

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**  
**LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS**

**EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ CON Y SIN COBERTURA FORESTAL;  
OLOPA, CHIQUIMULA  
TESIS DE GRADO**

**JUAN PEDRO QUINTO GARCÍA**  
**CARNET 22868-08**

**ZACAPA, SEPTIEMBRE DE 2017**  
**CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA**

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**  
**LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS**

**EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ CON Y SIN COBERTURA FORESTAL;  
OLOPA, CHIQUIMULA  
TESIS DE GRADO**

**TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

**POR  
JUAN PEDRO QUINTO GARCÍA**

**PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN CIENCIAS  
HORTÍCOLAS**

**ZACAPA, SEPTIEMBRE DE 2017  
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA**

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

**NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
ING. JORGE IVAN QUINTO JAVIER

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**  
MGTR. YULMA YANILETH TOBAR SALAZAR  
ING. AQUILES ALBERTO PERALTA OSORIO  
ING. JOSÉ ÁNGEL URZÚA DUARTE

Guatemala 15 de Mayo de 2017

**Señores:  
Miembros de Consejo  
Facultad Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Universidad Rafael Landívar  
Presente**

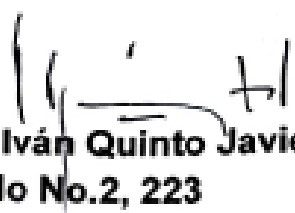
Estimados miembros del Consejo:

Reciban un cordial saludo, deseándoles éxitos en sus actividades diarias.

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Juan Pedro Quinto García, carné 22666-08, titulada: "Evaluación de Sistemas de Producción de café con y sin cobertura Forestal; Olopa, Chiquimula".

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,

  
**Ing. Agr. Jorge Iván Quinto Javier**  
**Colegiado No.2, 223**  
**Código URL: 14060**

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante JUAN PEDRO QUINTO GARCÍA, Carnet 22666-08 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS, del Campus de Zacapa, que consta en el Acta No. 0694-2017 de fecha 19 de agosto de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ CON Y SIN COBERTURA  
FORESTAL; OLOPA, CHIQUIMULA

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO en el grado académico de LICENCIADO EN CIENCIAS HORTÍCOLAS.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 12 días del mes de septiembre del año 2017.



LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ, VICEDECANA  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRICOLAS  
Universidad Rafael Landívar

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS:**

Por ser el todo poderoso y por su infinito amor hacia sus hijos, llenándome de muchos triunfos y éxitos en la vida y este es uno de ellos, el cual se lo dediqué desde el inicio de mi profesión. Es tuyo Señor.

### **A MIS PADRES:**

En honor y memoria a mi padre Byron Quinto Salguero QEPD, que fue la persona que me impulsó a seguir adelante y lograr mis metas para ser un profesional el cual fue su herencia, y a mi señora madre María Elena García de Quinto, por ser una luchadora y ejemplo que me apoyó en varios momentos para alcanzar mis logros.

### **A MIS HERMANOS:**

María Cristina y Byron Iván, gracias por el apoyo hacia mi persona y gracias por esa unión que tenemos como hermanos, Dios los bendiga mucho y les deseo muchos éxitos en sus vida a cada uno de ustedes, los amo y son un ejemplo para mí.

### **A MIS SOBRINOS:**

Axel Iván y Eliza Cristina, por ser su tío, siendo parte de la familia y mis tesoros, y así poderles dar un buen ejemplo para que sigan adelante esforzándose y alcanzar este logro.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	ii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	1
2.1 LA PLANTA DE CAFÉ .....	1
2.2 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE CAFÉ .....	2
2.3 ASPECTOS EDÁFICOS QUE REQUIERE EL CULTIVO DE CAFÉ .....	2
2.3.1 Propiedades físicas del suelo.....	2
2.3.2 Color del suelo .....	3
2.3.3 Textura del suelo.....	3
2.3.4 Estructura del suelo.....	5
2.3.5 Porosidad y permeabilidad.....	8
2.3.6 Profundidad efectiva del suelo .....	9
2.3.7 Propiedades químicas del suelo .....	9
2.3.8 pH del suelo .....	10
2.3.9 Fertilidad .....	10
2.3.10 Materia orgánica.....	10
2.3.11 La disponibilidad de agua en el suelo .....	11
2.4 DENSIDADES DE SIEMBRA Y RENDIMIENTOS DE CAFÉ EN GUATEMALA.....	11
2.5 USO DE ÁRBOLES DE COBERTURA NATURAL PARA LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> ).....	12
2.5.1 Importancia de la sombra para las plantaciones de café .....	13
2.5.2 Funciones de la sombra .....	13
2.5.3 Características deseables de los árboles de sombra .....	14

2.5.4 Tipos de árboles de sombra.....	14
2.5.5 Épocas de manejo de sombra.....	15
2.5.6 Tipos de manejo.....	15
2.5.7 Ventajas que ofrece el uso de árboles de sombra en el cafetal .....	16
2.6 PODAS .....	16
2.7 FERTILIZACIÓN.....	17
2.8 EXPORTACIONES DE CAFÉ EN GUATEMALA .....	17
2.9 IMPORTANCIA DEL CAFÉ COMO EMPLEADOR DE MANO DE OBRA ...	18
2.10 PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN QUINTALES ORO POR DEPARTAMENTO .....	18
2.11 Método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales .....	18
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	22
4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	23
5. OBJETIVOS .....	24
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
6. METODOLOGÍA .....	25
6.1 AMBIENTE .....	25
6.1.1 Clima .....	25
6.1.2 Suelo .....	26
6.1.3 Tipo de cobertura .....	27
6.1.4 Variedad de café .....	28
a. Catuai.....	28
6.2 SUJETOS Y/O UNIDADES DE ANALISIS.....	29
6.3 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES A MEDIR .....	29
6.3.1 Calidad del suelo.....	29



6.3.2 Vitalidad del cultivo.....	29
6.3.3 Relación beneficio costo .....	30
6.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	30
6.5 INSTRUMENTO .....	30
6.6 PROCEDIMIENTO.....	30
6.6.1 Consulta documental.....	30
6.6.2 Fase de campo .....	31
6.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	31
6.8 INDICADORES.....	31
6.8.1 Indicadores para medir la calidad del suelo .....	31
6.8.2 Indicadores para determinar la vitalidad del cultivo.....	34
7. RESULTADOS Y DISCUSION.....	37
7.1 CALIDAD DEL SUELO .....	37
7.2 VITALIDAD DE LA PLANTA .....	42
7.3 ANÁLISIS ECONÓMICO .....	47
8. CONCLUSIONES .....	48
9. RECOMENDACIÓN .....	49
10. BIBLIOGRAFÍA .....	50
11. ANEXOS .....	52

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Contenido	Pág.
1	Indicadores para medir la calidad del suelo de una producción de café con cobertura forestal .....	39
2	Indicadores para medir la calidad del suelo de una producción de café sin cobertura forestal .....	40
3	Vitalidad de una producción de café con cobertura forestal.....	44
4	Vitalidad de una producción de café sin cobertura forestal.....	45
5	Costos e ingresos representado en hectáreas y análisis económico en relación al beneficio/costo de la finca productora de café con y sin cobertura forestal.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.	Contenido	Pág.
1	Calidad del suelo de una producción de café con y sin cobertura forestal expresado en grafica de barras .....	42
2	Calidad del suelo de una producción de café con y sin cobertura forestal expresado en grafica de ameba .....	42
3	Vitalidad de una producción de café con cobertura forestal expresando en grafica de barras .....	47
4	Vitalidad de una producción de café con cobertura forestal expresando en grafica de ameba .....	47

## **EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCION DE CAFÉ CON Y SIN COBERTURA FORESTAL; OLOPA, CHIQUIMULA**

### **RESUMEN**

El objetivo de la presente investigación fue evaluar dos sistemas de producción de café con y sin cobertura forestal, en Aldea Pinalito, municipio de Zacapa. Se utilizó un método agroecológico rápido para la evaluación de los sistemas de producción de café, analizando la calidad del suelo, la vitalidad del cultivo y la variable de relación beneficio/costo. Los resultados obtenidos fueron para la variable de calidad del suelo el sistema de producción de café con cobertura forestal presentó una mayor calidad del suelo en su valor deseado para la producción, sobrepasando al sistema de producción sin cobertura forestal. Para la variable vitalidad del cultivo, se determinó que la producción bajo cobertura forestal presentó mayor vitalidad, sobrepasando al sistema de producción sin cobertura forestal y en la variable relación beneficio/costo se determinó una mayor rentabilidad en el sistema de producción de café sin cobertura forestal una relación beneficio costo de 1 ya que posee una utilidad de Q21470.00 y su costo de producción es de Q21430.00 lo que supera al sistema de producción con cobertura forestal con una diferencia de utilidad de Q5400.00 esto debido a que existe un mayor rendimiento en el sistema sin cobertura forestal, debido al mal manejo de sombras en el sistema con cobertura forestal. Sin embargo se recomienda la producción de café con cobertura forestal mediante un manejo eficiente de sombras realizando las respectivas podas para tener un sistema de producción agroecológico, ya que este mantiene la capacidad productiva a partir de nuevas ramas y nudos, disminuyendo las condiciones favorables para las plagas y enfermedades, optimizando la fotosíntesis y la respiración ayudando a la longevidad del cultivo, siendo así también la conservación de humedad y fertilidad del suelo lo que aumenta el rendimiento en producción de los cafetales

## **EVALUATION OF COFFEE PRODUCTION SYSTEMS WITH AND WITHOUT FOREST COVERAGE; OLOPA, CHIQUIMULA**

### **SUMMARY**

The objective of the present investigation was to evaluate two systems of production of coffee with and without forest cover, in Aldea Pinalito, municipality of Zacapa. A rapid agroecological method was used to evaluate coffee production systems, analyzing the quality of the soil, the vitality of the crop and the variable of benefit / cost ratio. The results obtained were for the soil quality variable the systems of coffee production with forest cover presented a higher quality of the soil in its desired value for the production, surpassing the system of production without forest cover. For the variable crop vitality, it was determined that the production under forest cover presented greater vitality, surpassing the production system without forest cover and in the benefit / cost variable, a higher profitability was determined in the coffee production system without forest cover a cost benefit ratio of 1 since it has a profit of Q21470.00 and its cost of production is Q21430.00 which surpasses the system of production with forest cover with a difference of utility of Q5400.00 this because there is a higher yields in the system without forest cover due to poor shade management in the forest cover system. However, it is recommended the production of coffee with forest cover by means of an efficient shade management, performing the respective prunings to have an agroecological production system, since this maintains the productive capacity from new branches and knots, reducing favorable conditions for the pests and diseases, optimizing the photosynthesis and the respiration helping the longevity of the crop, being also the conservation of humidity and fertility of the soil what increases the yield in the production of the coffee plantations

## 1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala se cultiva el café en 276,000 hectáreas, distribuida en 204 municipios de un total de 334 (61% de los municipios con café), siendo Zacapa y Chiquimula las regiones relativamente más jóvenes y con los mayores rendimientos promedio (MAGA, 2013).

En el área de Aldea Pinalito, Zacapa se produce café como cultivo principal, ya que este proporciona fuentes de empleo a la mayoría de los habitantes de la comunidad, pero debido a su expansión cada vez son más las áreas deforestadas para su producción ya que el cultivo se establece en su mayor parte sin cobertura forestal, debido a este problema latente y para la recuperación de los recursos naturales se realizó una evaluación de dos sistemas de producción de café uno con cobertura forestal y otro sin cobertura forestal mediante un método agroecológico rápido determinando la sostenibilidad de los cafetales en cuyo método se evaluó la calidad del suelo, vitalidad del cultivo y la relación beneficio/costo, obteniendo como resultado que la producción bajo cobertura forestal posee una mayor calidad del suelo y vitalidad del cultivo, pero la producción sin cobertura forestal presentó un mayor relación/beneficio a corto plazo sin embargo la producción de café con cobertura forestal no declinara progresivamente como el anterior sistema de producción.

Por lo tanto se recomienda el sistema de producción con cobertura forestal para recuperar los recursos naturales indispensables para la vida y así mismo poder producir café en esta región ya que es la fuente de ingresos de las poblaciones aledañas a las plantaciones.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 LA PLANTA DE CAFÉ

El café pertenece a la familia de las Rubiáceas, es un arbusto lampiño de hasta 6 metros de altura en estado silvestre, sus hojas son perennes, opuestas, ovales, enteras, duras y brillantes por el haz. Sus flores de color blanco, aromáticas, agrupadas en la axila de las parejas de hojas, en cimas de 2 ò 3, constituyendo verticilos de 8 a 15 flores. Cada flor está sujeta por un corto pedúnculo y un cáliz compuesto de 5 pequeñas brácteas que recubren el ovario. La corola está formada por un largo tubo que se ensancha en cinco lóbulos (seis en raras ocasiones), muy estrechos (López, 2006).

Los estambres están soldados a los pétalos, anteras alargadas; pistilo formado por un largo estilo y dos finos estigmas dominando la corola. El ovario da una drupa llamada corrientemente cereza, ovoide, subglobulosa, roja si está madura, de 10 a 15 mm de diámetro por 16 a 18 mm de largo, constituida por un exocarpio (piel) coloreado, un mesocarpio carnoso y blanco – amarillento (pulpa) y dos semillas unidas por sus caras planas (López, 2006).

El café se cultiva en lugares con una precipitación que varía desde los 750 mm anuales (7.500 m<sup>3</sup>/ha) hasta 3000 mm (30.000 m<sup>3</sup>/ha), si bien el mejor café se produce en aquellas áreas que se encuentran en altitudes de 1200 a 1700 metros, donde la precipitación pluvial anual es de 2000 a 3000 mm y la temperatura media anual es de 16 °C a 22 °C. Pero aún más importante es la distribución de esta precipitación en función del ciclo de la planta. Podemos decir que el cultivo requiere una lluvia (o riego) abundante y uniformemente distribuida desde comienzos de la floración hasta finales del verano (noviembre – septiembre) para favorecer el desarrollo del fruto y de la madera. En otoño sin embargo es conveniente un período de sequía que induzca la floración del año siguiente (ANACAFE, 2015).

## **2.2 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE CAFÉ**

El café se cultiva en lugares con una precipitación que varía desde los 750 mm anuales (7.500 m<sup>3</sup>/ha) hasta 3000 mm (30.000 m<sup>3</sup>/ha), si bien el mejor café se produce en aquellas áreas que se encuentran en altitudes de 1200 a 1700 metros, donde la precipitación pluvial anual es de 2000 a 3000 mm y la temperatura media anual es de 16 °C a 22 °C. Pero aún más importante es la distribución de esta precipitación en función del ciclo de la planta (López, 2006).

## **2.3 ASPECTOS EDÁFICOS QUE REQUIERE EL CULTIVO DE CAFÉ**

El café prospera en un suelo profundo, bien drenado, que no sea ni demasiado ligero ni demasiado pesado. Los limos volcánicos son ideales. La reacción del suelo debe ser más bien ácida. Una variación del pH de 4,2-5,1 se considera lo mejor para el café arábigo. Además, la respuesta fotosintética y síntesis bioquímica de la planta se ve muy influida por el período climático del año. Así los diferentes niveles de clorofilas, carotenoides etc., se ven modificados en función de las temperaturas, de la intensidad luminosa (ANACAFE, 2002).

### **2.3.1 Propiedades físicas del suelo**

Las principales son: color, textura, estructura, porosidad, permeabilidad, profundidad efectiva. La partículas texturales del suelo como arena, limo y arcilla se asocian para formar agregados y unidades de mayor tamaño nombrados por peds. La estructura del suelo afecta directamente la aireación, el movimiento del agua en el suelo, la conducción térmica, el crecimiento radicular y la resistencia a la erosión. El agua es el componente elemental que afecta la estructura del suelo con mayor importancia debido a su solución y precipitación de minerales y sus efectos en el crecimiento de las planta (FAO, 2006).

### **2.3.2 Color del suelo**

El color del suelo depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes. Se puede evaluar como una medida indirecta ciertas propiedades del suelo. Se usa para distinguir las secuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato (FAO, 2006).

### **2.3.3 Textura del suelo**

La textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades (FAO, 2006).

El triángulo de textura de suelos según la FAO se usa como una herramienta para clasificar la textura. Partículas del suelo que superan tamaño de 2.0mm se definen como piedra y grava y también se incluyen en la clase de textura. Por ejemplo, un suelo arenoso con 20% de grava se clasifica como franco arenoso con presencia de gravas. Cuando predominan componentes orgánicos se forman suelos orgánicos en vez de minerales (FAO, 2006).

En edafología las partículas de un suelo se clasifican en elementos gruesos (tamaño de diámetro superior a 2 mm) y elementos finos (tamaño inferior a 2 mm). Estos últimos son los utilizados para definir la textura de un suelo. Siguiendo la terminología establecida por la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América), tenemos las siguientes clases de partículas inferiores a 2 mm de diámetro ( $\emptyset$ ):

- Arena muy gruesa:  $2 \text{ mm} > \emptyset > 1 \text{ mm}$
- Arena gruesa:  $1 \text{ mm} > \emptyset > 0.5 \text{ mm}$
- Arena media:  $0.5 \text{ mm} > \emptyset > 0.25 \text{ mm}$



- Arena fina:  $0.25 \text{ mm} > \varnothing > 0.10 \text{ mm}$
- Arena muy fina:  $0.10 \text{ mm} > \varnothing > 0.05 \text{ mm}$
- Limo:  $0.05 \text{ mm} > \varnothing > 0.002 \text{ mm}$
- Arcilla:  $\varnothing < 0.002 \text{ mm}$

No obstante, a grandes rasgos se clasifica:

- Arena  $2 \text{ mm} > \varnothing > 0,05 \text{ mm}$
- Limo  $0,05 \text{ mm} > \varnothing > 0,002 \text{ mm}$
- Arcilla  $\varnothing < 0.002 \text{ mm}$

No obstante, todas estas clases texturales se agrupan en 4 grandes grupos que poseen características similares:

#### **a. Las texturas arcillosas:**

Dan suelos plásticos y difíciles de trabajar. Retienen gran cantidad de agua y de nutrientes debido a la microporosidad y a su elevada capacidad de intercambio catiónico. Aunque retengan agua en cantidad presentan una permeabilidad baja, salvo que estén bien estructurados y formen un buen sistema de grietas (Gisbert, 2010).

#### **b. La textura arenosa:**

Es la contrapuesta a la arcillosa, pues cuando en superficie hay una textura arenosa los suelos se conocen como ligeros, dada su escasa plasticidad y facilidad de trabajo. Presenta una excelente aireación debido a que las partículas dominantes de gran tamaño facilitan la penetración del aire. Únicamente cuando se producen lluvias intensas se puede producir encharcamiento o escorrentía, momento en el que la erosión laminar es muy importante. La acumulación de materia orgánica es mínima y el lavado de los elementos minerales es elevado (Gisbert, 2010).

### **c. La textura limosa:**

Presenta carencia de propiedades coloidales formadoras de estructura, formando suelos que se apelmazan con facilidad impidiendo la aireación y la circulación del agua. Es fácil la formación de costras superficiales que impiden la emergencia de las plántulas (Gisbert, 2010).

### **d. Las texturas francas o equilibradas:**

Al tener un mayor equilibrio entre sus componentes, gozan de los efectos favorables de las anteriores sin sufrir sus defectos, el estado ideal sería la textura franca y a medida que nos desviamos de ella se van mostrando los inconvenientes derivados (Gisbert, 2010).

## **2.3.4 Estructura del suelo**

Es la forma que toman las partículas del suelo al agregarse unas a otras, debido principalmente a la actividad microbiana y a las cargas magnéticas de las partículas de arcilla. La estabilidad y consistencia de los agregados depende del contenido y tipo de arcilla. De la estructura depende en gran parte el grado de aireación, drenaje y penetración de las raíces de las plantas. Lo ideal es que el suelo tenga 50 por ciento de espacio poroso (ANACAFE, 2002).

Entre las principales estructuras del suelo están: estructura laminar, prismática, en bloque y en forma de migajón o granular. Desde el punto de vista agrícola, se considera más adecuada la estructura en migajón (ANACAFE, 2002).

El tipo de estructura se refiere a la forma de las unidades estructurales en el suelo. Podemos encontrar:

- Unidades estructurales naturales de suelo.
- Unidades sin estructura

Las unidades estructurales del suelo son:

**a. Estructura granular:**

La estructura granular presenta unidades pequeñas poliédricas regulares o esferoides dispuestas alrededor de un punto con sus tres dimensiones de tamaños similares. Sus superficies son planas o curvas y tienen poca o ninguna acomodación a la forma de los agregados vecinos. Suele aparecer cuando los agregados son poco porosos por el predominio de la arcilla sobre la materia orgánica en el proceso de floculación. Es propia de horizontes A de suelos pobres en materia orgánica (Gisbert, 2010).

**b. Estructura poliédrica o angular:**

Las unidades estructurales son poliedros con las caras intersectadas unas con otras, formando ángulos agudos. Su forma recuerda a la de un poliedro equidimensional con vértices afilados y punzantes. Los agregados encajan perfectamente unos en otros, y dejan un sistema de grietas inclinadas que es típica de horizontes B con contenidos arcillosos medios o con arcillas poco expansibles (Gisbert, 2010).

**c. Estructura subpoliédrica o subangular:**

La estructura subangular presenta poliedros de caras planas y redondeadas, con la carencia de ángulos agudos. Es propia de horizontes A muy pobres en materia orgánica y de la parte superior de los horizontes B (Gisbert, 2010).

**d. Estructura grumosa o migajosa:**

Esta estructura se produce debido a la floculación de los coloides minerales y orgánicos. Sus agregados son pequeños, muy porosos y redondeados, por lo que la penetración de las raíces se ve muy favorecida. También favorece la germinación de las semillas, pues opone poca resistencia a la germinación. Es propia de los Horizontes A, ricos en materia orgánica (Gisbert, 2010).

#### **e. Estructura prismática:**

En esta estructura la dimensión vertical predomina sobre las horizontales, adopta forma de prisma con las superficies llanas. Así pues encontramos unidades verticalmente alargadas. Es propia de los horizontes B muy arcillosos que los hace compactos y se resquebrajan en grandes bloques (Gisbert, 2010).

#### **f. Estructura columnar:**

Esta estructura presenta también la característica de producir unidades elongadas verticales con el extremo final redondeado, dando lugar a una estructura en forma de cúpula. Se produce siempre que hay una dispersión fuerte de la arcilla provocada por una alta concentración de sodio. Las arcillas sódicas al secarse forman una masa muy compacta que se resquebraja en grandes prismas muy duros e impenetrables por el agua. El agua cargada de coloides fluye fundamentalmente por las grietas que quedan entre los agregados y esto hace que las partículas en suspensión erosionen la parte alta de los agregados y le den el aspecto de cúpula. Esta, suele tener una coloración negruzca debido a la materia orgánica que fluye por las grietas, aunque se ve claramente una coronilla de color blanquecino y que corresponde a las sales cristalizadas, típico de los horizontes B de suelos salinos sódicos (Gisbert, 2010).

#### **g. Estructura esquistosa o laminar:**

Esta estructura presenta un desarrollo mucho mayor horizontalmente frente al desarrollo vertical de las unidades estructurales. Es propia de horizontes C procedentes de materiales originales esquistosos que le ceden al suelo su estructura (Gisbert, 2010).

Por otra parte, encontramos suelos sin unidades estructurales definidas, clasificando el tipo de estructura de la siguiente manera:

#### **h. Estructura particular:**

Esta estructura se presenta cuando solo hay arena y no hay síntomas de agregación. Es propia de los horizontes E. Realmente no se trata de una estructura pues no responde a los criterios de definición de la misma pero se le asigna el término para mantener una unidad en la definición y describir este estado de "no agregación" del suelo (Gisbert, 2010).

**i. Estructura masiva:**

No existen unidades estructurales y el material es una masa que no ha de estar necesariamente cementada. Es una masa sin grietas y sin diferenciación de agregados. Es propia de materiales que no han sufrido procesos edáficos pero que poseen coloides arcillosos derivados de su origen como son los horizontes C (Gisbert, 2010).

**j. Estructura fibrosa:**

En este caso, tampoco existen unidades estructurales, pues está constituida por fibras procedentes del material orgánico poco descompuesto en el que los restos de tejidos son fácilmente visibles; la única organización es el entrelazamiento de las fibras. Es propia de los horizontes orgánicos H y O (Gisbert, 2010).

### **2.3.5 Porosidad y permeabilidad**

Al agruparse los granos o partículas del suelo para formar terrones, quedan entre ellos espacios de tamaño variable denominados poros, que son ocupados por el agua y el aire. La permeabilidad se refiere a la velocidad con la que el agua y el aire circulan o se mueven a través de los poros del suelo (FUNDESYRAM, 2015).

Los suelos arenosos son de permeabilidad alta y los arcillosos de baja permeabilidad, los mejores suelos para el café son los francos, en los cuales la permeabilidad es moderada (FUNDESYRAM, 2015).

En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso

se pueden distinguir macro poros y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas (FAO, 2006).

### **2.3.6 Profundidad efectiva del suelo**

Se llama así a la distancia hasta donde las raíces de la planta pueden penetrar fácilmente en busca de agua y alimento, a mayor profundidad efectiva del suelo mejor será el desarrollo radical del cafeto. En general, un suelo para cultivar café es profundo si permite la penetración de las raíces hasta 80 centímetros, la erosión ocasionada por las inadecuadas prácticas de desyerba del cultivo, disminuye la profundidad efectiva del suelo (FUNDESYRAM, 2015).

En resumen los mejores suelos para el cultivo del cafeto son los francos, de buena profundidad efectiva, con estructura granular, buena aireación y permeabilidad moderada (FUNDESYRAM, 2015).

La definición original del solum se denominaba como la capa superficial del suelo (horizonte A) junto con el subsuelo (E y B). El horizonte C se definía como estratos con poca formación edafogénica. De este modo la profundidad efectiva del suelo fue considerada como la espesura del suelo. Sin embargo, la presencia de raíces y la actividad biológica que frecuenta a menudo en horizonte C realza la importancia de incluir este horizonte en la definición de profundidad del suelo. En la práctica los estudios con levantamiento de suelos utilizan límites de profundidad arbitrarios (200 cm) (FAO, 2006).

### **2.3.7 Propiedades químicas del suelo**

Las más importantes son: pH o acidez, fertilidad, materia orgánica. Son determinadas en el laboratorio mediante el análisis químico de suelos (FUNDESYRAM, 2015).

### **2.3.8 pH del suelo**

Esta medida varía entre 1 y 14. Los suelos buenos para café deben tener una acidez entre 5 y 5.5. Al café no le convienen suelos con valores de la acidez por debajo de 5 o por encima de 5.5, pues se dificulta la nutrición del cultivo (FUNDESYRAM, 2015).

### **2.3.9 Fertilidad**

Esta propiedad del suelo está estrechamente relacionada con la cantidad disponible de nutrimentos para las plantas. Los elementos nutritivos que el café requiere en mayor cantidad son: Nitrógeno, Fósforo y Potasio. El café necesita en menor cantidad de Calcio - Magnesio, Azufre - Hierro, Zinc - Manganeso, Boro - Cobre. La carencia de alguno de estos nutrimentos afecta el normal crecimiento y desarrollo de la plantación cafetera al igual que su producción potencial, tanto en calidad como en cantidad de café. Un suelo que presente mediana a baja fertilidad se puede mejorar con la aplicación de fertilizantes. En general, se puede decir que para el cultivo del café son más importantes las buenas condiciones físicas del suelo que su fertilidad natural (FUNDESYRAM, 2015).

### **2.3.10 Materia orgánica**

Está representada por los residuos descompuestos de plantas y animales. La pulpa de café descompuesta aporta materia orgánica a los suelos. La materia orgánica tiene mucha importancia para obtener una alta productividad del cultivo. Influye en forma decisiva en el mejoramiento de las condiciones físicas del suelo, favorece la retención de humedad y es el principal sustrato para el desarrollo de pequeños organismos que la transforman en una gran fuente de alimento para el café. Los suelos buenos para cultivar café deben tener contenidos de materia orgánica mayores al 8% (FUNDESYRAM, 2015).

### **2.3.11 La disponibilidad de agua en el suelo**

Cuando un campo se encuentra encharcado, el espacio de aire en el suelo se desplaza por el agua. Se denomina Capacidad de Campo (CC) a la cantidad de agua el suelo es capaz de retener luego de ser saturado y dejado drenar libremente evitando evapotranspiración y hasta que el potencial hídrico se estabilice (tras 24 a 48 horas de la lluvia o riego) (FAO, 2006).

El agua ocupando el espacio de los poros más grandes (macroporos) drena hacia capas inferiores bajo la fuerza de gravedad. Los poros más pequeños (microporos) se llenan de agua y los más grandes de aire y agua. El punto Capacidad de Campo corresponde a una succión de 1/3 bar. Las plantas deben producir una succión hasta 15 bares como máximo. A los 15 bares de succión la cantidad de agua en el suelo se denomina por el Punto de Marchitez Permanente (PMP). A ese punto las plantas pierden la capacidad de succión y siguen perdiendo agua mediante la transpiración. Se pierde la turgencia de la planta resultando en su marchitez (FAO, 2006).

Gráficamente la diferencia entre el punto de capacidad de campo y el punto de marchitez permanente resulta en el agua disponible para cultivo en mm o expresado porcentualmente. La textura del suelo influencia en la cantidad de agua en un suelo drenado hasta el punto de capacidad de campo y la cantidad que está disponible para las plantas. La humedad del suelo que se encuentra disponible se puede determinar en el laboratorio como se ilustra en las curvas de retención de humedad del suelo (FAO, 2006).

## **2.4 DENSIDADES DE SIEMBRA Y RENDIMIENTOS DE CAFÉ EN GUATEMALA**

La densidad de siembra en promedio se utilizan 3,500 plantas de cafeto por hectárea; y el rendimiento promedio de café en estado pergamino es de 1,000 Kg. de café pergamino por hectárea equivalente a unos 22 quintales por hectárea, 13.25 quintales por manzana (ANACAFE, 2015).



## **2.5 USO DE ÁRBOLES DE COBERTURA NATURAL PARA LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ (*Coffea arabica*)**

Sin considerar las especies que se usen como sombra, el empleo de ellas es clave para favorecer la productividad del café. El uso y manejo apropiado de los árboles de sombra tiene por objeto evitar extremos que son perjudiciales; así por ejemplo, una sombra excesiva afecta o limita la producción y un exceso de sol acorta la vida productiva de la plantación y demanda mayor uso de insumos (FHA, 2004).

El café tiene sus orígenes en los bosques de Etiopía, por lo que desde su introducción a Guatemala, hace casi dos siglos, se cultiva bajo árboles de sombra de la misma de forma al lugar de origen. Actualmente, el 98% del café guatemalteco se cultiva bajo sombra (ANACAFE, 2012).

Dicha práctica ha sido una de las principales recomendaciones de la Asociación Nacional del Café (ANACAFE). Las ventajas de utilizar sombra son numerosas, que van desde protección a la planta de café, regulación de temperatura, aporte de nutrientes y materia orgánica, hasta la protección de suelos y recursos hídricos, conservación de la flora y fauna, y provisión de servicios ambientales (ANACAFE, 2012).

Los árboles que componen la sombra de los cafetales pueden ser de diversas especies, pero los más utilizados en Guatemala son: Inga sp. (chalúm, cushin, cuje, guaba, pepeto), o la *Gravilea robusta* (gravilea). Los productores de café generalmente seleccionan las especies que son útiles como sombra por sus diversas características; entre las que se encuentran: la densidad del follaje, la forma de la copa o las características nutricionales, como es el caso de las leguminosas, que son fijadoras de nitrógeno (ANACAFE, 2012).

Actualmente los caficultores también seleccionan las especies de sombra en base a tendencias económicas o de sostenibilidad. Por ejemplo, aquellas fincas que buscan los sellos y certificaciones de café, las cuales cuentan con normas que favorecen y promueven la siembra y conservación de diferentes especies de árboles, otorgándole

mayor calificación a aquellas unidades productivas que cuentan con diferentes especies nativas (ANACAFE, 2012).

Se han identificado alrededor de 55 especies de árboles en las áreas de producción de café del país, algunas de estas especies son el Madrecacao (*Glyricidiasepium*), el Palo Blanco (*Cybistaxdonell-smithii*), pito o miche (*Erythrina* sp.), volador o guayabo (*Terminalia* sp.) e incluso algunos árboles de cedro (*Cedrella* sp.) (ANACAFE, 2012).

### **2.5.1 Importancia de la sombra para las plantaciones de café**

La función principal de la sombra se refleja en los efectos directos sobre la planta de café. La sombra actúa como un filtro a la luz solar, modificando la intensidad y calidad con que esta llega a las hojas del cafeto, ejerciendo un efecto directo, regulando y optimizando la fotosíntesis y respiración. Al optimizar las condiciones lumínicas del cafetal, se logran mejorar los rendimientos, así mismo, mantiene la longevidad, ya que el exceso de radiación solar dificulta la producción sostenida (ANACAFE, 2012).

Además, ejerce un efecto positivo en la regulación del agua, ya que la sombra propicia mayor infiltración de lluvia en el suelo, reduciendo la evaporación. Los árboles permiten conservar la humedad del suelo al proveer una cobertura natural con hojarasca, que también beneficia al dificultar el desarrollo normal de malezas. Protegen también de la acción directa de los vientos y reducen daños por bajas temperaturas (heladas). Todas estas funciones cumplen un efecto importante en la reducción de la erosión, conservación de la humedad y en la fertilidad del suelo (ANACAFE, 2012).

### **2.5.2 Funciones de la sombra**

Dentro de las funciones de la sombra en el cafetal se puede mencionar: protege la plantación de la acción directa de los rayos de sol, lo que disminuye la pérdida de agua del suelo y de la planta de café, regula la temperatura de la plantación y del suelo, esto permite un adecuado desarrollo del follaje y raíces, mejorando el aprovechamiento de los elementos nutricionales, reduce la erosión del suelo y disminuye la población de malezas, incrementa la cantidad de materia orgánica en el suelo, mejorando los niveles de fertilidad, protege la plantación de la acción directa de los vientos (ANACAFE, 2012).

### **2.5.3 Características deseables de los árboles de sombra**

Las características deseables de los árboles de sombra en el cafetal están: buen crecimiento, larga vida, compatibilidad con el cultivo de café, crecimiento rápido, arboles de copa extendida para que permitan buena filtración de luz, sistema radicular profundo, resistente a vientos, regeneración rápida de ramas y hojas, que mantengan el follaje durante todo el año, fácil manejo para la formación de ramas horizontales (ANACAFE, 2012).

### **2.5.4 Tipos de árboles de sombra**

Existen diferentes tipos de árboles de sombra de cafeto entre los cuales cabe mencionar los provisionales: se usan para proteger a la plantación de café durante el primer año de establecimiento. Las plantas usadas son crotalaria, ganduly o frijol de palo tephrosia o árbol de ceniciento; se siembran sobre la calle a un metro de distancia. Temporal o semi - permanente: plantas de crecimiento rápido, que brindan sombra a la planta de café durante los primeros cuatro años de establecimiento de la plantación, mientras se desarrolla la sombra permanente, las plantas que se utilizan son higüerillo, cuernavaca, musas (banano-plátano) y baraja.

El distanciamiento varía entre 4 x 4 metros a 6 x 6 metros. Sombra definitiva o permanente: plantas que por sus hábitos de crecimiento y longevidad, conviven con los cafetales, proporcionándoles sombra durante todo el ciclo productivo. Generalmente se utilizan leguminosas del género Inga: chalúm, cushín, guaba, pepeto, cuje, gravilea y el pitoo poro. La densidad depende del tipo de suelo (textura, fertilidad, contenido de materia orgánica) clima, altitud, topografía y el manejo cultural del cultivo; de tal forma que las distancias varían de 6 x 8 metros a 12 x 12 metros dependiendo de la especie del árbol y el clima donde se encuentra el cafetal (ANACAFE, 2012).

Existen tres tipos de sombra según el uso o función: la sombra provisional, temporal y definitiva. La densidad de la sombra puede variar en cada región, según las condiciones agroclimáticas de cada lugar. La sombra de mayor densidad es la de

cobertura entre un 50-70% y la de menor densidad se encuentra entre el 25-30% (ANACAFE, 2012).

Debido a la función específica de los árboles de sombra en los cafetales, éstos necesitan de un constante manejo, para crear las condiciones idóneas para la producción de café. Es por ello que los árboles de sombra se someten a podas de diferente intensidad, según la región, época o condiciones específicas de luz que se le quiera dar al cafetal. Las podas, ya sea de formación, mantenimiento o regulación, o toconeo, se recomienda efectuarlas al inicio de la época lluviosa. Este manejo produce un beneficio adicional para el productor, permitiéndole utilizar la leña proveniente de las podas (ANACAFE, 2012).

La planificación del manejo incluye no sólo las podas, sino también un plan de repoblación o reposición de los árboles viejos, por lo cual varios productores cuentan con viveros de especies forestales (ANACAFE, 2012).

### **2.5.5 Épocas de manejo de sombra**

Primera época: en los meses de enero-marzo, cuando se va a renovar la plantación de café o podar el cafetal en sistema de bloque compacto, debe aprovecharse para estandarizar la altura de árboles de sombra mediante corte del fuste a una altura de 4 - 5 metros (toconeo). En esta época también debe efectuarse deshije y aclareo de árboles con el propósito de mejorar la penetración de luz en áreas muy densas (ANACAFE, 2012).

Segunda época: al inicio de las lluvias (mayo-junio) se realiza la poda de mantenimiento o regulación con el propósito de obtener una buena penetración y distribución de luz dentro del cafetal. Los árboles jóvenes deben podarse con el objetivo de darles la forma adecuada (ANACAFE, 2012).

### **2.5.6 Tipos de manejo**

Manual: se hace utilizando machetes tipo “cuta” y, en algunos casos, escaleras que facilitan al personal realizar la actividad (ANACAFE, 2012).

Mecanizado: se usa moto-podadora telescópica, su implementación requiere que la empresa cuente con personal capacitado.

### **2.5.7 Ventajas que ofrece el uso de árboles de sombra en el cafetal**

Al usar árboles maderables como sombra en los cafetales, se obtienen las siguientes ventajas: Disminuye la erosión por el amarre del suelo por parte de las raíces y por la intercepción de las gotas de lluvia, reduciéndose la velocidad de caída de las mismas sobre la superficie del terreno, Aumenta el contenido de materia orgánica con la caída de hojas y ramas, disminuye la proliferación de malezas en el cafetal, debido a la menor cantidad de luz que ingresa al suelo, Regula el desarrollo fisiológico de la planta, permitiendo de esta manera mantener la vida productiva de la plantación evitando el agotamiento prematuro del cultivo. Ingresos adicionales al café por venta de productos maderables (leña, postes, brotones, frutos, madera de aserrío, etc.) Se mejora la disponibilidad de agua en el suelo (FHA, 2004).

## **2.6 PODAS**

El objetivo de la poda es mantener la capacidad productiva a partir de nuevas ramas y nudos, disminuir las condiciones favorables para las plagas y enfermedades, así como facilitar las labores de manejo y cosecha (FHA, 2004).

La poda en café es una práctica que bien realizada contribuye a prolongar la vida del cafetal, manteniendo los niveles de producción y disminuyendo el problema de alternancia o bianualidad, es decir, la ocurrencia de una buena cosecha un año, seguida de una pobre cosecha al año siguiente (FHA, 2004).

Para efectos de podas es necesario saber que la planta de café solamente produce cerezas en los tejidos nuevos, o sea en los nudos de la parte de la rama que se formó el año anterior (FHA, 2004).

## **2.7 FERTILIZACIÓN**

Existen varios factores a considerar antes de aplicar un fertilizante, como la fertilidad natural del suelo, la cantidad de sombra en el cafeto, la edad del cultivo, el régimen de lluvias, la pendiente del terreno y el tipo de abono (FHA, 2004).

Hay fertilizantes químicos y orgánicos que se pueden utilizar; los orgánicos son todos los residuos de cosecha, estiércol de animales y todo material vegetal que al descomponerse suplen de nutrientes a la planta (aboneras o composteras) y se aplican según la edad entre dos y seis libras por planta. Los inorgánicos están hechos a base de productos o formulaciones químicas. La información que arrojen los análisis de suelos de cada finca, constituyen la mejor herramienta para decidir la fórmula y cantidad a aplicar (FHA, 2004).

## **2.8 EXPORTACIONES DE CAFÉ EN GUATEMALA**

Del total de exportaciones del país para el período 1993 – 1994, la caficultura obtuvo durante esta cosecha \$ 293.8 millones de dólares, para el período 1994 – 1995 las exportaciones de café alcanzaron los \$ 571.8 millones de dólares, en el período de 1995 – 1996 la caficultura nacional obtuvo \$ 451.6 millones de dólares, en el período 1996 – 1997 las exportaciones de café alcanzaron los \$ 566.0 millones de dólares, para el siguiente período 1997 – 1998.

El cultivo de café obtuvo ingresos por \$ 677.0 millones de dólares, en el período 1998 – 1999 se reportó \$ 581.7 millones de dólares, en el siguiente período 1999 – 2000 los ingresos fueron de \$ 597.8 millones de dólares, en el período 2000 – 2001 se obtuvo ingresos por \$ 338.7 millones de dólares, para la siguiente fecha 2001 – 2002 se reportó ingresos por \$ 248.3 millones de dólares, para la siguiente año 2002 – 2003 se obtuvieron ingresos por \$ 308.4 millones de dólares (ANACAFE, 2015).

## **2.9 IMPORTANCIA DEL CAFÉ COMO EMPLEADOR DE MANO DE OBRA**

El número de personas involucradas en el proceso de cultivo de café es cerca de 700,000 de las cuales laboran de manera permanente 300,000 y laboran indirectamente 300,000. De la mano de obra indirecta se estima un número cerca de 1, 500,00 personas, y las familias productoras de café en el país es de 300,000 para hacer un total de 2,500,000 personas involucradas en el proceso de producción de café. Ocupando un total de 25 % de la población económicamente activa (ANACAFE, 2015).

## **2.10 PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN QUINTALES ORO POR DEPARTAMENTO**

En Guatemala los 22 departamentos productores de café, se mencionan a los que presentan por su volumen de producción de café en oro una mayor número de quintales.

Según el volumen producido esta en primer lugar Santa Rosa con 1,102,492 quintales oro equivalente a (50113272.72 kg de café oro), luego sigue Huehuetenango con una producción de 689,507 quintales oro 17 equivalente a (71317322 Kg de café oro), en tercer lugar Chiquimula con 544,375 quintales oro equivalente a (25041250 Kg de café oro), en cuarto lugar Guatemala con 330,789 quintales oro equivalente a (15216294 Kg de café oro), en quinto lugar San Marcos con una producción de 298,484 quintales oro lo que equivale a (13730264 Kg de café oro), en sexto lugar Suchitepéquez con un volumen de 274,519 quintales oro equivalente a (12627874 Kg de café oro), en séptimo lugar Sacatepéquez con 199,798 quintales oro equivalente a (9190294 Kg de café oro), en octavo lugar Alta Verapaz con una producción de 188,849 quintales oro equivalente a (8687054 Kg. de café oro) (ANACAFE, 2015).

## **2.11 Método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales**

Este método permite estimar la calidad del suelo y la salud de un cultivo, utilizando indicadores sencillos de emplear. Con base en la estimación de estos indicadores, el

productor y el investigador pueden determinar el estado agroecológico de la plantación. Con los valores obtenidos para cada indicador se construyen diagramas tipo "ameba", que permiten visualizar el estado general de la calidad del suelo y la salud del cultivo, considerando que mientras más se aproxime la "ameba" al diámetro del círculo (valor 10, óptimo) el sistema es más sostenible.

La metodología, aunque fue diseñada para café, es aplicable a otros agroecosistemas. Además permite estimar la sostenibilidad en forma comparativa o relativa, monitoreando la evolución de un mismo agroecosistema a través del tiempo, o comparando dos o más agroecosistemas con diferente manejo o estados de transición (Altieri y Nicholls, 2002).

Muchos agricultores utilizan el sistema de café convencional de monocultivo, manejado con insumos sintéticos a sistemas más diversificados, que incluyen árboles de sombra, con el objetivo de lograr una producción de calidad, estable en el tiempo y menos dependiente de insumos externos, lo cual reduce los costos de producción y favorece la conservación de los recursos naturales de la finca, tales como suelo, agua y biodiversidad (Altieri y Nicholls, 2002).

El objetivo final de los investigadores que desarrollan y promueven técnicas de manejo orgánico, es llegar a diseñar agroecosistemas con gran resistencia a plagas, buena capacidad de reciclaje y de retención de nutrientes, así como altos niveles de biodiversidad. Un sistema más diversificado, con un suelo rico en materia orgánica y biológicamente activo es considerado un sistema no degradado, robusto y productivo. En otras palabras, un agroecosistema de café, rico en biodiversidad, la cual, a partir de una serie de sinergismos contribuye con la fertilidad edáfica, la fitoprotección y la productividad del sistema, se considera sustentable o saludable (Altieri y Nicholls, 2002).

Uno de los desafíos que enfrentan tanto agricultores, como extensionistas e investigadores es saber ¿cuándo un agroecosistema puede ser considerado



saludable?, o ¿en qué estado de salud se encuentra, después de que se ha iniciado la conversión a un manejo agroecológico? Los investigadores que trabajan en agricultura sostenible han propuesto una serie de indicadores de sostenibilidad para evaluar el estado de los agroecosistemas, algunos indicadores consisten en observaciones o mediciones que se realizan a nivel de finca para determinar la fertilidad y conservación del suelo y si las plantas están sanas, vigorosas y productivas (Altieri y Nicholls, 2002).

En esta metodología se realiza el diagnóstico de la calidad del suelo y la salud del cultivo en plantaciones de café usando indicadores sencillos. Los indicadores utilizados se seleccionaron porque son fáciles y prácticos de utilizar por los agricultores. Además, son precisos y fáciles de interpretar, sensitivos a los cambios ambientales y al impacto de las prácticas de manejo sobre el suelo y el cultivo, integran propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y pueden relacionarse con procesos del ecosistema, por ejemplo determinan la relación entre diversidad vegetal y estabilidad de poblaciones de plagas (Altieri y Nicholls, 2002).

No hay duda de que muchos productores de café poseen sus propios indicadores para estimar la calidad del suelo o el estado fitosanitario de su cultivo. Algunos reconocen ciertas malezas que indican, por ejemplo, la presencia de un suelo ácido o infértil. Para otros, la presencia de lombrices de tierra es un signo de un suelo vivo, y el color de las hojas refleja el estado nutricional de las plantas. Ante esta situación, se seleccionaron indicadores de calidad de suelo y de salud del cultivo, relevantes para los agricultores y las condiciones biofísicas de los cafetales. Con la definición de estos indicadores, el procedimiento para evaluar la sostenibilidad es similar, independientemente de la diversidad de situaciones que existen en las fincas de la región (Altieri y Nicholls, 2002).

La sostenibilidad se define entonces como un conjunto de requisitos agroecológicos que deben ser satisfechos por cualquier finca, independiente de las diferencias en manejo, nivel económico, posición en el paisaje, etc. Como todas las mediciones realizadas se basan en los mismos indicadores, los resultados son comparables, facilitando el estudio de cada agroecosistema a través del tiempo, o comparaciones

entre fincas en varios estados de transición. Quizás lo más importante, es que una vez aplicados los indicadores, cada agricultor puede visualizar el estado de su finca, determinando para cada atributo del suelo o de las plantas, el estado con relación a un umbral preestablecido (Altieri y Nicholls, 2002).

Cuando la metodología se aplica en varias fincas, resulta muy útil para los agricultores porque les permite comprender las razones por las cuales algunas fincas tienen una respuesta ecológica superior a otras, y que medidas implementar para mejorar aquellos aspectos en que los indicadores mostraron valores bajos (Altieri y Nicholls, 2002).

Los indicadores de sostenibilidad Una vez definidos los requerimientos de sostenibilidad de los cafetales (diversidad de cultivos, cobertura de suelo, cantidad adecuada de materia orgánica, baja incidencia de plagas, entre otros), se seleccionaron diez indicadores de calidad de suelo y diez de salud del cultivo. Estos indicadores fueron discutidos con los miembros de la Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba (APOT) y validados en cinco fincas de productores miembros de esa asociación APOT (Altieri y Nicholls, 2002).

Cada indicador se estima en forma separada y se le asigna un valor de 1 a 10 (siendo 1 el valor menos deseable, 5 un valor medio y 10 el valor deseado) de acuerdo a las características que presenta el suelo o el cultivo, y los atributos a evaluar para cada indicador, por ejemplo, en el caso del indicador estructura de suelo, se asigna un valor de 1 a suelos polvosos, sin gránulos (o agregados) visibles, un valor de 5 a suelos con cierta estructura granular, y cuyos gránulos se rompen con una presión suave de los dedos, y valor 10 a suelos granuloso, con agregados que mantienen su forma aún después de humedecidos y sometidos a una presión leve. Los valores entre 1 y 5 o 5 y 10 se asignan según las características observadas. Cuando un indicador no aplica para la situación, no se evalúa, o si es necesario, se reemplaza por otro que el investigador y el agricultor estimen más relevante (Altieri y Nicholls, 2002).

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Guatemala es un país que se dedica a la producción de diferentes cultivos siendo uno de ellos el café el cual ha ganado prestigio a nivel internacional. Este cultivo se produce en su mayoría sin cobertura forestal, ocasionando deterioro de los recursos naturales, encontrándose así también algunas áreas que poseen dicha cobertura cuyas áreas con el uso y manejo apropiado es clave para favorecer la productividad y la mejora en la calidad de la cosecha (ANACAFE, 2015).

En el municipio de Zacapa, principalmente en Aldea Pinalito, se produce café utilizando el sistema de producción sin cobertura forestal con un área aproximada de 20 manzanas, por lo cual surge la necesidad de buscar la técnica de producción adecuada que permita producir café de buena calidad sin deteriorar los recursos naturales, por lo que se sugiere evaluar en la localidad dos sistemas de producción de café uno sin cobertura forestal y el otro con cobertura forestal, implemento un método agroecológico rápido el cual permitirá la evaluación de la sostenibilidad de los cafetales determinando así la calidad del suelo, salud de la planta y relación beneficio/costo.

#### **4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

La presente investigación se enfocara en estudiar dos sistemas de producción de café uno con cobertura forestal y otro sin cobertura forestal en una finca de Aldea Pinalito del municipio de Zacapa, ya que debido a la producción de café sin cobertura forestal en algunas áreas se ha afectado los recursos naturales de la localidad, por lo cual se hará una evaluación agroecológica de ambos sistemas de producción para no estancar la economía de la comunidad y demostrar que se puede producir no depredando los recursos naturales, ya que la sombra de los arboles actúa como un filtro a la luz solar, optimizando la fotosíntesis y la respiración, además ayuda a la longevidad del cultivo, la conservación de humedad y fertilidad del suelo, generando así una herramienta para que el agricultor posea a la hora de la toma de decisiones siendo así también los beneficios económicos, ambientales y sociales (ANACAFE, 2012).

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar sistemas de producción de café con y sin cobertura forestal en Aldea Pinalito, Zacapa, determinando la sostenibilidad agroecológica.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la calidad del suelo en los sistemas de producción de café con y sin cobertura forestal utilizando el método agroecológico rápido.
- Identificar la vitalidad del cultivo en los sistemas de producción de café con y sin cobertura forestal utilizando el método agroecológico rápido.
- Estipular la relación beneficio/costo en los sistemas de producción de café con y sin cobertura forestal.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 AMBIENTE

La investigación se realizó en una finca de producción de café la cual cuenta con un área con cobertura forestal y un área sin cobertura forestal ubicados en las coordenadas N 14° 56' 41.25" – W 89° 24' 37.47" de Aldea Pinalito del municipio de Zacapa.

Área: 928 Km<sup>2</sup> Presente en los departamentos de El Progreso, Zacapa, Chiquimula. El monte espinoso abarca un área que va de la aldea El Jicaro en el valle de El Motagua, hasta la aldea El Tempisque cruzando hacia la Fragua, Zacapa, hasta llegar a Chiquimula. La superficie total de esta zona de vida es de 928 kilómetros cuadrados aproximadamente, lo que representa el 0.85% de la superficie del país (Cruz, 1982).

#### 6.1.1 Clima

El clima es cálido, con temperatura media anual de 27 °C, la máxima de 35.9 °C y la mínima de 21.3 °C, los meses de marzo y abril los más cálidos. Debido a la posición geográfica y al hecho de estar situado entre la vertiente del Atlántico, el Municipio posee cierta variabilidad en sus condiciones climáticas. La humedad relativa es de 74% aproximadamente. La velocidad promedio de los vientos es 31 de 6.2 Km. por hora, la insolación media mensual alcanza 205 horas y la anual 2,469.7 horas, teniéndose de seis a siete horas diarias de sol directo (Sologaistoa, 2009).

En esta zona de vida, las condiciones climáticas están representadas por días claros en la mayor parte del año y una escasa precipitación anual, que generalmente se presenta durante los meses de agosto a octubre y es de 400 a 600 mm anuales. De las áreas caracterizadas por esta zona de vida, se contó con datos meteorológicos referentes al Progreso, El Rancho, Teculután, Zacapa, La Fragua y Chiquimula. En esta zona la biotemperatura oscila de 24 a 26 grados centígrados. La evapotranspiración potencial

puede estimarse en promedio de 130% mayor a la cantidad de lluvia total anual (Cruz, 1982).

Los registros de lluvias en el valle son de 470 mm/año en 39 días de precipitación; las cordilleras altas crean condiciones de sombra de lluvia, lo que repercute que en el valle medio del Motagua se reporta una precipitación anual de menos de 500 mm (Campbell, 1982), se considera el valle más árido y seco de Centro América (Sologaistoa, 2009).

El municipio de Zacapa se encuentra en una región de lluvia deficiente y muy variable. A lo largo del río Grande, solo en los meses de junio a octubre inclusive, tienen un promedio pluvial de más de 50 milímetros. La falta de humedad hace fracasar las cosechas frecuentemente. En las tierras altas, al norte y al sur del Municipio, la cantidad de lluvia es mayor, pero en todas partes la estación seca de octubre a abril es severa. No hay datos detallados sobre el clima de las tierras altas, se calcula que la precipitación anual promedio oscila entre las 750 a 1,000 milímetros en la parte sur y es mayor de los 1,000 milímetros en la parte norte extrema (Sologaistoa, 2009).

### **6.1.2 Suelo**

El Municipio presenta siete clases de suelos: de Zacapa, Jigua, Alfombran, Suelos de los Valles, Chol, Tahuaini, y Telemán que cubren los 517 km<sup>2</sup> del Municipio, basándose en las diferencias del material madre que van desde suelos profundos y planos, a superficiales y de topografía quebrada (Sologaistoa, 2009).

Suelo de Zacapa: Estos suelos llevan el mismo nombre del Municipio, el área está completamente seccionada y se caracteriza por pendientes empinadas, existen algunos valles o bolsones de terreno llano entre las montañas. Los suelos, en su mayor parte son poco profundos, y los afloramientos rocosos son comunes. Tienen una superficie de 150 km<sup>2</sup>. Las aldeas que conforman estos suelos son: Tajaral, El Trapiche, Terreros, Cerro Grande, Cerro Chiquito, La Trementina y Pinalitos (Sologaistoa, 2009).

Bosque Mixto (Bm). Es el bosque compuesto por especies de hojas anchas y coníferas en una distribución espacial cuya proporción puede variar de la siguiente manera: desde 31% de coníferas y 69% latifoliadas, hasta 31% de latifoliadas y 69% de coníferas. Este tipo de bosque se localiza al este del Municipio, la superficie que ocupa es de 97 kms<sup>2</sup> representativo del 19% y se localiza en Pinalitos (Sologaietia, 2009).

Los terrenos correspondientes a esta zona de vida son de relieve plano o ligeramente accidentado la elevación varía entre 180 a 400 msnm. La vegetación natural está constituida mayormente por arbustos y plantas espinosas entre las principales especies que predominan en la zona están: Cactus sp. (Cacto, Nopal o Tuna), Guaiacumsp. (Guayacán), Pereskiasp. (Pitaya de árbol), Jaquiniasp (Limoncillo), Bucidamacrostachys (Roble), Acacia farneciana (Espino blanco), Cordia alba (Cupay) (Cruz, 1982).

### **6.1.3 Tipo de cobertura**

La vegetación predominante es el pino, tanto en las zonas bajas como en la parte alta. También hay pequeños bosques latifoliados siempre verdes, generalmente en forma de bosque nublado y sabanas de pajón en los valles. En muchas partes, sobre todo en las zonas más bajas, la actividad agrícola y el pastoreo de animales han cambiado el paisaje. Los pinares son, predominantemente, de pino criollo (*Pinus occidentalis*), especie endémica de la Española (Sologaietia, 2009).

El pino crece en forma natural desde los 800 msnm en adelante, sobre todo en zonas con suelos pobres. Por encima de los 2000 msnm el pino es casi la única especie arbórea. La adaptación de esta especie es tal que, en áreas alteradas por el fuego u otros desastres naturales o inducidos, el pino es el árbol pionero. En la Cordillera Central se pueden distinguir dos tipos de pinares: los pinares densos, con sotobosque bien desarrollado, y pinares abiertos. Los últimos son casi siempre producto de incendios forestales. La superficie que cubren estos bosques es de 177 kms<sup>2</sup>, lo que equivale al 34% del total de kms<sup>2</sup> del Municipio (Sologaietia, 2009).



Estos bosques están ubicados en la parte norte localizándose los caseríos de Capulín, Potreritos, San Pablo, Chastutu, Lamparas, Manzanotes, Jampú y La Majada; en la parte sur oeste se encuentran San Jorge, Barranco Colorado, San Juan, Los Tablones, Cimarrón, Guayabo y Pinalito. En la parte central del Municipio se localizan Cerro Chiquito, La Trementina y Pinalito (Sologaistoa, 2009).

#### **6.1.4 Variedad de café**

En Guatemala se cultivan básicamente variedades de la especie *Coffea arabica*, que es la más difundida en el mundo, con un aporte del 70-75% de la producción mundial. En Latinoamérica se cultivan diversas variedades desarrolladas a partir de las primeras introducciones, donde algunas son el resultado de mutaciones, hibridaciones naturales o artificiales (ANACAFE, 2011).

##### **a. Catuaí**

Es el resultado del cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra, realizado en Brasil. Las selecciones de las primeras 4 generaciones dieron líneas con fruto rojo y amarillo. Las primeras introducciones de Catuaí al país se realizaron alrededor de 1970 (ANACAFE, 2011).

El Catuaí es una variedad de porte bajo, pero más alta que Caturra, las ramas laterales forman un ángulo cerrado con el tallo principal, entrenudos cortos. Las hojas nuevas o brotes son de color verde, las hojas adultas tienen una forma redondeada y son brillantes. Es una variedad muy vigorosa, que desarrolla mucho crecimiento lateral con “palmillas”. El fruto no se desprende fácilmente de la rama, lo que es una ventaja para las zonas donde la maduración coincide con períodos de lluvias intensas (ANACAFE, 2011).

El interés motivado, inicialmente, por esta variedad generó una fuerte comercialización de semilla, sin mucho control en los lotes de producción, propiciando que los cafetos de varias plantaciones no muestren el fenotipo o aspecto físico correspondiente (ANACAFE, 2011).

Se adapta muy bien en rangos de altitud de 2,000 a 4,500 pies, en la Boca Costa; de 3,500 a 5,500 pies, en la zona central, oriental y norte del país. Es una variedad de alta producción que requiere un buen programa de manejo, especialmente en fertilización (ANACAFE, 2011).

## **6.2 SUJETOS Y/O UNIDADES DE ANALISIS**

Evaluación de una finca de producción de café variedad catuaí, la cual posee área con cobertura forestal y sin cobertura forestal, en Aldea Pinalito, municipio de Zacapa, departamento de Zacapa.

## **6.3 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES A MEDIR**

### **6.3.1 Calidad del suelo**

La calidad del suelo se analizó mediante la implementación del método agroecológico rápido en donde se determinó la estructura, compactación e infiltración, profundidad del suelo, estado de residuos, color y materia orgánica, retención de humedad, desarrollo de raíces, cobertura del suelo, erosión y actividad biológica, tomando como unidad de análisis una finca de producción de café con y sin cobertura forestal.

Por medio de la observación y mediciones prácticas de finca se pudo determinar la mayoría de estos indicadores, pero el indicador de actividad microbiana se determinó utilizando un poco de agua oxigenada a una muestra de suelo y se observó el grado de efervescencia lo que determinaba que si había poca o ninguna efervescencia es porque el suelo tenía poca materia orgánica y poca actividad microbiana pero si había bastante efervescencia, es porque el suelo es rico en materia orgánica y en vida microbiana (Altieri y Nichols, 2002).

### **6.3.2 Vitalidad del cultivo**

La vitalidad de la planta se evaluó mediante la implementación del método agroecológico rápido en donde se analizaron los indicadores a través de la observación

del cultivo la apariencia, incidencia a enfermedades, la tolerancia del cultivo al estrés (sequía u otros factores) y a las malezas, crecimiento del cultivo y de las raíces, así como rendimiento potencial.

Las observaciones sobre niveles de diversidad vegetal (cantidad de especies de árboles de sombra, e incluso malezas dominantes), diversidad genética (cantidad de variedades de café), diversidad de la vegetación natural circundante, y tipo de manejo del sistema (en transición a orgánico, con mucho o poco uso de insumos externos) se hizo para evaluar el estado de la infraestructura ecológica del cafetal, a sumiendo que un cafetal con mayor diversidad vegetal y genética un manejo diversificado que aprovecha las sinergias de la biodiversidad y que está rodeado por vegetación natural tiene condiciones de entorno más favorables para la sostenibilidad esta información fue proveniente de una finca cafetalera con y sin cobertura forestal (Altieri y Nichols, 2002).

### **6.3.3 Relación beneficio costo**

Esta se determinó analizando los costos de producción e ingresos de una finca de producción de café que posee áreas con y sin cobertura forestal.

## **6.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Se realizó una investigación de tipo descriptiva.

## **6.5 INSTRUMENTO**

Sera baso en el método de Altieri y Nicholls (2002), el cual se considera un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de los cafetales.

## **6.6 PROCEDIMIENTO**

### **6.6.1 Consulta documental**

Para la realización de dicha investigación se tomó de base de consulta método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de los cafetales el cual es un método fácil y práctico para que el agricultor pueda determinar en qué estado se

encuentra su cafetal, manuales de producción de café y experiencias de caficultores de la región.

### **6.6.2 Fase de campo**

Para la fase de campo de la presente investigación se propuso un método agroecológico rápido el cual consistió en indicadores que el agricultor puede identificar facial y prácticamente para estimar la calidad del suelo, vitalidad del cultivo del café y relación beneficio costo, a través de la observación y prácticas sencillas de finca utilizando indicadores sencillos de emplear. Con base en la estimación de estos indicadores, el productor y el investigador determinaron el estado agroecológico de la plantación (Altieri y Nicholls, 2002).

## **6.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Con los datos obtenidos mediante el método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de los cafetales se determinaron las diferencias entre las áreas de la finca productora de café con y sin cobertura forestal, utilizando para la recolección de datos una hoja de campo con indicadores que van desde 1-4 como valor menos deseado, 5-9 como valor medio y 10 como valor deseado, para lo cual se evaluó los indicadores de calidad del suelo, vitalidad del cultivo y relación beneficio costo, determinando los resultados representándolos con gráficas de barras (Altieri y Nicholls, 2002).

## **6.8 INDICADORES**

### **6.8.1 Indicadores para medir la calidad del suelo**

#### **a. Estructura**

Suelo polvoso, sin gránulos visibles estos son suelos compactos (1-4 valor menos deseado).

Suelo suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión (5-9 valor medio).

Suelo friable y granular, los agregados, mantienen la forma después de aplicar presión, aun humedecido (10 valor deseado).

#### **b. Compactación e infiltración**

Compacto, se anega y tiene poca infiltración (1-4 valor menos deseado).

Presencia de capa compacta delgada, el agua se infiltra lentamente (5-9 valor medio).

Suelo no compacto, el agua se infiltra fácilmente (10 valor deseado).

#### **c. Profundidad del suelo**

Subsuelo casi expuesto, se observan pedregosidad (1-4 valor menos deseado),

Suelo superficial delgado, con menos de 10 cm de profundidad (5-9 valor medio).

Suelo superficial más profundo, con más de 10 cm de profundidad (10 valor deseado).

#### **d. Estado de residuos**

Presencia de residuos orgánicos que no se descomponen o lo hacen muy lentamente (1-4 valor menos deseado).

Se mantienen residuos del año anterior en proceso de descomposición (5-9 valor medio).

Residuos en varios estados de descomposición, residuos viejos bien descompuestos (10 valor deseado).

#### **e. Color y materia orgánica**

Suelo pálido y no se observa la presencia de materia orgánica o humus (1-4 valor menos deseado).

Suelo pardo claro o rojizo, con algún grado de materia orgánica o humus (5-9 valor medio).

Suelo de negro a pardo oscuro, se nota presencia abundante de materia orgánica y humus (10 valor deseado).

#### **f. Retención de humedad**

Suelo se seca rápido (1-4 valor menos deseado).

Suelo permanece seco durante la época seca (5-9 valor medio).

Suelo mantiene humedad durante la época seca (10 valor deseado).

#### **g. Desarrollo de raíces**

Raíces poco desarrolladas, enfermas y cortas (1-4 valor menos deseado).

Raíces con crecimiento limitado, se observan algunas raíces finas (5-9 valor medio).

Raíces con buen crecimiento, saludables y profundas, con abundante presencia de raíces finas (10 valor deseado).

#### **h. Cobertura del suelo**

Suelo desnudo sin residuos orgánicos (1-4 valor menos deseado).

Menos del 50% del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva (5-9 valor medio).

Más del 50% del suelo con cobertura viva o muerta (10 valor deseado).

#### **i. Erosión**

Erosión severa, se nota arrastre de suelo y presencia de cárcava y canalitos (1-4 valor medio).

Erosión evidente pero poca (5-9 valor medio).

No hay mayores señales de erosión (10 valor deseado).

## **j. Actividad biológico**

Sin signos de actividad biológica, no se observan lombrices o invertebrados (insectos, arañas, etc) (1-4 valor menos deseado).

Se observan algunas lombrices y artrópodos (5-9 valor medio).

Mucha actividad biológica, abundantes lombrices y artrópodos (10 valor deseado).

### **6.8.2 Indicadores para determinar la vitalidad del cultivo**

#### **a. Apariencia**

Cultivo clorótico o descolorido, con signos severos de deficiencia de nutrimentos (1-4 valor menos deseado).

Cultivo verde claro, con algunas decoloraciones en sus hojas (5-9 valor medio).

Follaje verde intenso, sin signos de deficiencia nutricional (10 valor deseado).

#### **b. Crecimiento del cultivo**

Cultivo poco denso, de crecimiento pobre, tallos y ramas cortas y quebradizas, muy poco crecimiento de nuevo follaje (1-4 valor menos deseado).

Cultivo más denso, pero no uniforme, con crecimiento nuevo y con ramas y tallos aun delgados (5-9 valor medio).

Cultivo denso, uniforme, buen crecimiento, con ramas y tallos gruesos y firmes (10 valor deseado).

#### **c. Resistencia o tolerancia a estrés (sequía, lluvias intensas, plagas, etc)**

Susceptibles, no se recuperan bien después de un estrés (1-4 valor menos deseado).

Sufren en época seca o muy lluviosa, se recuperan lentamente (5-9 valor medio).

Soportan sequía y lluvias intensas, recuperación rápida (10 valor deseado).

#### **d. Incidencia de enfermedades**

Susceptibles a enfermedades, mas del 50% de plantas con sintomas (1-4 valor menos deseado).

Entre 20-45% de plantas con sintomas de leves a severos (5-9 valor medio).

Resistentes, menos de 20% de plantas con sintomas leves (10 valor deseado).

#### **e. Competencia por malezas**

Cultivos estresados dominados por malezas (1-4 valor menos deseado).

Presencia media de malezas, cultivo sufre competencia (5-9 valor medio).

Cultivo vigoroso, se sobrepone a malezas, o malezas chapeadas no causan problemas (10 valor deseado).

#### **f. Rendimiento actual o potencial**

Bajo rendimiento con relacion al promedio de la zona (1-4 valor menos deseado).

Medio a aceptable rendimiento con relacion al promedio de la zona (5-9 valor medio).

Bueno o alto rendimiento, con relacion al promedio de la zona (10 valor deseado).

#### **g. Diversidad genetica**

Pobre, domina una sola variedad de café (1-4 valor menos deseado).

Media, dos variedades (5-9 valor medio).

Alta, mas de dos variedades de café (10 valor deseado).

#### **h. Diversidad vegetal**

Monocultivo sin sombra (1-4 valor menos deseado)

Con solo una especie de sombra (5-9 valor medio).



Con mas de dos especies de sombra, e incluso otros cultivos o malezas dominantes (10 valor deseado).

**i. Diversidad natural circundante**

Rodeado por otros cultivos, campos baldios o carretera (1-4 valor menos deseado).

Rodeado al menos en un lado por vegetacion natural (5-9 valor medio).

Rodeado al menos en un 50% de sus bordes por vegetacion natural (10 valor deseado).

**j. Sistema de manejo**

Monocultivo convencional, manejado con agroquimicos (1-4 valor menos deseado).

En transicion a organico, con sustitucion de insumos (5-9 valor medio).

Organico diversificado, con poco uso de insumos organicos o biologicos (10 valor deseado).

## **7. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **7.1 CALIDAD DEL SUELO**

Esta variable tubo como finalidad la determinación de la calidad del suelo mediante la implementación del método agroecológico rápido en donde se determino la estructura, compactación e infiltración, profundidad del suelo, estado de residuos entre otros, tomando como unidad de análisis una finca de producción de café con y sin cobertura forestal, por medio de la observación y mediciones practicas de finca se pudo determinar la mayoría de estos indicadores, pero el indicador de actividad microbiana se determino utilizando un poco de agua oxigenada a una muestra de suelo y se observo el grado de efervescencia lo que determinaba que si había poca o ninguna efervescencia es porque el suelo tenía poca materia orgánica y poca actividad microbiana pero si había bastante efervescencia, es porque el suelo es rico en materia orgánica y en vida microbiana.

**Cuadro 1.** Indicadores para medir la calidad del suelo de una producción de café con cobertura forestal.

Nombre del indicador	Valor menos deseado (1-4)	Valor medio (5-9)	Valor deseado (10)	Descripción del resultado por indicador
Estructura			10	Posee un suelo friable y granular, los agregados mantiene la forma después de aplicar presión a un humedecido
Compactación e infiltración		9		Presencia de capa compactada delgada el agua se infiltra fácilmente
Profundidad del suelo		8		Suelo superficial con aproximadamente 8 cm de profundidad
Estado de residuos			10	Se encontró residuos en varios estados de descomposición,
Color y materia orgánica			10	Suelo de negro a pardo oscuro, se nota presencia abundante de materia orgánica
Retención de humedad		9		Suelo mantiene poca humedad durante la época seca
Desarrollo de raíces			10	Posee raíces con buen crecimiento, saludables y profundas, con abundante presencia de raíces finas
Cobertura del suelo			10	Posee más del 50% del suelo con cobertura viva o muerta
Erosión			10	No hay mayores señales de erosión
Actividad biológica		7		Se observan algunas lombrices y artrópodos

(Altier, M. y Nicholls, C, 2002)

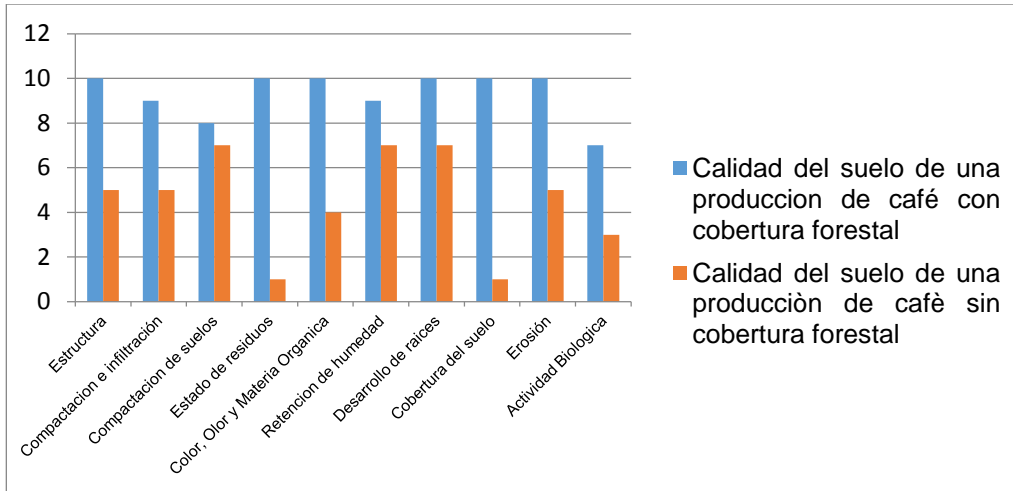
**Cuadro 2.** Indicadores para medir la calidad del suelo de una producción de café sin cobertura forestal.

Nombre de indicador	Valor menos deseado (1-4)	Valor medio (5-9)	Valor deseado (10)	Descripción del resultado por indicador
Estructura		5		Suelo suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión
Compactación e infiltración		5		Presencia de capa compactada delgada, el agua se infiltra lentamente
Profundidad del suelo		7		Suelo superficial delgado con aproximadamente 4 cm de profundidad
Estado de residuos	1			Poca presencia de residuos orgánicos que no se descomponen o lo hacen muy lentamente
Color y materia orgánica	4			Suelo pálido y no se observa la presencia de materia orgánica
Retención de humedad		7		Suelo permanece seco durante la época seca
Desarrollo de raíces		7		Raíces con crecimiento limitado, se observan algunas raíces finas
Cobertura del suelo	1			Suelo desnudo sin residuos orgánicos
Erosión		5		Erosión evidente pero poca
Actividad Biológica	3			Sin signos de actividad biológica no se observan lombrices o invertebrados

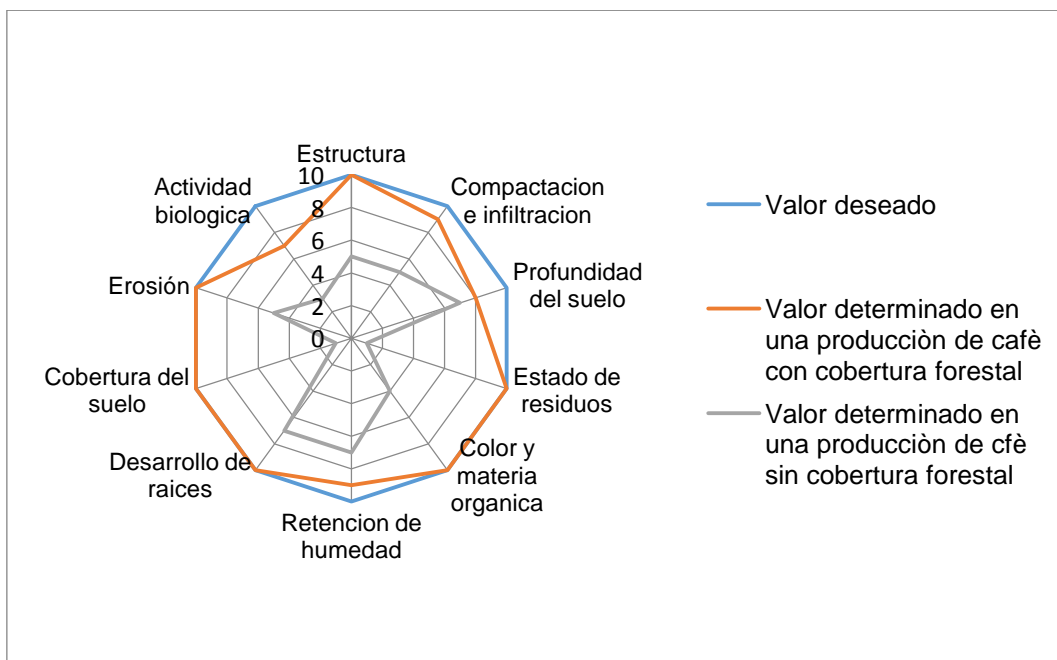
(Altier, M. y Nicholls, C, 2002)

Los cuadros 1 y 2 muestran la calidad del suelo con y sin cobertura forestal donde se observa que el sistema de producción de café con cobertura forestal la calidad del suelo su estructura proviene de un suelo granular lo cual es un valor deseable, el indicador de compactación e infiltración indica que proviene de un suelo con poca infiltración pero no es compacto lo que con lleva a estar en un valor medio al igual que indicador de profundidad del suelo el cual consta de una profundidad de 8 cm y retención de humedad ya que retiene muy poca humedad en época seca, pero en la mayoría de indicadores posee las condiciones necesarias para la producción de café ya que tiene residuos en varios estados de descomposición, suelo color negro, raíces con buen crecimiento, más del 50% del suelo posee cobertura viva o muerta, no hay mayores daños provocados por erosión, a diferencia del parámetro de actividad biológica el cual se encuentra en nivel medio deseado, encontrándose solo algunas lombrices,

La calidad del suelo de la producción de café sin cobertura forestal posee un suelo suelto, con presencia de una capa compactada delgada, suelo superficial delgado con menos de 10 cm de profundidad, con un suelo que permanece seco en su mayoría en la época seca, con raíces con crecimiento limitado y con erosión evidente pero poca, además se encontraron unos indicadores en el valor menos deseado ya que manifestaba presencia de residuos que no se descomponen, suelo pálido y no se observa materia orgánica, suelo desnudo con presencia de pedregosidad y sin signos de actividad biológica.



**Figura 1.** Calidad del suelo de una producción de café con y sin cobertura forestal expresado en grafica de barras.



**Figura 2.** Calidad del suelo de una producción de café con y sin cobertura forestal expresado en grafica de ameba.

Las figuras 1 y 2 nos muestran el resultado del cuadro 1 en donde se pudo determinar la calidad de un suelo de una producción de café con y sin cobertura forestal, pudiendo observar que las condiciones del suelo en el sistema de producción de café con cobertura forestal se encuentra en su mayoría en un valor deseado para la producción,

mientras la producción de café sin cobertura forestal se pudo determinar que en su mayoría se encuentra por el nivel medio deseado para la producción de café.

## **7.2 VITALIDAD DE LA PLANTA**

Esta variable se evaluó mediante la implementación del método agroecológico rápido en donde se analizaron los indicadores a través de la observación del cultivo la apariencia, incidencia a enfermedades, la tolerancia del cultivo al estrés (sequía u otros factores) y a las malezas, crecimiento del cultivo y de las raíces, así como rendimiento potencial. Las observaciones sobre niveles de diversidad vegetal (cantidad de especies de árboles de sombra, e incluso malezas dominantes), diversidad genética (cantidad de variedades de café), diversidad de la vegetación natural circundante, y tipo de manejo del sistema (en transición a orgánico, con mucho o poco uso de insumos externos) se hizo para evaluar el estado de la infraestructura ecológica del cafetal, a sumiendo que un cafetal con mayor diversidad vegetal y genética, un manejo diversificado que aprovecha las sinergias de la biodiversidad y que está rodeado por vegetación natural tiene condiciones de entorno más favorables para la sostenibilidad esta información fue proveniente de una finca cafetalera con y sin cobertura forestal.

**Cuadro 3.** Vitalidad de una producción de café con cobertura forestal.

Nombre del Indicador	Valor menos deseado (1-4)	Valor medio (5-9)	Valor deseado (10)	Descripción del resultado por indicador
Apariencia			10	Follaje verde intenso, sin signos de deficiencia nutricional
Crecimiento del cultivo		9		Cultivo denso, en su mayoría uniforme, buen crecimiento.
Resistencia o tolerancia a estrés (sequia, lluvias intensas, plagas, etc)		8		Soportan sequias y lluvias intensas, recuperación, rápida
Incidencia de enfermedades			10	Resistentes, menos de 20% de plantas con síntomas leves
Competencia por malezas			10	Cultivo vigoroso se sobrepone a malezas
Rendimiento actual y potencial		7		Medio a aceptable rendimiento con relación al promedio de la zona
Diversidad genética	4			Pobre domina una sola variedad de café
Diversidad vegetal		9		Con más de dos especies de sombra
Diversidad natural circundante			10	Rodeado al menos en un 50% de sus bordes por vegetación natural
Sistema de manejo	4			Monocultivo convencional manejado con agroquímicos

(Altier, M. y Nicholls, C, 2002)



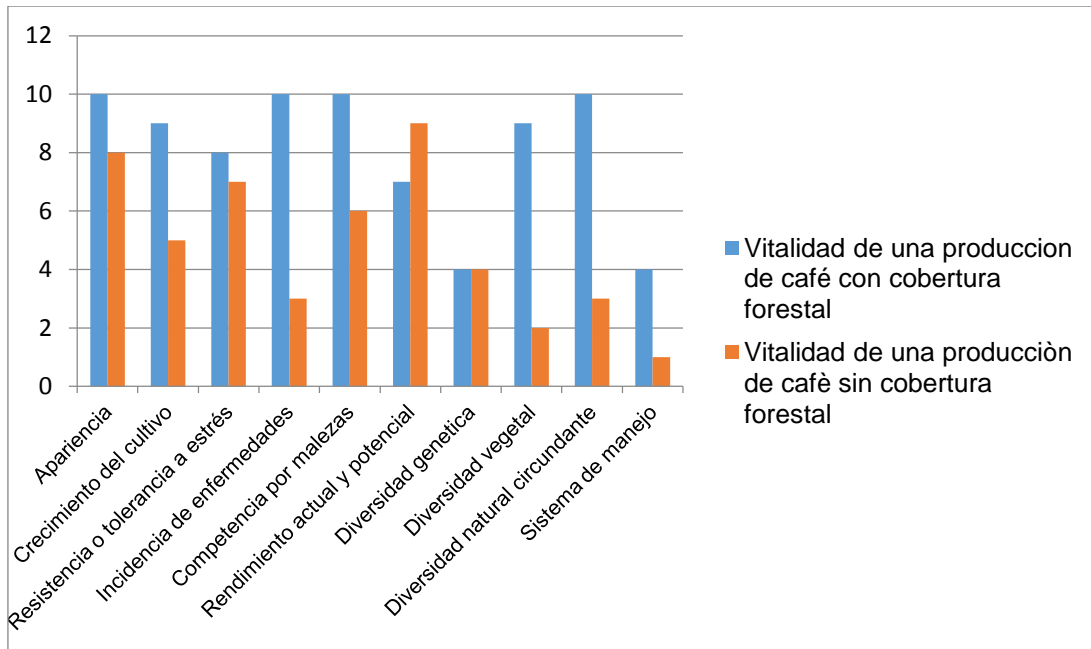
**Cuadro 4.** Vitalidad de una producción de café sin cobertura forestal.

Nombre de Indicador	Valor menos deseado (1-4)	Valor medio (5-9)	Valor deseado (10)	Descripción del resultado por indicador
Apariencia		8		Cultivo verde claro con algunas decoloraciones en sus hojas
Crecimiento del cultivo		5		Cultivo más denso pero no uniforme
Resistencia o tolerancia a estrés		7		Sufren en época seca o muy lluviosa, se recuperan lentamente
Incidencia de enfermedades	3			Susceptibles a enfermedades más del 50% de plantas con síntomas
Competencia por malezas		6		Presencia media de malezas, cultivo sufre competencia
Rendimiento actual y potencial		9		Bueno con relación al promedio de la zona
Diversidad genética	4			Pobre domina una sola variedad de café
Diversidad vegetal	2			Monocultivo sin sombra
Diversidad natural circundante	3			Rodeado por otros cultivos, campos baldíos o carretera
Sistema de manejo	1			Monocultivo convencional manejado con agroquímicos

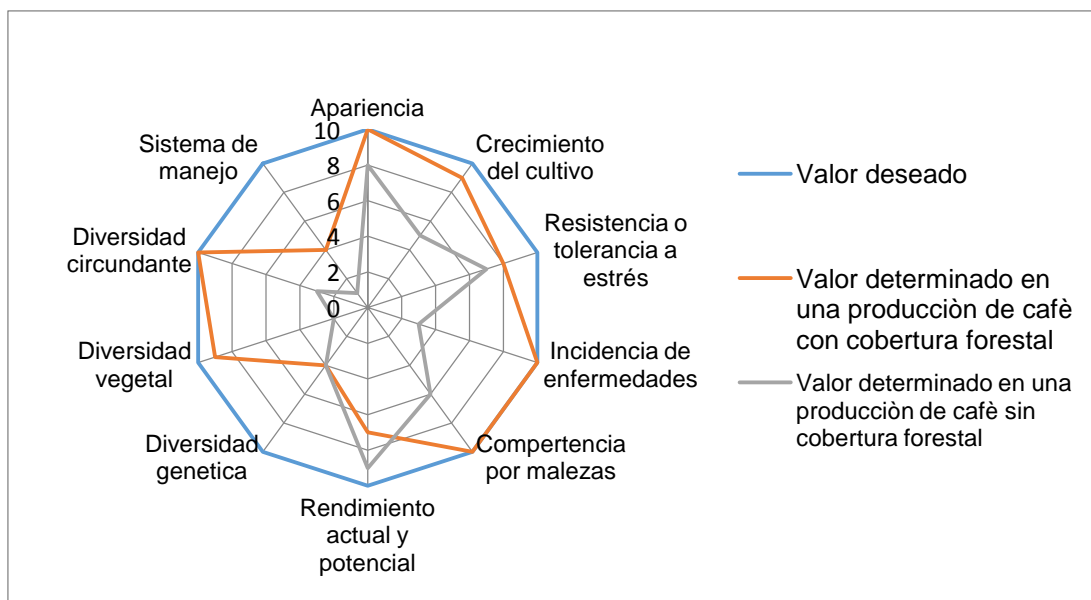
(Altier, M. y Nicholls, C, 2002)

Los cuadros 3 y 4 muestran la vitalidad de una producción de café con cobertura forestal en el cual se pudo determinar que posee cuatro indicadores en el valor deseado lo que indica que el cultivo posee follaje verde intenso sin signos de deficiencia nutricional, en el área cultivada hay menos del 20% de plantas con síntomas de enfermedad, es un cultivo vigoroso el cual no le ocasionan mayor daño las malezas, se encuentra rodeado al menos en un 50% de sus bordes por vegetación natural, el cultivo poseía cinco indicadores en el valor medio lo cual indica que el cultivo es denso pero no uniforme, sufren en época seca pero se recuperan, medio aceptable con relación al promedio de la zona, en la finca se encontró una variedad de café la cual es conocida como catuaí, con más de dos especies de sombra o malezas dominantes, además de determino un parámetro en el valor menos deseado ya que en la finca se utiliza el café como monocultivo y es manejado en su mayoría con la utilización de agroquímicos.

La vitalidad de la producción de café sin cobertura forestal se encuentra en su mayoría en el nivel medio encontrándose el cultivo con follaje verde pero con algunas decoloraciones, cultivo denso pero no uniforme, sufren en época seca pero se recuperan lentamente, algunas plantas sufren por malezas, posee un buen rendimiento, en la finca se encuentra una variedad de café conocida como catuaí, sin embargo se encuentran diferentes indicadores por el valor menos deseado lo que refleja en el cultivo que más del 50% de plantas poseen síntomas de enfermedades, es un monocultivo sin sombra, se encuentra rodeado por otros cultivos y es un cultivo manejado con agroquímicos.



**Figura 3.** Vitalidad de una producción de café con cobertura forestal expresando en grafica de barras.



**Figura 4.** Vitalidad de una producción de café con cobertura forestal expresando en grafica de ameba.

Las figuras 3 y 4 muestran que la vitalidad de la producción de café con cobertura forestal en su mayoría se encuentra en el valor deseado, mientras la vitalidad de la

producción de café sin cobertura forestal se encuentra por el nivel medio expresado en el cuadro 4.

### 7.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

Esta variable tuvo como objetivo determinar los costos de producción e ingresos de la finca con y sin cobertura forestal.

**Cuadro 5.** Costos e ingresos representados en hectáreas y análisis económico en relación al beneficio/costo de la finca productora de café con y sin cobertura forestal en Aldea Pinalito, Zacapa.

No	Finca Productora de café	Costo	Ingreso	Utilidad	Rentabilidad (%)	Relación beneficio / costo
1	Con cobertura forestal	Q21,430.00	Q37,500.00	Q16,070.00	74.99%	0.75
2	Sin cobertura forestal	Q21,430.00	Q42,900.00	Q21,470.00	100.19%	1

El presente cuadro nos muestra que existe una mayor rentabilidad en el sistema de producción de café sin cobertura forestal obteniendo un resultado de 100.19% lo que representa una mayor relación beneficio costo, ya que posee una utilidad de Q21470.00 y su costo de producción de Q21430.00 lo que supera al sistema de producción de café con cobertura forestal con una diferencia de utilidad de Q5400.00.

## 8. CONCLUSIONES

Para la variable de calidad del suelo el sistema con cobertura forestal presentó una mayor calidad del suelo, mostrando un suelo granular, poca infiltración, profundidad de 8 cm, residuos en varios estados de descomposición, raíces con buen crecimiento, más del 50% del suelo posee cobertura viva o muerta, no hay daños provocados por erosión, mientras que el sistema sin cobertura forestal, se encontraba un suelo suelto, presencia de una capa compactada delgada, menos de 10 cm de profundidad que permanece seco en su mayoría, raíces de crecimiento limitado y erosión evidente pero poca, además se encontró presencia de residuos que no se descomponen, suelo pálido sin materia orgánica, suelo desnudo con presencia de pedregosidad y sin signos de actividad biológica.

Para la variable vitalidad del cultivo se determinó que el sistema con cobertura forestal se encuentra en su mayoría en el valor deseado ya que posee follaje verde intenso sin signos de deficiencia nutricional, en el área cultivada hay menos del 20% de plantas con síntomas de enfermedad, es un cultivo vigoroso, mientras que la vitalidad del sistema sin cobertura forestal se encuentra en su mayoría en el nivel medio encontrándose el cultivo con follaje verde pero con algunas decoloraciones, cultivo denso pero no uniforme, además se encuentran un cultivo con más del 50% de plantas poseen síntomas de enfermedades.

En la variable relación beneficio/costo se determinó una mayor rentabilidad en el sistema sin cobertura forestal obteniendo un resultado de 100.19% con una relación beneficio costo de 1, ya que posee una utilidad de Q21470.00 y su costo de producción es de Q21430.00 lo que supera al sistema con cobertura forestal con una diferencia de utilidad de Q5400.00 esto debido a que existe un mayor rendimiento en el sistema sin cobertura forestal, debido a que existe un mal manejo de sombras en la producción de café con cobertura forestal ya que no se emplea ningún tipo de podas.

## **9. RECOMENDACIÓN**

Se recomienda la producción de café con cobertura forestal mediante un manejo eficiente de sombras realizando las respectivas podas ya que estas mantienen la capacidad productiva a partir de nuevas ramas y nudos, disminuyendo las condiciones favorables para las plagas y enfermedades, para que la sombra actúe como un filtro a la luz solar, optimizando la fotosíntesis y la respiración, además esta misma ayudará a la longevidad del cultivo, siendo así también la conservación de humedad y fertilidad del suelo lo que aumentara el rendimiento en producción de los cafetales.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Altier, M. y Nicholls, C (2002) Evaluación de sistemas de producción de café con y sin cobertura forestal (Costa Rica) No. 64 p. 17-24, 2002, Consultado el 5 de junio de 2015, Disponible en: <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/catie-indicadores1.pdf>.

Asociación Nacional del Café (ANACAFE, 2011) ESPECIES Y VARIEDADES DEL CAFETO (En Línea), Consultado el 15 de enero de 2017, Disponible en: [https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura\\_VariedadesCafeto](https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_VariedadesCafeto)

Asociación Nacional del Café (ANACAFE, 2001) HISTORIA DEL CAFÉ DE GUATEMALA (En Línea), Consultado el 6 de junio de 2015, Disponible en: [http://www.coffeeseearchsystem.com/glifos/index.php?title=10CON:Historia\\_del\\_Cafe](http://www.coffeeseearchsystem.com/glifos/index.php?title=10CON:Historia_del_Cafe).

Asociación Nacional del Café (ANACAFE, 2015) Información actual de café (En Línea). Guatemala, Guatemala. Consultado 19 de abril de 2015, Disponible en: [http://www.anacafe.org/glifos/index.php/P%C3%A1gina\\_principal](http://www.anacafe.org/glifos/index.php/P%C3%A1gina_principal).

Asociación Nacional del Café (ANACAFE, 2015) LA SOMBRA EN EL CULTIVO DEL CAFÉ (En Línea), Consultado el 20 de mayo de 2015, Disponible en: [https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Sombra\\_en\\_el\\_cafeto](https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Sombra_en_el_cafeto).

Asociación Nacional del Café (ANACAFE, 2012) Revista forestal (En Línea). Guatemala, Guatemala. Consultado 08 de mayo de 2015, Disponible en: [https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=13NOT:NT\\_Importancia\\_sombra\\_cafe](https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=13NOT:NT_Importancia_sombra_cafe).

Cruz, H. (1982). Clasificación de las zonas de vida de Guatemala (En Línea), Consultado el: 15 de enero de 2017, Disponible en: [http://www.academia.edu/7674183/MONTE\\_ESPINOSO\\_SUBTROPICAL](http://www.academia.edu/7674183/MONTE_ESPINOSO_SUBTROPICAL)

Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHA, 2004) Producción de café con sombra de maderables (En Línea). La Lima, Cortes, Honduras. Consultado 17 de abril de 2015, Disponible en: <http://www.fhia.org.hn/>.

FUNDACION PARA EL DESARROLLO SOCIOECONOMICO Y RESTAURACION AMBIENTAL (FUNDESYRAM, 2015) Propiedades físicas y químicas del suelo, importancia para el establecimiento del Cafetal, 2015 (En Línea) Consultado en: <http://www.fundesynam.info/biblioteca.php?id=2939>

Gisbert, J. (2010). LA TEXTURA DE UN SUELO (En línea) Consultado en: [https://www.researchgate.net/publication/50839531\\_La\\_textura\\_del\\_suelo](https://www.researchgate.net/publication/50839531_La_textura_del_suelo)

López, R. (2006). CARACTERIZACIÓN DE TRES VARIEDADES DE CAFÉ (Coffea arabica) EN TRES ZONAS ECOLÓGICAS DEL PAÍZ Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. USAC.

Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA, 2013): Acceso información Royá del Café (En Línea). Guatemala, Guatemala. Consultado el 20 de abril de 2015, Disponible en: [http://web.maga.gob.gt/wp-content/uploads/img/roya/acceso\\_informacion-roya\\_del\\_cafe.pdf](http://web.maga.gob.gt/wp-content/uploads/img/roya/acceso_informacion-roya_del_cafe.pdf)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2006): Portal de Suelos de la FAO (En Línea) Consultado el 20 abril de 2015, Disponible en; <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>.

Sologaistoa, R. (2009). DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO, POTENCIALIDADES PRODUCTIVAS Y PROPUESTAS DE INVERSIÓN (En Línea), Consultado el 15 de enero de 2016, Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03\\_0707\\_v6.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0707_v6.pdf)



## 11. ANEXOS



**Anexo 1.** Área de producción de café en un sistema de producción sin cobertura forestal



**Anexo 2.** Área de producción de café en un sistema de producción con cobertura forestal.



**Anexo 3.** Calidad del suelo en el sistema de producción de café con cobertura forestal.



**Anexo 4.** Calidad del suelo en el sistema de producción de café sin cobertura forestal.



**Anexo 5.** Vitalidad de la producción de café con cobertura forestal.



**Anexo 6.** Vitalidad de la producción de café sin cobertura forestal.