de 500 quintales de café maduro, el cual se procesó en el beneficio establecido en la finca.

3.5.4. CONCLUSIÓN

Al realizar las prácticas de manejo adecuadamente se logra mantener la plantación libre de plagas, enfermedades y malezas, y esto contribuye en el aumento de la producción que se refleja en la cosecha siguiente al implementar las mismas.

3.5.5. RECOMENDACIÓN

Seguir con las prácticas de manejo que se están realizando en la finca para que en años posteriores la producción siga en aumento y la finca llegue a ser sostenible.

3.6. ANEXO.



Figura 6A. Capacitación en el huerto orgánico sobre la siembra cercana.



Figura 7A. Medición utilizando el método de tresbolillo para la siembra cercana.



Figura 8A. Capacitación sobre manejo del cultivo de café.



Figura 9A. Capacitación en el laboratorio de catación de la empresa.