

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES –IIA-



**EVALUACIÓN DEL ESTADO AGROECOLÓGICO CON INDICADORES
AMBIENTALES SOSTENIBLES EN CULTIVO DE CAFÉ, EN FINCA SAN FERNANDO
HÜIXOC, ALDEA ISNUL, MUNICIPIO LA DEMOCRACIA, HUEHUETENANGO,
GUATEMALA, C.A.**

LIZBETH AMABILIA PELÁEZ ROSALES

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES –IIA-

**EVALUACIÓN DEL ESTADO AGROECOLÓGICO CON INDICADORES
AMBIENTALES SOSTENIBLES EN CULTIVO DE CAFÉ, EN FINCA SAN FERNANDO
HÜIXOC, ALDEA ISNUL, MUNICIPIO LA DEMOCRACIA, HUEHUETENANGO,
GUATEMALA, C.A.**

TESIS

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

POR

LIZBETH AMABILIA PELÁEZ ROSALES

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA AGRÓNOMA

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



RECTOR

Ing. M.Sc Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutierrez Alvarez
VOCAL III	Ing. Agr. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL V	Br. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2020

Guatemala, noviembre de 2020

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someterme a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: **“EVALUACIÓN DEL ESTADO AGROECOLÓGICO CON INDICADORES AMBIENTALES SOSTENIBLES EN CULTIVO DE CAFÉ, EN FINCA SAN FERNANDO HÜIXOC, ALDEA ISNUL, MUNICIPIO LA DEMOCRACIA, HUEHUETENANGO, GUATEMALA, CA.”**, Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el grado académico de Licenciatura.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”

LIZBETH AMABILIA PELÁEZ ROSALES

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS:

Por acompañarme y guardarme a lo largo de mi vida, de brindarme la capacidad para alcanzar una meta más y permitirme compartir este momento con las personas que más aprecio, admiro y amo.

A MIS PADRES:

Reina Rosales y Rodrigo Peláez, a quienes les debo la vida, los amo y los admiro, gracias por su apoyo y por creer en mí, para lograr ser un profesional ideal.

A MIS HERMANOS:

Mayra, Reina, Delmy, Rodrigo, Laura, Beverly, por ayudarme en todo este proceso educativo, por ser siempre una inspiración para seguir adelante, los amo, y le pido a Dios que alcancen sus metas personales y sean exitosos en todas las fases de la vida.

A MIS TÍOS:

Gloria Rosales (QPD), Lidia Peláez y Antonio Peláez por brindarme su apoyo incondicional, sabiduría y consejos, por ser ejemplo de amor, felicidad, esfuerzo y alegría durante mi vida.

A MIS SOBRINOS:

Estefany Maravilla, Maytte Ortiz, Denilson Ortiz, Emiliano Gálvez, Gloria Peláez, Jennifer Peláez y Paolo Del Cid por ser luz, alegría, motivación e inspiración en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A:

MI ASESOR: Dr. Adalberto Rodríguez por guiarme y brindarme su tiempo y conocimientos durante el desarrollo de la investigación.

MIS CATEDRÁTICOS: Por brindarme sus conocimientos, profesionalismo y amistad en la adquisición de conocimientos durante el transcurso de mi carrera.

EXPORTCAFÉ S.A. Por brindarme la oportunidad de realizar mi ejercicio profesional supervisado.

RENE PEREZ: por brindarme su apoyo, confianza y permitirme realizar mi investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	MARCO TEÓRICO.....	4
2.1	Marco Conceptual	4
2.1.1	El Café	4
2.1.2	Historia	4
2.1.3	Descripción botánica	5
2.1.4	Aspectos ambientales	7
2.1.5	Comercio Internacional de Guatemala	9
2.1.6	Principales productos de exportación e importación y balanza comercial... 10	
2.1.7	Medio ambiente, recursos naturales y comercio	12
2.1.8	PIB ambientalmente ajustado, 2001 y 2003	13
2.1.9	Producción nacional de café	13
2.1.10	Comercialización del café guatemalteco	15
2.1.11	Agroecología	16
2.1.12	Características de un enfoque agroecológico	16
2.1.13	Agroecosistema.....	18
2.1.14	Sostenibilidad	19
2.1.15	Marco de evaluación	21
2.1.16	Formas de derivar indicadores	23
2.1.17	Diagrama de AMEBA	26
2.1.18	Rain Forest Alliance	31
2.2	Marco referencial.....	36
2.2.1	Ubicación geográfica	36
2.2.2	Clima	38
2.2.3	Flora y Fauna	38
2.2.4	Suelo	39
2.2.5	Ubicación de la finca	39

	Página
2.2.6 Meses de siembra y cosecha	41
2.2.7 Variedades de la zona	41
2.2.8 Variedad Borbón	41
2.2.9 Variedad Caturra	41
2.2.10 Variedad Catimor	42
2.2.11 Densidad de siembra	42
2.2.12 Prácticas agronómicas implementadas	42
2.2.13 Flora y fauna de finca San Fernando.	47
3 OBJETIVOS	51
3.1 Objetivo General	51
3.2 Objetivos Específicos	51
4 HIPÓTESIS	51
5 METODOLOGÍA.....	52
5.1 Trabajo de gabinete.	52
5.2 Trabajo de campo.	52
5.3 Fase de gabinete final.	59
6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
7 CONCLUSIONES.....	72
8 RECOMENDACIONES	74
9 BIBLIOGRAFÍA	75
10 ANEXOS	77

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Destino de las exportaciones guatemaltecas de valor total, año 2012.....	9
Figura 2 Exportaciones por producto porcentaje del valor total, año 2012.....	11
Figura 3 Gráfica del PIB nacional	13
Figura 4 Mapa del área cultivada con Café	14
Figura 5 Gráfica del Porcentaje de exportación de café en quintales.....	16
Figura 6 Ejemplo de análisis de ameoba.	30
Figura 7 Mapa de La Democracia, departamento de Huehuetenango.....	37
Figura 8 Mapa de Finca San Fernando	40
Figura 9 Criterios para asignación en clases de estabilidad	55
Figura 10 Escala de severidad de roya	57
Figura 11 Escala de severidad de roya	58
Figura 12 Análisis de ameoba sobre la calidad del suelo.....	69
Figura 13 Análisis de ameoba respecto a la salud de la plantación	70
Figura 14 A. Fotografía sobre la deficiencia de nutrientes en el cafeto.....	79
Figura 15 A. Fotografía de incidencia de roya en las hojas de cafeto	79
Figura 16 A. Fotografía de incidencia de ojo de gallo y mancha de hierro en el cafeto.....	79
Figura 17 A. Fotografía de crecimientos del cultivo de café en parcela El Campo.....	80
Figura 18 A. Fotografía sobre la apariencia del cafeto en parcela El Campo	80
Figura 19 A. Fotografía de presentación de la competencia de maleza con el cafeto.....	81
Figura 20 A. Fotografía sobre la estructura, desarrollo de raíz y capa superficial del suelo en la parcela El Campo	81
Figura 21 A. Fotografía de Cobertura del suelo, parcela El Campo.	82
Figura 22 A. Fotografía de Crecimiento del cafeto en parcela La Torre	82
Figura 23 A. Fotografía de cobertura de suelo en parcela La Torre	83
Figura 24 A. Fotografía de apariencia del cafeto en parcela La Torre	83
Figura 25 A. Fotografía de competencia de maleza con el cultivo	84

	Página
Figura 26 A. Fotografía de Presentación de estructura y desarrollo de raíz en parcela La Torre.....	84
Figura 27 A. Fotografía de Crecimiento del cafeto en parcela Las 80 Cuerdas.....	85
Figura 28 A. Apariencia del cultivo en parcela Las 80 Cuerdas.....	85
Figura 29 A. Fotografía de presencia de maleza en competencia con el cultivo en parcela 80 Cuerdas.....	86
Figura 30 A. Fotografía de Cobertura de suelo en la parcela 80 Cuerdas.....	86
Figura 31 A. Fotografía sobre la estructura, desarrollo de raíz y capa superficial del suelo en la parcela 80 Cuerdas.....	87
Figura 32 A. Fotografía sobre la prueba de desleimiento en las tres parcelas en evaluación.	87
Figura 33 A. Fotografía sobre la prueba de infiltración.....	88

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Evaluación de indicadores de calidad del suelo	28
Cuadro 2 Calificación de atributos del suelo e índice acumulado de calidad del suelo.....	29
Cuadro 3 Fauna presente en la finca San Fernando.....	47
Cuadro 4 Flora presente en la finca San Fernando.....	48
Cuadro 5 Programa actual de manejo agronómico en finca San Fernando	49
Cuadro 6 Programa químico, finca San Fernando.	50
Cuadro 7 Monitoreo de plagas y enfermedades parcela El campo	60
Cuadro 8 Monitoreo de plagas y enfermedades parcela Las 80 cuerdas.	61
Cuadro 9 Monitoreo de plagas y enfermedades finca La Torre.....	62
Cuadro 10 Prueba de infiltración	63
Cuadro 11 Prueba de número de lombrices por pie cuadrado.	64
Cuadro 12 Prueba de desleimiento	65

Cuadro 13	Análisis químico de suelo de la parcela La Torre, El Campo y 80 cuerdas.....	65
Cuadro 14	Valores asignados a los indicadores de calidad de suelo y salud	67
Cuadro 15	A. Indicadores agroecológicos para medir la calidad del suelo	77
Cuadro 16	A. Indicadores agroecológicos para medir la salud de la plantación del cafetal.....	78

RESUMEN

EVALUACIÓN DEL ESTADO AGROECOLÓGICO CON INDICADORES AMBIENTALES SOSTENIBLES EN CULTIVO DE CAFÉ, EN FINCA SAN FERNANDO HÜIXOC, ALDEA ISNUL, MUNICIPIO LA DEMOCRACIA, HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.

EVALUATION THE AGROECOLOGICAL STATE WITH SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL INDICATORS IN COFFEE GROWING FROM FARM IN SAN FERNANDO, ISNUL VILLAGE, FROM MUNICIPALITY IN DEMOCRACIA, HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.

En Guatemala el café representó en el año 2012 el 9.5 % de las exportaciones, contemplado con 90,000 productores y productoras, contando con 274 mil ha de café, que representan el 2.5 % del territorio nacional, en 204 municipios de la República.

Según ANACAFÉ, el cultivo de café genera aproximadamente 500 mil empleos al año, aportando un 3 % del producto interno bruto.

La agricultura es una actividad por el cual el productor pretende obtener una rentabilidad económica, pero muchas veces esta actividad se ve afectada por cambios ambientales y altos costos en productos de mantenimiento. Es por ello que en el transcurso del tiempo es necesario implementar métodos y técnicas que garanticen la productividad y calidad del producto, sin ser afectado el estado económico.

Algunos expertos (Altier et-al 2008), recomiendan métodos para mitigar el alto costo de mantenimiento que pretenden dirigir el agro ecosistema a un estado sostenible, esto conlleva efectuar un equilibrio entre el estado socioeconómico y ambiente. Pero un agro ecosistema sostenible no siempre garantiza un alto nivel de productividad, más bien se compromete a evitar el agotamiento de agua y suelo que a largo plazo colapsa con plagas y enfermedades que no son capaces de adaptarse a cambios de entorno económico y ambiental.

En la finca San Fernando ubicada en Aldea Isnul, municipio la Democracia, departamento Huehuetenango se ejecutó la evaluación de indicadores sostenibles para medir el estado agroecológico del lugar por el método de MENSIS, evaluando únicamente el nivel ambiental y agronómico, específicamente en las parcelas conocidas como; La Torre, El Campo y 80 Cuerdas, por consiguiente se obtuvo el umbral sostenible en el cual se encuentran, umbral que en transcurso del tiempo, espacio y compromiso por parte del productor puede ir alcanzado los niveles máximos requeridos, implementando técnicas y métodos acordes al lugar, medio ambiente y recursos.

Dentro de los objetivos se planteó evaluar indicadores de sostenibilidad para conocer la calidad del suelo y salud del cafetal de la finca, donde se obtuvieron bajos niveles en el umbral sostenible. Al realizar la evaluación para determinar la salud del cafetal, se obtuvo un promedio de 4.3 para la Parcela La torre y 4.8 para las parcelas Las 80 Cuerdas y El Campo.

El umbral sostenible en relación a la calidad del suelo es relativamente alta, ya que se determinó un promedio de 4.7 para la Parcela La Torre, 5.6 para la Parcela Las 80 Cuerdas y 7.1 para la Parcela El Campo, este último presentando un grado mayor de sostenibilidad que las otras anteriores.

Obtenido los valores de cada uno de los indicadores evaluados, se creó el diagrama de AMEBA, el cual nos permitió visualizar el estado que presenta cada parámetro de evaluación, se considera que mientras más aproximación exista al diámetro del diagrama AMEBA, más sostenibilidad presenta el parámetro evaluado. Se determinó una escala para cada indicador evaluado, el valor determinado para los indicadores fue de uno, cinco y diez, siendo el valor uno el valor menos deseable, cinco un valor medio y diez el valor deseado.

El estado sostenible del lugar está sujeto al estado agroecológico de la finca, dentro de la investigación se presentan las actividades realizadas en la plantación, manejo agrícola, prácticas agrícolas implementación, entre otras. Con el estado agroecológico se pretende tener una relación armónica entre el eje socioeconómico y ambiental para garantizar el futuro, sin llegar al agotamiento de los recursos.

Realizado el análisis de AMEBA a los indicadores de calidad de suelo, se determinó que la Parcela El Campo presenta un umbral sostenible de un valor de 7.1, mostrando un suelo friable, agregados estables, suelo superficial de 10 cm de altura, suelos pardos, con presencia de olor a tierra fresca, 7.7 % materia orgánica, 4 % más que las otras parcelas evaluadas, con 4.5 % de carbono orgánico, 0.57 % de Nitrógeno y los estados de residuos en distintos niveles de descomposición.

La Parcela 80 Cuerdas presenta un umbral medio con un promedio de 5.6 y la Parcela La Torre presente un umbral de 4.7, considerado relativamente bajo. El suelo de estas dos parcelas presenta problemas de acidez, alcalinidad, bajos porcentajes de materia orgánica, agregados de suelo poco estables y con problemas de filtración.

La plantación se ve afectada por competencia de nutrientes, agua, plagas y enfermedades. La Parcela La Torre presenta un 55% de incidencia de infección, Las 80 Cuerdas, 88 % de incidencia y El Campo con un 88.5 % de incidencia. El cafetal en general presenta plantaciones de color verde claro, con algunas decoloraciones, con tallos delgados, poco follaje, poco crecimiento y técnicas de conservación limitadas, con diversidad genética media. En la finca San Fernando predominan tres variedades; Catimor, Borbon y Caturra que conlleva la agrupación de enfermedades y plagas específicas.

1 INTRODUCCIÓN

El café es una de las pocas plantas que florece y da fruto al mismo tiempo, este cultivo se contempla como actividad de sobrevivencia de muchos productores del país, ya que esto representa estadísticamente el 9,5 % en exportación. Esta labor es ejercida alrededor de 90,000 productores, establecido en un área aproximada de 274,000 ha, que son representadas en 2.5 % del territorio nacional, generando 500 mil empleos al año, se conoce que solo el 10 % del producto es destinado al consumo interno y que figura en el tercer lugar como producto en exportación (Baldazo Morales, Roger 2013).

Solo para el año 2011 se tuvo una producción de 5.1 millones de quintales, exportándose el 4.4 millones, que representa el 90% de la producción. El producto exportado se estableció en un 75 % en categoría estrictamente duro, 11 % categoría semi-duro y un 8 % categoría prima/extra-prima (Baldazo Morales, Roger 2013).

Se conoce que los departamentos con mayor producción de café son Santa Rosa, Huehuetenango, Chiquimula, Guatemala, San Marcos, Chimaltenango, Jalapa y Alta Verapaz, quienes producen el 79 % de la producción nacional.

Para lograr una producción máxima y alcanzar el umbral económico del producto es necesario implementar un manejo correcto de buenas prácticas agrícolas, logrando a través del tiempo un agro ecosistema adecuado para llegar a la sostenibilidad en el área de producción.

En esta investigación se realizó una evaluación de indicadores ambientales sostenibles, con el objeto de conocer el estado agroecológico de la finca, específicamente se estudió la calidad del suelo y la salud de las plantaciones de café. La investigación cuenta con una metodología de enfoque holístico, porque nos permitió realizar el análisis de los indicadores de sostenibilidad enfocados en el eje agrícola y ecológico, al efectuar la integración por cada uno de ellos. Se hace énfasis que en esta investigación solamente se consideró los dos ejes

que se mencionan con anterioridad; ya que también puede considerarse otros ejes como el social y económico, pero por razones de tiempo y recursos no se tomaron en cuenta.

Los indicadores ambientales sostenibles evaluados fueron propuestos por investigadores en agricultura sostenible del área de manejo integrado de plagas y agroecología, realizando dicha evaluación en la zona de Turrialba, Costa Rica.

El fin de los indicadores fue determinar y conocer la fertilidad y conservación del suelo y si las plantas están sanas, vigorosas y productivas entre otros aspectos, teniendo de esta manera el estado agroecológico de las parcelas conocidas como; La Torre, El Campo y Las 80 Cuerdas.

La finca san Fernando está ubicada en la Aldea Asnal del Municipio de la Democracia, departamento de Huehuetenango, integrada con 86.09 ha o 1,517.80 cuerdas, formada con nueve parcelas, dicha finca está ubicada a una latitud de $15^{\circ}32'0''N$ y longitud $91^{\circ}49'15''W$. Las variedades de café que se establecen por el momento en la finca San Fernando son; borbón, caturra y Catimor, aunque se tiene contemplando implementar nuevas variedades para contrarrestar los problemas de enfermedades y plagas.

Actualmente se produce 1,800 quintales de café pergamino aproximadamente, iniciando en el mes de diciembre para finales del mes de abril.

La evaluación de indicadores fue aplicada para las tres parcelas a investigar conocidas como La Torre, El Campo y Las 80 Cuerdas, esta estimación tuvo la función de hacer una comparación entre parcelas, determinando el estado agroecológico, representado con el análisis de ameba, este análisis representó el grado de sostenibilidad de cada uno de las parcelas evaluadas.

La finca genera empleos para 505 personas temporales aproximadamente durante el año, entre las tareas se encuentra la poda, el deshije, fertilización, fumigación, control de maleza, cosecha, entre otras, el costo mano de obra oscila en Q 402, 000.00, sin contar el gasto en fertilizantes y productos para el control de enfermedades, teniendo un total de Q 664, 260.00.

En la finca se produjo 9,000 quintales de café maduro, teniendo un costo de corte de Q 405, 000.00, el café pergamino es vendido a exportadoras cercanas, teniendo como dividendo Q 1, 728.000.00 aproximadamente. La finca tiene un rendimiento de 20.91 quintales de café por hectárea, 2.69 quintales por hectárea, considerando que se encuentra abajo al rendimiento de la zona, ya que en la zona reporta un promedio de 23.6 quintales por hectárea.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Conceptual

2.1.1 El Café

Los cafetos son arbustos del género *Coffea*, de la familia de los rubiáceos. Dos son las especies que se utilizan para la preparación de la bebida, aunque también se han probado otras especies del género *Coffea* con gran éxito y difusión, la primera, *Coffea Arabica* (Arábica), es la que se cultiva desde más antiguamente, originaria de Etiopía; y la segunda, la *Coffea Canephora* (Robusta), utilizada más comúnmente para producir café soluble o instantáneo, planta originaria del antiguo Congo Belga (actualmente la República Democrática del Congo) (Baldizon Morales, Roger 2013).

En el año 1773 llegaron las primeras plantas de café a Guatemala, como resultado de una iniciativa desarrollada por sacerdotes jesuitas. Al principio se utilizó como planta medicinal y algunos años más tarde era posible consumirlo como la bebida conocida actualmente (Baldizon Morales, Roger 2013).

En 1854 se hizo la primera exportación, consistente en 95 quintales oro a un valor de \$10/quintal. El café guatemalteco participó por primera vez en un evento internacional, en la Exhibición Internacional de París en 1867 (Baldizon Morales, Roger 2013).

2.1.2 Historia

Desde el año 575 D.C. hasta nuestros días, la historia del café resulta apasionante. Originario de Yemen, su posterior expansión por diferentes partes del mundo, así como sus diferentes maneras de elaboración (Baldizon Morales, Roger 2013).

Cuenta la leyenda que allá por el siglo VII, un pastor llamado Kaldi observó una extraña reacción en su rebaño de cabras tras comer los frutos y hojas de una planta hasta entonces desconocida para él (Baldizon Morales, Roger 2013).

En el siglo XVI, exactamente el año 1.554, se crea el primer local destinado a la venta de café, en Constantinopla concretamente. Hasta un siglo después en XVII no se tienen datos de la existencia del café como bebida en Europa. Las primeras referencias sobre la llegada del árbol CAFETO a América datan del siglo XVIII, tras recibir el rey Luis XIV de Francia unas plantas de café como regalo del municipio de Ámsterdam (Baldizon Morales, Roger 2013).

El café es una de las pocas plantas que florece y da fruto al mismo tiempo. El árbol, de forma cónica, se caracteriza por la flexibilidad de sus ramas, unas hojas de color verde intenso y una flor blanca con agradable aroma a jazmín, entre otros (Baldizon Morales, Roger 2013).

Puede llegar a crecer hasta los 12 m, pero se poda a una altura de 2 ó 3 m para facilitar la recolecta, que se hace a mano (Baldizon Morales, Roger 2013).

Cada ciclo de maduración dura entre 7 y 9 meses y proporciona de medio a un kilogramo de café tostado (Baldizon Morales, Roger 2013).

La época de recolección varía en función de la proximidad del país productor a los trópicos. Entre octubre y febrero se recoge en los países cercanos al Trópico de Cáncer, y de mayo a julio en los más próximos al de Capricornio; en ambos casos coincidiendo con las épocas de lluvias (Baldizon Morales, Roger 2013).

2.1.3 Descripción botánica

El cafeto es un arbusto que, en el continente africano, su patria, y en algunas partes del asiático alcanza alturas de 12 m y 14 m, pero que en la zona cafetera de la América no pasa de 4 m a 6 m (Gómez Gabriel 1894).

Los botánicos le han colocado en la familia de las Rubiáceae la cabeza de un grupo al que ha dado su nombre: el grupo de los cafés. Es planta de flores hermafroditas y regulares, de receptáculo cóncavo, alojando al ovario y llevando en sus bordes un cáliz gamosépalo corto,

de cinco divisiones poco pronunciadas (acompañados comúnmente de una capa de materia cerosa), algunas veces aun nulas (Gómez Gabriel 1894).

Corola hipocraterimorfa ó infundibuliforme, glabra ó velluda en la garganta, de limbo cortado en cuatro ó cinco lóbulos torcidos en el botón. Los estambres (dimorfos en coffeea arábica) alternos, se componen de un filamento ordinariamente corto que se adhiere a la garganta de la corola ó en el seno de sus divisiones y soporta una antera dorsifija (en la coffeea arábica el colectivo está bombeado y el vértice del filamento se inserta sobre el dorso, permaneciendo rígido, de modo que la antera no es oscilante) introrsa, de dos lóculos estrechos dehiscentes cerca de los bordes, inclusas ó excertas (Gómez Gabriel 1894).

El gineceo se compone de un ovario ínfero ordinariamente bilocular (algunas veces tri, pero nunca monocular), coronado de un disco epigineo grueso y de un estilo incluso ó exerto, cuya extremidad se divide en dos ramas rectas ó curvas (curvas en el C. arábica) cargadas de papillas estigmáticas hacia adentro; en el ángulo interno de cada lóculo, se inserta a una altura variable un óvulo peltado, incompletamente anatropo de microphylo dirigido abajo y hacia afuera (rodeado de un obturador placentario) (Gómez Gabriel 1894).

El fruto es una drupa oblonga ó esférica más ó menos carnosa, encerrando dos núcleos delgados y pergaminosos, más ó menos fuertes, gruesos y resistentes, convexos hacia afuera y planos hacia adentro si son en número de dos. La cara plana presenta un surco vertical más ó menos profundo que se ve reproducido en la semilla. La semilla se compone de un albumen cornea de color plomoso opaco, enrollado sobre sus bordes y conteniendo al interior un embrión excéntrico, dorsal próximo a la base del grano; sus cotiledones son foliáceos, elípticos y su radícula inferior y bastante larga (Gómez Gabriel 1894).

La semilla está rodeada de una doble envoltura perfectamente adherida al albumen, del cual no se diferencia al principio. Cuando el fruto ha llegado a su mayor grado de desarrollo se encuentra entre la capa pergaminosa y el albumen una película sumamente tenue, espejisa y casi transparente, que resulta de la diferenciación del tegumento externo. Suele desarrollarse sólo un ovulo y entonces el grano único es convexo por toda la periferia y ocupa casi el centro del fruto, el lóculo estéril permanece rudimentario (Gómez Gabriel 1894).

El grano toma entonces el nombre de caracolillo por la semejanza que tiene con la concha de algunos moluscos. Los cafetos son arbustos glabros, de hojas opuestas, raras veces ternadas, acompañadas de estipulas interpeciolares ó intrapeciolares; conadas en vaina en una extensión variable y generalmente acuminadas. En su interior se encuentran papilas blandas ó bastones glandulosos que secretan una substancia cerosa abundante (Gómez Gabriel 1894).

Las flores, bastante grandes, blancas y olorosas, están reunidas en la axila de las hojas, en cimas compuestas de pedículos ó pedicelas acompañadas de brácteas ó bractéolas frecuentemente conadas y rodeadas, como las estipulas, de una substancia glutinosa (Gómez Gabriel 1894).

2.1.4 Aspectos ambientales

2.1.4.1 Altitud

Incide en forma directa sobre los factores de temperatura y precipitación. La altitud óptima para el cultivo de café se localiza entre los 500 y 1700 m s.n.m. Por encima de este nivel de altitud se presentan fuertes limitaciones en relación con el desarrollo de la planta (Gómez Gabriel 1894).

2.1.4.2 Precipitación

La cantidad y distribución de las lluvias durante el año son aspectos muy importantes, para el buen desarrollo del cafeto. Con menos de 1000 mm anuales, se limita el crecimiento de la planta y por lo tanto la cosecha del año siguiente; además, un período de sequía muy prolongado propicia la defoliación y en última instancia la muerte de la planta (Gómez Gabriel 1894).

Con precipitaciones mayores de 3000 mm, la calidad física del café oro y la calidad de taza puede comenzar a verse afectada; además el control fitosanitario de la plantación resulta más difícil y costoso (Gómez Gabriel 1894).

2.1.4.3 Temperatura

La temperatura promedio anual favorable para el cafeto se ubica entre los 17 a 23 °C. Temperaturas inferiores a 10 °C., provocan clorosis y paralización del crecimiento de las hojas jóvenes (Gómez Gabriel 1894).

2.1.4.4 Humedad relativa

Cuando alcanza niveles superiores al 85 %, se propicia el ataque de enfermedades fungosas que se ven notablemente favorecidas (Gómez Gabriel 1894).

2.1.4.5 Viento

Fuertes vientos inducen a la desecación y al daño mecánico de tejido vegetal, asimismo favorecen la incidencia de enfermedades (Gómez Gabriel 1894). Por esta razón es conveniente escoger terrenos protegidos del viento, o bien establecer rompe vientos para evitar la acción de éste (Gómez Gabriel 1894).

2.1.4.6 Suelos

El terreno debe ser plano o poco inclinado y protegido del efecto de los vientos. Los suelos deben ser fértiles, profundos y con buen drenaje. Debe existir disponibilidad de agua para riego y para preparar las aplicaciones de fungicidas y foliares (Gómez Gabriel 1894).

2.1.5 Comercio Internacional de Guatemala

Según la terminología económica, Guatemala se considera una economía “pequeña y abierta” lo que ha llevado a que en el transcurso de su historia el país haya buscado diferentes opciones comerciales más allá de sus fronteras. De esta manera hasta el día de hoy los procesos y dinámicas de intercambio comercial siguen determinando a la economía guatemalteca y su relación con sus socios comerciales (Baldizon Morales, Roger 2013).

En la figura 1, presentan el destino de las exportaciones totales, así como el origen de las importaciones de Guatemala, respectivamente en 2012.

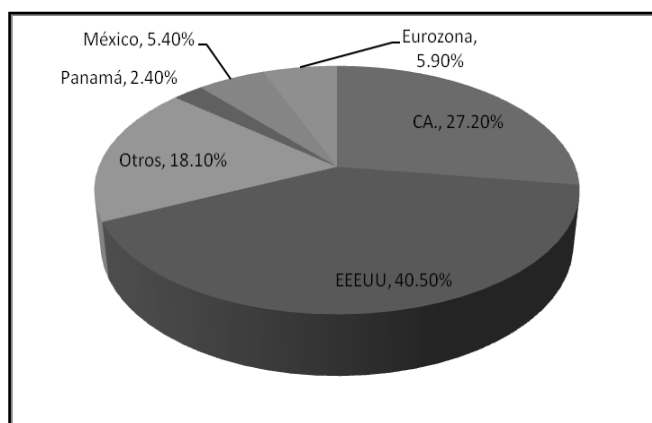


Figura1 Destino de las exportaciones guatemaltecas de valor total, año 2012

No obstante que con el paso del tiempo los destinos de las exportaciones guatemaltecas se han diversificado, la relación comercial con Estados Unidos (EEUU) sigue siendo muy significativa, un 40.5 % del total en valor de las exportaciones se dirigieron a ese país en 2012, y según datos del Ministerio de Economía, alrededor de un 70 % de las exportaciones guatemaltecas tiene una relación directa e indirecta con Estados Unidos (EEUU), considerando que Centroamérica (CA) y México también tienen una estrecha vinculación con ese país, debido a que las exportaciones mexicanas dependen aún más de Estados Unidos (EEUU) que las guatemaltecas (Baldizon Morales, Roger 2013).

En relación a Centroamérica (CA) (sin Panamá) y México las exportaciones guatemaltecas hacia esos socios comerciales sumaron un 33.1 %. Las ventas hacia la Eurozona durante el período en mención fueron de un 5.9 %. Esta última región (como bloque económico) se conformó por su importancia como el tercer destino de las exportaciones guatemaltecas. Las exportaciones al resto del mundo representaron un 18.1 %. Entre estos países se encuentra Japón, Canadá, la República Dominicana, Chile, Perú, Corea del Sur, Colombia y Arabia Saudita, por mencionar algunos (Baldizon Morales, Roger 2013).

En cuanto a las importaciones totales en 2012, según la siguiente gráfica, es evidente que Guatemala realiza algo más de la tercera parte de sus compras de bienes y servicios a los Estados Unidos (38.0 %). México se sitúa en segundo lugar con 11.3 %, seguido muy de cerca de Centroamérica (10.1 %). En un quinto lugar de importancia se encuentra la Eurozona, de donde provinieron el 5.6 % del total de importaciones para el período en mención. Un 24.3 % de las importaciones clasificadas en otros provinieron de países como: Corea del Sur, Brasil, Japón, India, Ecuador y Argentina (Baldizon Morales, Roger 2013).

Es importante señalar que la China la cual forma parte de los llamados “BRICS”, no es un destino importante de las exportaciones guatemaltecas (solo un 1.9 % de las mismas), lo que implica no obtener provecho al mercado más grande y con más crecimiento de Asia. En cambio, por el lado de las importaciones es la China (con un 7.5 %), después de Centro América, el cuarto país en importancia y por arriba de la Eurozona (Baldizon Morales, Roger 2013).

2.1.6 Principales productos de exportación e importación y balanza comercial

El intercambio de mercancías es la parte más representativa y conocida de la Balanza de Pagos, siendo esta última el estado comparativo de operaciones de ingreso y egreso de un país con el resto del mundo; esta se conforma por la cuenta corriente la cual que incluye a la balanza comercial (de bienes), la balanza de renta, la de transferencias corrientes (en la cual se contabilizan la remesas familiares), y la cuenta de capital y financiera (Baldizon Morales, Roger 2013).

En la figura 2, se muestra la estructura de las exportaciones e importaciones por producto. Se aclara que este estudio no pretende realizar un análisis exhaustivo de la balanza comercial, no obstante, lo anterior, es importante mencionar que el resultado de superávit o déficit en la balanza comercial refleja los desequilibrios que se presentan en los diferentes sectores que conforman la economía guatemalteca (Baldizon Morales, Roger 2013).

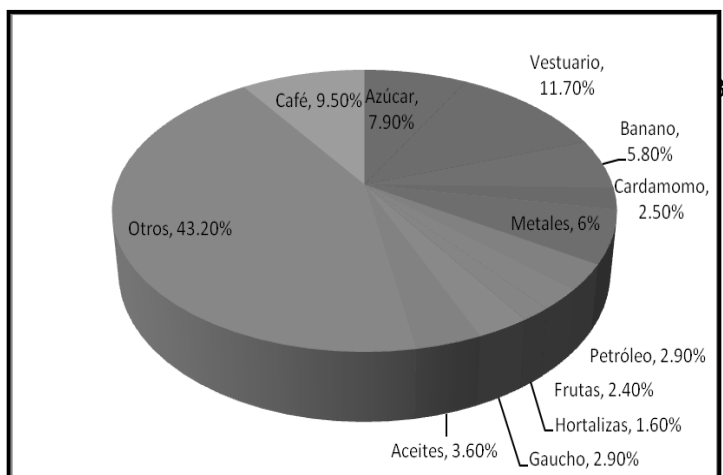


Figura 2 Exportaciones por producto porcentaje del valor total, año 2012

En el caso de las exportaciones según principales productos (ver figura 2), estas también se han ido diversificando (por ejemplo, en 1902 la oferta exportable guatemalteca era solo de Café y Banano), y no obstante que la oferta exportable total actual es numerosa, lo cual es un buen indicador, de 26 productos de exportación, ocho concentraron el 36 % del valor total en 2012, lo que denota una significativa dependencia comercial en unos pocos productos (Baldizon Morales, Roger 2013).

El café representó en 2012 el 9.5 % de las exportaciones (en valor) situándose como el segundo producto de exportación por detrás de la maquila de vestuario (11.7 %); la azúcar otro producto de exportación importante un 7.9 % (Baldizon Morales, Roger 2013).

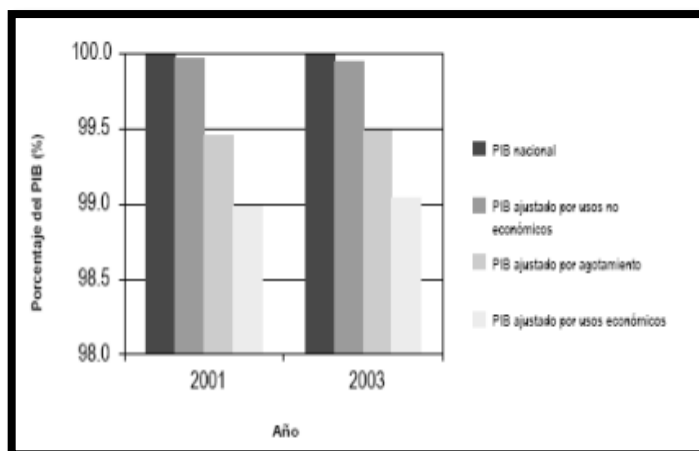
2.1.7 Medio ambiente, recursos naturales y comercio

La inclusión del tema ambiental dentro de los TLC ha generado resistencia por parte de sectores económicos poderosos. Esto debido a que las normas ambientales se pueden convertir en obstáculos al comercio. También debe señalarse que la inclusión del tema ambiental dentro del ADA CA-UE se constituye en un marco jurídico para que los gobiernos de cada país le den mayor importancia al tema dentro de las agendas políticas, no obstante, como se verá más adelante, este acuerdo no obliga a realizar estudios de impacto ambiental en temas concernientes al comercio (Baldizon Morales, Roger 2013).

El estudio de la relación entre economía y medio ambiente es relativamente reciente. La cuantificación y minimización de los impactos de la actividad económica sobre el entorno natural son de vital importancia si se quiere lograr el desarrollo económico sostenible (Baldizon Morales, Roger 2013).

En relación a esto, se han realizado estimaciones sobre el valor del Producto Interno Bruto (PIB) ajustado ambientalmente, es decir, el valor real del PIB después de descontársele el agotamiento (sin reposición) de recursos naturales renovables como el bosque, debido a la utilización de este como insumo para actividades productivas (Baldizon Morales, Roger 2013).

Estas estimaciones implican que el PIB ajustado ambientalmente sea menor que el PIB (ver figura 3), donde el PIB nacional (no ajustado ambientalmente) es mayor que el PIB ajustado por agotamiento de RRNN:



Fuente: Roger Antonio Baldizón Morales, 2013.

Figura 3. Gráfica del PIB nacional (no ajustado ambientalmente) es mayor que el PIB ajustado por agotamiento de RRNN

2.1.8 PIB ambientalmente ajustado, 2001 y 2003

Como se recordará, en 2011 ocho productos de exportación concentraron el 53 % de la oferta exportable total guatemalteca, siendo en su mayoría productos agrícolas (materias primas).

2.1.9 Producción nacional de café

Según la Asociación Nacional del Café -ANACAFÉ- 81, la producción de café guatemalteca es realizada por alrededor de 90,000 productores y productoras y se cultivan unas 274 mil ha de café, que representan el 2.5 % del territorio nacional (ver figura 4), en 204 municipios de la República. Un 68 % de los 90 mil productores se agrupan en cooperativas y asociaciones de pequeños productores. Es decir, la mayor parte de los productores se catalogan como pequeños productores. Así mismo, alrededor de 1,000 fincas de café están a cargo de mujeres (Baldizon Morales, Roger 2013).



Fuente: Roger Antonio Baldizón Morales, 2013

Figura 4. Mapa del área cultivada con Café

En 2011 (3.5 % de la producción mundial). Así mismo el 98 % es cultivado bajo sombra; el tipo Arábica se cultivó en el 98 % de las plantaciones; el cultivo de robusta es ínfimo y se produce en algunas regiones de baja altura de la costa sur. Según la Asociación del Gremio Químico Agrícola, AGREQUIMA (2012), por efectos del mercado han salido fuera de competencia los cafés cultivados por debajo de los 1,000 metros sobre el nivel del mar y solo se cultivan para exportación cafés de altura (mayores a 1,000 metros sobre el nivel del mar) (Baldizon Morales, Roger 2013).

Según ANACAFÉ, el cultivo de café (en todas sus etapas) genera aproximadamente 500 mil empleos al año, aportando un 3 % del producto interno bruto. El Ministerio de Economía, calcula que 2.25 millones de trabajadores se emplean a lo largo de toda la cadena de café a nivel nacional, ya que la caficultura directamente e indirectamente dinamiza una gran cantidad de actividades económicas en otros sectores productivos a nivel local, regional y nacional (Baldizon Morales, Roger 2013).

De acuerdo a estimaciones de especialistas el 10 % de la producción se destina al consumo interno. Es decir, para 2011 la producción total (la dedicada al consumo interno más la destinada para la exportación) en quintales fue de 5.1 millones de quintales

aproximadamente, el cual representa el 90 % de la producción (4.7 millones de quintales) se exportó en oro (Baldizon Morales, Roger 2013).

Así mismo, el 41 %, 58 % y 1 % de la producción nacional se comercializa internamente como café cereza (llamado también maduro o uva), pergamino y oro respectivamente (Baldizon Morales, Roger 2013).

Esto pone en riesgo la calidad el producto debido al proceso de fermentación si no se toman las medidas adecuadas. Otro problema que afecta a la producción de café es la antigüedad de los cafetales, ya que el 60 % de los mismos, tienen una condición de matas adultas (15-25 años) y viejas (más de 25 años). Lo que tiene implicaciones en los rendimientos por hectárea los cuales están mostrando una tendencia a la baja causada por esta situación (Baldizon Morales, Roger 2013).

Por el volumen de producción, Guatemala se ubica normalmente entre el séptimo y octavo lugar a nivel mundial. La producción se procesó en 3,094 beneficios tradicionales (húmedos), 619 semi-tecnificados, 412 tecnificados y 12 mil artesanales. En Guatemala existen 21 beneficios secos comerciales (Baldizon Morales, Roger 2013).

Los departamentos con mayor producción de café son Santa Rosa, Huehuetenango, Chiquimula, Guatemala, San Marcos y Chimaltenango, Jalapa y Alta Verapaz, quienes producen el 79 % de la producción nacional (Baldizon Morales, Roger 2013).

2.1.10 Comercialización del café guatemalteco

Pasando al tema de la comercialización del café, y tal como se mencionó anteriormente, este se exporta en su mayor parte bajo la modalidad de café oro también llamado verde (Baldizon Morales, Roger 2013).

En la figura 5, se presenta los destinos del volumen exportable de café oro guatemalteco hacia el exterior:

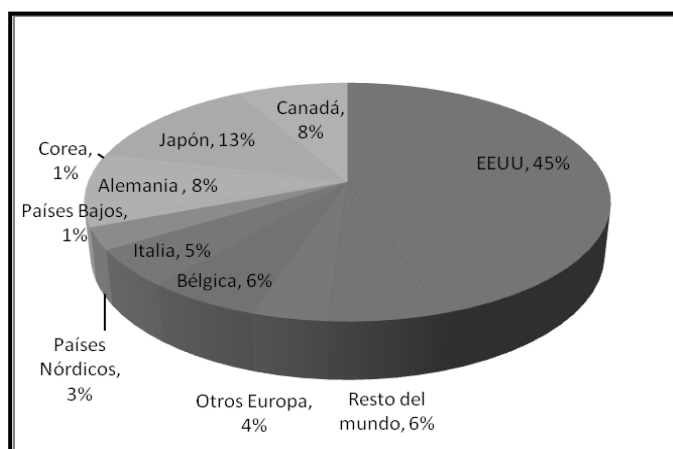


Figura 5. Gráfica del Porcentaje de exportación de café en quintales, según destinos, cosecha 2011-2012

Durante la cosecha 2011-2012, se exportaron 4.8 millones de qq (es decir, 3.7 millones de sacos de 60 kg). Los Estados Unidos (EEUU) figuran como el principal destino (a lo individual) de las exportaciones de café (45 %), seguido por el Japón (13 %), y Canadá y alemán (ambos con 8 %), en tercer lugar. Según ANACAFÉ el 77 % de las exportaciones guatemaltecas se catalogan como café de alta calidad (Baldizon Morales, Roger 2013).

2.1.11 Agroecología

La Agroecología es el aprovechamiento de los procesos naturales de las interacciones que se producen en la finca con el fin de reducir el uso de insumos externos y mejorar la eficiencia biológica de los sistemas de cultivo (Sarandón 2014).

2.1.12 Características de un enfoque agroecológico

La Agroecología parte de una serie de premisas metodológicas para desarrollar, integrar y mejorar las prácticas que respondan a sus principios (Sarandón 2014).

- Un enfoque holístico y sistémico.
- Una mirada multidisciplinaria, entendiendo que los sistemas sólo pueden entenderse a través de las perspectivas que aportan diferentes áreas del conocimiento.
- Una investigación-acción participativa, en que los agricultores son sujetos y no sólo objetos del proceso de investigación.

La Agroecología debe entenderse como un nuevo enfoque, más amplio, que reemplaza la concepción exclusivamente técnica por una que incorpora la relación entre la agricultura y el ambiente global y las dimensiones sociales, económicas, políticas, éticas y culturales. La sustentabilidad debe ser vista como una búsqueda permanente de nuevos puntos de equilibrio entre estas diferentes dimensiones que pueden ser conflictivas entre sí en realidades concretas (Sarandón 2014).

Desde la dimensión social se busca una mayor equidad intra e intergeneracional. Esto implica promover la distribución más equitativa (tanto de la producción como de los costos) entre los beneficiarios de las generaciones actuales sin poner en riesgo la manutención de las generaciones futuras (Sarandón 2014).

La dimensión social también contempla la producción de alimentos sanos que aseguran mejor calidad de vida de la población. Otros aspectos vinculados a la dimensión social de la Agroecología se relacionan con la seguridad y soberanía alimentaria y el avance hacia la construcción de formas de acción colectiva que robustezcan el desarrollo y mantenimiento del capital social (Sarandón 2014).

Desde el punto de vista cultural, la Agroecología entiende que la intervención sobre los agroecosistemas debe considerar los valores y saberes locales de las poblaciones rurales y que los mismos deben ser el punto de partida para la generación de propuestas de desarrollo rural (Sarandón 2014).

La revalorización del saber local en los procesos de producción de conocimiento se confronta a la idea dominante de que se podía desarrollar un solo tipo de agricultura (“el mejor”) independientemente de las especificidades ecológicas, sociales y culturales de cada agroecosistema (Sarandón 2014).

Desde el punto de vista ecológico la Agroecología busca la conservación y rehabilitación de los recursos naturales a nivel local, regional y global utilizando una perspectiva holística y un enfoque sistémico que atienda a todos los componentes y relaciones del agroecosistema, que son susceptibles a ser deteriorados por las decisiones humanas (Sarandón 2014).

En la dimensión económica se busca la el logro de un beneficio que permita cubrir las necesidades económicas del productor y su familia y la disminución de los riesgos asociados a la dependencia de los mercados, de los insumos o a la baja diversificación de productos. En esta evaluación económica deberían tenerse en cuenta o considerarse, todos los costos y no sólo aquellos que pueden expresarse en unidades monetarias (Sarandón 2014).

La dimensión política tiene que ver con los “procesos participativos y democráticos que se desarrollan en el contexto de la producción agrícola y del desarrollo rural así como las redes de organización social y de representaciones de los diversos segmentos de la población rural” (Caporal & Costabeber, 2004 a). No hay dudas que a nivel regional, nacional o supranacional, no puede desarrollarse un nuevo modelo de agricultura sino existe una voluntad política para ello (Sarandón 2014).

La dimensión ética(inseparable del concepto de sustentabilidad) insiste en la necesidad de componer un nuevo vínculo moral (corpus de valores) que incluya el respeto y la preservación del medio ambiente no sólo para éstas, sino también para las futuras generaciones. En este sentido, será necesario, por un lado, crear nuevos valores que disminuyan el consumo excesivo y el deterioro ambiental provocado por estilos de vida que devastan el ambiente, y, por el otro, la reivindicación de la ciudadanía y la dignidad humana, la lucha contra el hambre y la eliminación de la pobreza y sus consecuencias sobre el medio ambiente (Sarandón 2014).

2.1.13 Agroecosistema

El agroecosistema es un tipo de ecosistema que consta de un capital natural (recursos: suelo, biodiversidad, energía, agua) y un capital sociocultural que permiten la producción de bienes y servicios. Esta idea es atractiva y útil e implica reconocer, por

un lado, que los agroecosistemas tienen una función integral: no sólo deben producir bienes (lo tangible): cultivos, animales, huevos, leche, fibras, sino también, y simultáneamente, deben brindar servicios (intangibles): hábitat para seres humanos y animales, funciones ecológicas (ciclado de nutrientes, regulación biótica, captura de carbono, control de la erosión, de toxificación del ambiente), mantenimiento del paisaje, conservación de la biodiversidad de plantas y animales, entre otros (Sarandón 2014).

El agroecosistema presenta características propias: suelos, climas, biodiversidad, topografía, disponibilidad de agua, etc. que definen o determinan su capacidad productiva, su potencial (de acuerdo a la calidad de sus recursos naturales), lo que podríamos asimilar al concepto de la ecología de “capacidad de carga” (Sarandón 2014).

2.1.14 Sostenibilidad

2.1.14.1 Origen del concepto de Sostenibilidad

El origen del concepto se sitúa a principios de la década de los años 80, a partir de perspectivas científicas sobre la relación entre el medioambiente y la sociedad y la publicación de varios documentos relevantes, principalmente la Estrategia Mundial para la Conservación (World Conservation Strategy), UICN, 1980, Primera estrategia global de Desarrollo Sostenible) y el conocido como Informe Brundtland (Our Common Future, CMMAD, 1988).

Surge por vía negativa, como resultado de los análisis de la situación del mundo, que puede describirse como una “emergencia planetaria” (Bybee, 1991), como una situación insostenible, fruto de las actividades humanas, que amenaza gravemente el futuro de la misma humanidad. Se habla incluso de una etapa geológica nueva, el antropoceno, término propuesto por el premio Nobel Paul Crutzen para destacar la responsabilidad de la especie humana en los profundos cambios que está sufriendo el planeta (Macedo Beatriz, 2005).

El concepto de sostenibilidad surge por vía negativa, como resultado del análisis de la situación del mundo, que puede describirse como “emergencia planetaria” como una situación insostenible que amenaza en un futuro a la humanidad (Macedo Beatriz, 2005).

2.1.14.2 Desarrollo Sostenible

Se determina como el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Macedo Beatriz, 2005).

Sin embargo desarrollo sostenible parte de la suposición de que puede haber desarrollo, mejora cualitativa o despliegue de potencialidades, sin crecimiento, es decir, sin incremento cualitativo de la escala física sin incorporación de mayor cantidad de energía, ni materiales. Con otras palabras: es el crecimiento lo que no puede continuar indefinidamente en un mundo finito, pero si es posible el desarrollo (Macedo Beatriz, 2005).

Posible y necesario, porque las actuales formas de vida no pueden continuar, deben de experimentar cambios cualitativos profundos, tanto para aquellos que viven en la precariedad, como para el 20 % que vive más o menos confortablemente. Y esos cambios cualitativos suponen un desarrollo (no un crecimiento) que será preciso diseñar y orientar adecuadamente (Macedo Beatriz, 2005).

2.1.14.3 Evaluación de la sustentabilidad

Se han desarrollado métodos para evaluar el desempeño de los sistemas socio-ambientales para guiar las acciones y políticas de manejo sustentable de los recursos. Los indicadores han sido el elemento central de los esfuerzos por llevar a la práctica, estos son dirigidos a proporcionar estrategias de evaluación que son divididos en tres grupos a continuación (Altieri Miguel A. y Nicholls Clara Inés 2002).

Primer grupo

Estos están dirigidos a generar listas de indicadores de sustentabilidad, enfocados en aspectos ambientales, económicos, sociales e institucionales, aunque padecen de una base teórica sólida para su selección y se aportan pocos elementos para la planificación y la toma de decisiones.

Segundo grupo

Estos están constituidos por metodologías de evaluación basadas en la determinación de índices donde se agrega o se sintetiza la información de los indicadores en un solo valor numérico, se requiere decisión arbitraria para su selección, ponderación y agregación de indicadores.

Tercer grupo

Estos están constituidos por métodos flexibles que permiten guiar el proceso de evaluación en diferentes etapas, parten de objetivos y atributos generales que sirven de guía para derivar criterios e indicadores más específicos, identificando áreas críticas a desarrollar.

2.1.15 Marco de evaluación

Los marcos constituyen el avance a los esfuerzos, ya que representa un vínculo entre el desarrollo teórico del concepto y su aplicación práctica, representan una estructura jerárca que va de lo general a lo particular. Cada marco propone diferentes aspectos básicos; mientras que los indicadores se definen a un contexto particular como de los principios o atributos (Altieri Miguel A. y Nicholls Clara Inés 2002).

Se identifican tres ventajas de desarrollo de estos marcos

1. Ofrece un marco analítico y comparación de sistemas de manejo alternativos sobre una base multidimensional.
2. Prioriza y selecciona un conjunto de indicadores para el monitoreo de un sistema de manejo.

3. Guía procesos de planificación y toma de decisiones.

2.1.15.1 Énfasis en el área de evaluación

El objetivo en el marco de evaluación se clasifica en tres áreas principales; sociales, económicas y sociales. Es común considerar áreas socioeconómicas y ambientales de los sistemas de manejo que están en constante tensión y en ese sentido suele planearse que la sustentabilidad se alcanza reduciendo los conflictos entre sociedad y ambiente mediante cambios tecnológicos y respuestas institucionales (Altieri Miguel A. y Nicholls Clara Inés 2002).

Existen marcos que incorporar sistemas de manejo y prestan atención a las interacciones dinámicas entre factores socioeconómicos y ambientales. Los procesos dinámicos internos y externos de los sistemas socio-ecológicos afectan sus propiedades emergentes como su capacidad de responder a perturbaciones externas. El cambio es una condición y es inevitable, por lo tanto la capacidad de un sistema para sostenerse depende de su capacidad para autorregularse, transformarse y adaptarse a las variaciones medioambientales y a los cambios estructurales tanto internos como externos (Altieri Miguel A. y Nicholls Clara Inés 2002).

2.1.15.2 Escala de evaluación

El desarrollo de evaluación es aplicable a múltiples escalas de manejo, es el aspecto de mayor interés, sobretodo la interdependencia de los procesos que ocurren a nivel regional, local y global. Desde una perspectiva multi-escalar los sistemas complejos podrían ser estudiados a partir de tres dimensiones principales:

1. Dimensión espacial: corresponde al espacio físico en el que se realiza una observación, posee dos componentes; extensión y resolución. La extensión es el tamaño de la ventana de la observación utilizada y la resolución es la precisión de los objetos medidos. Es una de las mediciones más utilizadas en marcos de evaluación.

2. Dimensión organizacional: refleja entre las unidades básicas que controla la dinámica del sistema, generalmente se hacen referencia a unidades administrativas más que institucionales sociales. Sin embargo es incipiente la investigación acerca de las articulaciones del proceso que ocurren en niveles de organización mayor como la comunidad, y sobre las relaciones con instituciones a nivel regional y nacional.
3. Dimensión temporal: corresponde a la duración de una observación, también es posible un componente de extensión, según el intervalo de tiempo utilizado y otro de resolución que corresponde al tamaño de la unidad utilizada para dividir el intervalo.

2.1.16 Formas de derivar indicadores

Se puede distinguir dos aproximaciones diferentes para obtener el conjunto de indicadores:

- Top-down (de arriba abajo): se obtiene de una consulta a expertos o actores sociales sobre los objetivos o problemas que perciben como relevantes, estos se derivan de uno o más indicadores para cada objetivo o problema identificado, el proceso suele resultar de una larga lista de indicadores que posteriormente requieren un procedimiento de priorización.
- Botton-up (de abajo arriba): estos indicadores se obtienen de la caracterización y el análisis de los sistemas de manejo, con la finalidad de identificar puntos críticos que afectan la sustentabilidad. Este proceso tiene la ventaja de restringir los indicadores a un conjunto más robusto que refleja la problemática particular del sistema de manejo.

2.1.16.1 Integración de indicadores

La integración de indicadores es un aspecto crítico en cualquier evaluación, varios de los marcos no incluyen un procedimiento de integración y limitación de los resultados simplemente a una lista de indicadores. No existe un acuerdo sobre el método más adecuado para la integración de indicadores. (Altieri Miguel A. y Nicholls Clara Inés 2002).

Sin embargo se pueden identificar tres aproximaciones metodológicas principales:

Índices: en estas aproximaciones se pretende dar una calificación global del desempeño de manejo agregado del conjunto de indicadores seleccionados. Se da una ponderación a los indicadores y los transforma a una unidad de medida común que asegura la sumatoria. La ventaja del método es que simplifica el resultado a un solo valor, pero al hacerlo se pierde gran parte de la información útil.

Representación gráfica; estos métodos permiten mostrar el desempeño de cada uno de los indicadores por separado, que tratan mantener un análisis integral que tienen la ventaja de ser transparentes, fáciles de interpretar y permite tener una visión del conjunto de las dimensiones analizadas.

2.1.16.2 Que es un indicador

Para los expertos un indicador es más que una estadística, es una variable en función del valor que asume un determinado momento, despliega significados que no son aparentes inmediatamente y que los usuarios decodificaran más allá de lo que muestra directamente, porque existe un constructor cultural y de significado social que se asocia al mismo (Altieri Miguel A. y Nicholls Clara Inés 2002).

Es una variable que brinda las bases para evaluar tendencia ambientales, sociales y económicas o establecer metas de políticas, los indicadores pueden ser cualitativos o cuantitativos o índices compuestos por la relación en diferentes variables. Además un indicador lleva implícito conjunto de valores y metas evocados, es por ello que son importantes para hacer operativos los atributos de sustentabilidad en variables que se pueden medir localmente. Los indicadores son herramientas útiles para reducir la complejidad de la descripción de un sistema, ayudando a promover la comunicación entre los diferentes agentes del sistema de manejo (Altieri Miguel A. y Nicholls Clara Inés 2002).

Los indicadores son particulares a los procesos de los que forman parte y aquellos que son apropiados a ciertos sistemas pueden ser inapropiados para otros, es por ello que no existe

una lista de indicadores universales. Los indicadores concretos dependerán de las características del problema específico bajo estudio, de la escala del proyecto, del grado de acceso y de la disponibilidad de datos. El conjunto de indicadores seleccionados estará relacionado con su criterio de formulación y debe de responder a los objetivos de la evaluación (Altieri Miguel A. y Nicholls Clara Inés 2002).

2.1.16.3 Tipo de indicadores

Los indicadores se identifican más comúnmente con una dimensión específica, ya sea económica, social o ambiental. También hay indicadores que se asocian a sistemas de manejo específico, sistemas forestales, pecuarios, acuícolas, reservas naturales, entre otras (Altieri Miguel A. y Nicholls Clara Inés 2002).

Existen indicadores de estado y de manejo; los de estado dan información del estado actual de un recurso natural o social como rendimiento, balance de nutrientes o costo de producción, y los indicadores de manejo parten del supuesto de ciertas prácticas para el control de plagas, conservación de suelo y grado de cumplimiento de normas para el uso de recursos naturales (Altieri Miguel A. y Nicholls Clara Inés 2002).

Los indicadores pueden resultar del conjunto de mediciones, de índices calculados o de juicios de expertos, estos pueden ser simples; resultados de mediciones o estimaciones de una variable o compuestos; obtenido mediante agregaciones de variables o indicadores simples (Altieri Miguel A. y Nicholls Clara Inés 2002).

2.1.16.4 Escala de un indicador

Se establecen tres tipos de escalas; la socio-ambiental que se localiza en escalas espaciales, institucionales y temporales específicas que a su vez se articulan e interactúan a diferentes niveles. Para establecer la temporalidad de los indicadores es necesario tomar en cuenta aspectos climáticos (Altieri Miguel A. y Nicholls Clara Inés 2002).

La segunda escala hace referencia a extensión o estación física del sistema bajo estudio y la tercera es orientada a la escala institucional o administrativa y se relaciona al tipo de jurisdicción que controlan los sistemas que van de lo local a lo global y pueden ser un organismo gubernamental (Altieri Miguel A. y Nicholls Clara Inés 2002).

El objeto de estudio y de escala de medición determina el conjunto de indicadores más adecuados para la evaluación, cada nivel jerárquico tiene sus indicadores asociados, en el nivel superior se encuentra la región agrícola, conformada por la unidad de cuenca o administrativas, si se habla de unidades biofísica o institucionales. En el nivel intermedio están los agroecosistemas o unidades productivas con unidades derivados de comunidades campesinas, cooperativas agrícolas, diferentes ecosistemas y recursos naturales y por último el nivel inferior donde se establecen las parcelas y los sistemas productivos (Altieri Miguel A. y Nicholls Clara Inés 2002).

2.1.17 Diagrama de AMEBA

El diagrama de AMEBA es un gráfico sencillo de construir y visualmente muy ilustrativo, donde se representan los valores de los indicadores obtenidos y se comparan con una situación ideal, permite detectar los puntos críticos de cada sistema, como la distancia entre la situación ideal y la actual. Sintetiza numerosa información importante y permite una visión general del problema (Villanueva Cristóbal 2011).

2.1.17.1 Ejemplo del diagrama:

Se evaluó la calidad y resiliencia del suelo en los sistemas de bosque (B), café (C) y pasturas (P), en siete fincas de aprendizaje (FA), ubicadas en los municipios de Manizales, Neira, Filadelfia y Villamaría del departamento de Caldas en Colombia.

Los 10 atributos o indicadores seleccionados fueron: cobertura del suelo, compactación, infiltración, diversidad de macro-vida, desarrollo de raíces, estructura del suelo, estabilidad de agregados (disgregación), lombrices de tierra, acidez, y vigor de cultivos y arvenses (Villanueva Cristóbal 2011).

En cada una de las siete fincas seleccionadas, fueron definidos los tres sistemas representativos para bosque, café y pasturas. En ellos, se recopiló información para rasgos sobresalientes del suelo, y manejo histórico y actual de la parcela a evaluar, y se midieron los indicadores de calidad del suelo en cinco puntos de muestreo distribuidos al azar en la parcela. Los indicadores se calificaron en el rango de uno a cinco, según el grado de limitación (ver cuadro 1), (los suelos con limitación extrema presentan valor de uno y los suelos sin ninguna limitación presentan valor de cinco) (Villanueva Cristóbal 2011)

Cuadro 1. Evaluación de indicadores de calidad del suelo

Indicador/método	Resultado (1-5*)		
	Pobre: 1-2	Regular: 3-4	Bueno: 5
1. Cobertura del suelo/retícula o recuadro de alambre	La cobertura del suelo es poca o nula, menos del 50%.	Deficiente cobertura del suelo, entre 50% y 80%.	La cobertura del suelo es alta, mayor al 80%.
2. Compactación/sonda de alambre	La sonda de alambre no penetra.	La sonda de alambre penetra con dificultad hasta una profundidad menor que 20 cm.	La sonda de alambre penetra con facilidad hasta 20 cm.
3. Infiltración/anillos	El nivel del agua desciende menos de 2 cm en un minuto.	El nivel del agua desciende de 2 a 5 cm en un minuto.	El nivel del agua desciende más de 5 cm en un minuto.
4. Diversidad de macrovida/palada de suelo	Una a dos clases o tipos de animales del suelo.	Tres a cinco clases o tipos de animales del suelo.	Más de cinco clases o tipos de animales del suelo.
5. Desarrollo de raíces/observación directa	Pocas raíces finas cerca de la superficie	Algunas raíces finas, la mayoría cerca de la superficie.	Muchas raíces finas en todo el suelo superficial.
6. Estructura del suelo/observación directa	La mayoría en terrones o con una costra superficial, pocos agregados.	Algunos terrones, pero también muchos agregados de 10 mm.	Friable, se rompe fácilmente en agregados de 10 mm.
7. Estabilidad de agregados/agitación en agua	Los agregados se separan (se deshacen) en menos de un minuto.	Los agregados se mantienen intactos después de un minuto.	Los agregados se mantienen intactos después de agitación.
8. Lombrices de tierra/conteo directo en palada de suelo	0-3	4-6	Más de seis
9. Acidez/cinta colorimétrica	pH 5 o más bajo	pH 5,5	pH de 6 a 7
10. Vigor de los cultivos y arvenses/observación directa	Cultivo pequeño y descolorido por deficiencia nutricional generalizada. Color púrpura o amarillo.	Alguna variación en crecimiento y color. Parches de color púrpura o amarillo.	Color apropiado de hojas y crecimiento uniforme generalizado. Color verde oscuro.

Fuente: Villanueva Cristóbal 2011

Grado de limitación: 1=extrema; 2=severa; 3=moderada; 4=leve; 5=ninguna

2.1.17.2 Resultados del ejemplo sobre el análisis de AMEBA.

La matriz de resultados de la evaluación del conjunto de diez atributos seleccionados. Tomando el sistema bosque (B) como sistema de referencia para la totalidad de las fincas, se concluye que los sistemas café (C) y pasturas (P) han inducido declinación en la calidad de los suelos por incremento de la resistencia a la penetración, menor estabilidad de agregados al agua y pérdida de biodiversidad (ver cuadro 2).

Cuadro 2. Calificación de atributos del suelo e índice acumulado de calidad del suelo (IACS) para los sistemas bosque (B), café (C) y pasturas (P) (Villanueva Cristóbal 2011).

Finca <i>f</i>	1			2			3			4			5			6			7				
	B	C	P	B	C	P	B	C	P	B	C	P	B	C	P	B	C	P	B	C	P		
Indicador <i>s</i>	Calificación del indicador																						
1	nd	4	4	nd	4	5	nd	4	5	5	4	5	nd	5	5	5	3	3	nd	5	5		
2	nd	5	3	nd	5	4	nd	3	5	3	5	3	5	1	nd	5	4	5	3	3	nd	3	3
3	nd	2	2	nd	4	2	nd	1	1	5	5	1	nd	4	1	5	3	2	nd	5	1		
4	nd	3	3	nd	3	2	nd	1	2	5	3	3	nd	3	5	5	3	3	nd	3	1		
5	nd	3	5	nd	4	5	nd	3	3	3	2	5	nd	2	3	5	3	2	nd	5	3		
6	nd	4	5	nd	5	5	nd	5	3	5	5	2	nd	5	5	5	3	3	nd	4	2		
7	nd	2	4	nd	4	5	nd	4	4	4	4	1	nd	4	4	5	3	2	nd	5	4		
8	nd	1	5	nd	5	5	nd	1	1	3	1	5	nd	2	4	5	3	2	nd	5	1		
9	nd	5	5	nd	2	2	nd	5	5	5	5	5	nd	5	5	5	5	3	nd	5	5		
10	nd	4	2	nd	4	3	nd	3	3	5	4	3	nd	4	3	5	3	3	nd	4	1		
IACS		33	38		40	38		30	32	43	38	31		39	39	50	32	26		44	26		

Fuente: Villanueva Cristóbal 2011

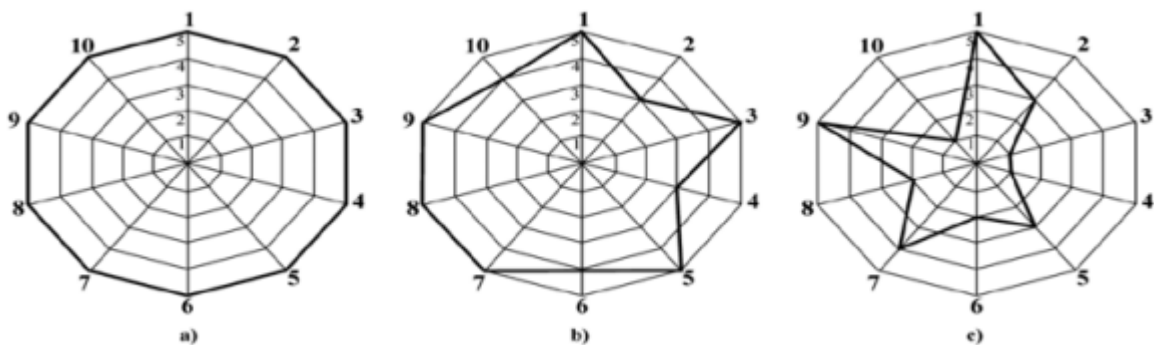
f 1: La Aurora; 2: La María; 3: La Mediación; 4: El Caney; 5: El Arrayán; 6: La Colina; 7: El Silencio; nd: no disponible o inaccesible debido a pendiente del terreno mayor que 80 %.

§ Indicadores según la secuencia numérica del Cuadro 2.

La Figura 6, conocida como análisis de AMEBA, muestra patrones gráficos de la calidad del suelo en el sistema de referencia de B y los sistemas de C y P.

Si se asume el sistema B como el estado ideal, sin contracción evidente de ninguno de los indicadores evaluados (ver figura 6), es fácil visualizar la magnitud de la alteración de la calidad del suelo en los sistemas C y P (Villanueva Cristóbal 2011).

La metodología de evaluación participativa de la calidad del suelo, con base en indicadores locales, permitió detectar procesos de degradación del suelo de manera práctica, confiable y oportuna. El esquema gráfico de calidad del suelo, permite visualizar el estado global de degradación del suelo a escala predial y, por ende, identificar los factores edafológicos limitantes de producción (Villanueva Cristóbal 2011).



Fuente: Villanueva Cristóbal 2011

Figura 6. Ejemplo de análisis de araña.

a) Condición ideal de bosque natural, Finca La Colina; b) Sistema café, Finca El Silencio; c) sistema pasturas, Finca el Silencio. 1: cobertura del suelo; 2: compactación; 3: infiltración; 4: diversidad de macrovida; 5: desarrollo de raíces; 6: estructura del suelo; 7: estabilidad de agregados; 8: lombrices de tierra; 9: acidez; 10. Vigor de cultivos y arvenses.

2.1.18 Rain Forest Alliance

Rain Forest Alliance es una organización internacional sin fines de lucro que trabaja para conservar la biodiversidad y asegurar un sustento sostenible mediante la transformación de las prácticas del uso de suelos, las prácticas comerciales y el comportamiento del consumidor. Rain Forest Alliance se apoya en los tres pilares de la sostenibilidad: protección ambiental, equidad social y viabilidad económica (Red de agricultura sostenible 2010).

La Red de Agricultura Sostenible (RAS) es una coalición de organizaciones conservacionistas de América, África, Europa y Asia que promueven la sostenibilidad ambiental y social de las actividades agropecuarias a través del desarrollo de normas de buenas prácticas, certificación y capacitación a productores rurales alrededor del mundo (Red de agricultura sostenible 2010).

2.1.18.1 Norma para agricultura sostenible por Rain Forest Alliance

2.1.18.1.1 Sistema de gestión social y ambiental

El sistema de gestión social y ambiental es un conjunto de políticas y procedimientos manejados por el productor o por la administración de la finca para planificar y ejecutar las operaciones de manera que se fomenten la implementación de las buenas prácticas de manejo en esta norma. El sistema de gestión es dinámico y se adapta a los cambios que surgen. También incorpora los resultados de evaluaciones internas o externas para fomentar la mejora continua en la finca. La escala y complejidad del sistema de gestión social y ambiental dependen del tipo del cultivo, el tamaño y complejidad de las operaciones agrícolas y los factores ambientales y sociales internos y externos en la finca (Red de agricultura sostenible 2010).

2.1.18.1.2 Conservación de ecosistemas

Los ecosistemas naturales son componentes integrales del paisaje agrícola y rural. La captura de carbono, la polinización de cultivos, el control de plagas, la biodiversidad y conservación de suelos y agua son algunos de los servicios que proveen los ecosistemas naturales en las fincas. Las fincas certificadas protegen los ecosistemas naturales y realizan actividades para recuperar ecosistemas degradados (Red de agricultura sostenible 2010).

Se enfatiza la recuperación de los ecosistemas naturales en áreas no aptas para la agricultura, así como el restablecimiento de los bosques deforestados, que son críticos para la protección de los cauces de agua. La Red de Agricultura Sostenible reconoce que los bosques y plantaciones son fuentes potenciales de productos maderables y no maderables cuando se administran en forma sostenible que ayude a diversificar los ingresos de los agricultores (Red de agricultura sostenible 2010).

2.1.18.1.3 Protección de la vida silvestre

Las fincas certificadas bajo esta norma son refugios para la vida silvestre residente y migratoria, especialmente para las especies amenazadas o en peligro de extinción. Las fincas certificadas protegen áreas naturales que contienen alimentos para los animales silvestres o que sirven para sus procesos de reproducción y cría. Se llevan a cabo programas y actividades especiales para regenerar o recuperar ecosistemas importantes para la vida silvestre en las fincas certificadas. A la vez, las fincas, sus dueños y sus trabajadores toman medidas para reducir y eventualmente eliminar el cautiverio de animales silvestres, a pesar de las raíces tradicionales de esta práctica en muchas regiones del mundo (Red de agricultura sostenible 2010).

2.1.18.1.4 Conservación de recursos hídricos

El agua es vital para la agricultura y para las familias que dependen de ella. Las fincas certificadas realizan acciones para conservar el agua y evitar su desperdicio. Previenen la contaminación de aguas superficiales y subterráneas mediante el tratamiento y monitoreo de aguas residuales. La Norma de Agricultura Sostenible incluye medidas para prevenir la contaminación de aguas superficiales causada por el escurrimiento de sustancias químicas o sedimentos. Las fincas que no ejecutan estas medidas deben garantizar mediante un programa de monitoreo y análisis de aguas superficiales que no degradan los recursos hídricos, hasta que cumplan con las acciones preventivas estipuladas (Red de agricultura sostenible 2010).

2.1.18.1.5 Trato justo y buenas condiciones para los trabajadores

Todos los trabajadores que laboran en fincas certificadas y las familias que viven en estas fincas, gozan de derechos y condiciones expresados por las Naciones Unidas en la Declaración Universal de los Derechos Humanos y en la Convención sobre los Derechos de Niños así como por los convenios y recomendaciones de la Organización Internacional de Trabajo (OIT). Los salarios y los beneficios sociales de los trabajadores son iguales o mayores que los mínimos legales y el horario de trabajo no puede exceder lo establecido por la legislación nacional o la OIT. Los trabajadores pueden organizarse y asociarse libremente, sin impedimentos de la finca, especialmente para negociar sus condiciones de trabajo. Las fincas certificadas no discriminan ni utilizan mano de obra forzada o infantil; más bien se esfuerzan por dar oportunidades de empleo y educación a comunidades aledañas. La vivienda aportada por las fincas está en buen estado y cuenta con agua potable, servicios sanitarios y recolección de desechos domésticos. Las familias que viven en las fincas tienen acceso a servicios médicos y los niños a la educación (Red de agricultura sostenible 2010).

2.1.18.1.6 Salud y seguridad ocupacional

Todas las fincas certificadas cuentan con un programa de salud y seguridad ocupacional para reducir o prevenir los riesgos de accidentes en sus sitios de trabajo. Todos los trabajadores reciben capacitación acerca de la forma en que deben realizar sus labores de manera segura, especialmente en la aplicación de agroquímicos. Las fincas certificadas proveen el equipo necesario para proteger a los trabajadores y garantizan que las herramientas, la infraestructura, la maquinaria y todo el equipo utilizado en las fincas se encuentra en buen estado y no representa un peligro para la salud humana o el medio ambiente. Se toman medidas en las fincas para evitar los efectos de los agroquímicos en los trabajadores, vecinos y visitas. Las fincas certificadas identifican las emergencias potenciales y están provistas de planes y equipo para responder a cualquier evento o incidente y reducir al mínimo los posibles impactos sobre los trabajadores y el ambiente (Red de agricultura sostenible 2010).

2.1.18.1.7 Relaciones con la comunidad

Las fincas certificadas son buenas vecinas. Se relacionan positivamente con los vecinos y las comunidades aledañas, y con los grupos de interés locales. Las fincas se comunican periódicamente con las comunidades, los vecinos y los grupos de interés de sus actividades y planes, y se consultan entre sí con respecto a los cambios en fincas que representan impactos potenciales sobre el bienestar social y ambiental local. Las fincas certificadas contribuyen al desarrollo económico local mediante la capacitación y el empleo, e intentan evitar impactos negativos en las áreas, actividades o servicios importantes para la población local (Red de agricultura sostenible 2010).

2.1.18.1.8 Manejo integrado del cultivo

La Red de Agricultura Sostenible fomenta la eliminación del uso de productos químicos reconocidos internacional-, regional- y nacionalmente por su impacto negativo en la salud humana y los recursos naturales. Las fincas certificadas contribuyen a la eliminación de estos productos mediante el manejo integrado del cultivo para disminuir los riesgos y efectos de infestaciones de plagas. También se registra el uso de agroquímicos para poder conocer su consumo y así cumplir con la reducción y eliminación de estos, especialmente los productos más tóxicos. Para minimizar el desperdicio y la aplicación excesiva de agroquímicos, las fincas tienen procedimientos y equipo para mezclar los productos químicos y mantener y calibrar el equipo de aplicación. Las fincas certificadas no utilizan productos químicos no registrados en el país ni tampoco organismos transgénicos u otros productos prohibidos por diferentes entidades o convenios nacionales e internacionales (Red de agricultura sostenible 2010).

2.1.18.1.9 Manejo y conservación del suelo

Uno de los objetivos de la agricultura sostenible es mejorar los suelos que soportan la producción agrícola a largo plazo. Las fincas certificadas realizan actividades para prevenir o controlar la erosión y así disminuir la pérdida de nutrientes y los impactos negativos en los cuerpos de agua. Las fincas cuentan con un programa de fertilización basado en las necesidades de los cultivos y en las características del suelo. El uso de coberturas de vegetación en los cultivos y el descanso del cultivo contribuye a la recuperación de la fertilidad natural de los suelos y disminuye la dependencia de agroquímicos para el control de plagas y malas hierbas. Las fincas certificadas establecen nuevas áreas de producción solo en aquellas tierras aptas para la agricultura y los cultivos nuevos, y nunca mediante la deforestación de bosques (Red de agricultura sostenible 2010).

2.1.18.1.10 Manejo integrado de desechos

Las fincas certificadas están ordenadas y limpias. Los trabajadores y habitantes de las fincas cooperan con el aseo y están orgullosos de la imagen que presenta la finca. Existen programas para manejar los desechos según su tipo y cantidad mediante actividades de reciclaje, reducción y reutilización de los desechos. Los destinos finales de los desechos en las fincas se administran y diseñan para minimizar posibles impactos en el medio ambiente y en la salud humana. Fincas certificadas han evaluado los servicios de transporte y tratamiento suministrados por sus contratistas y conocen los usos y destinos finales de los desechos generados en la finca (Red de agricultura sostenible 2010).

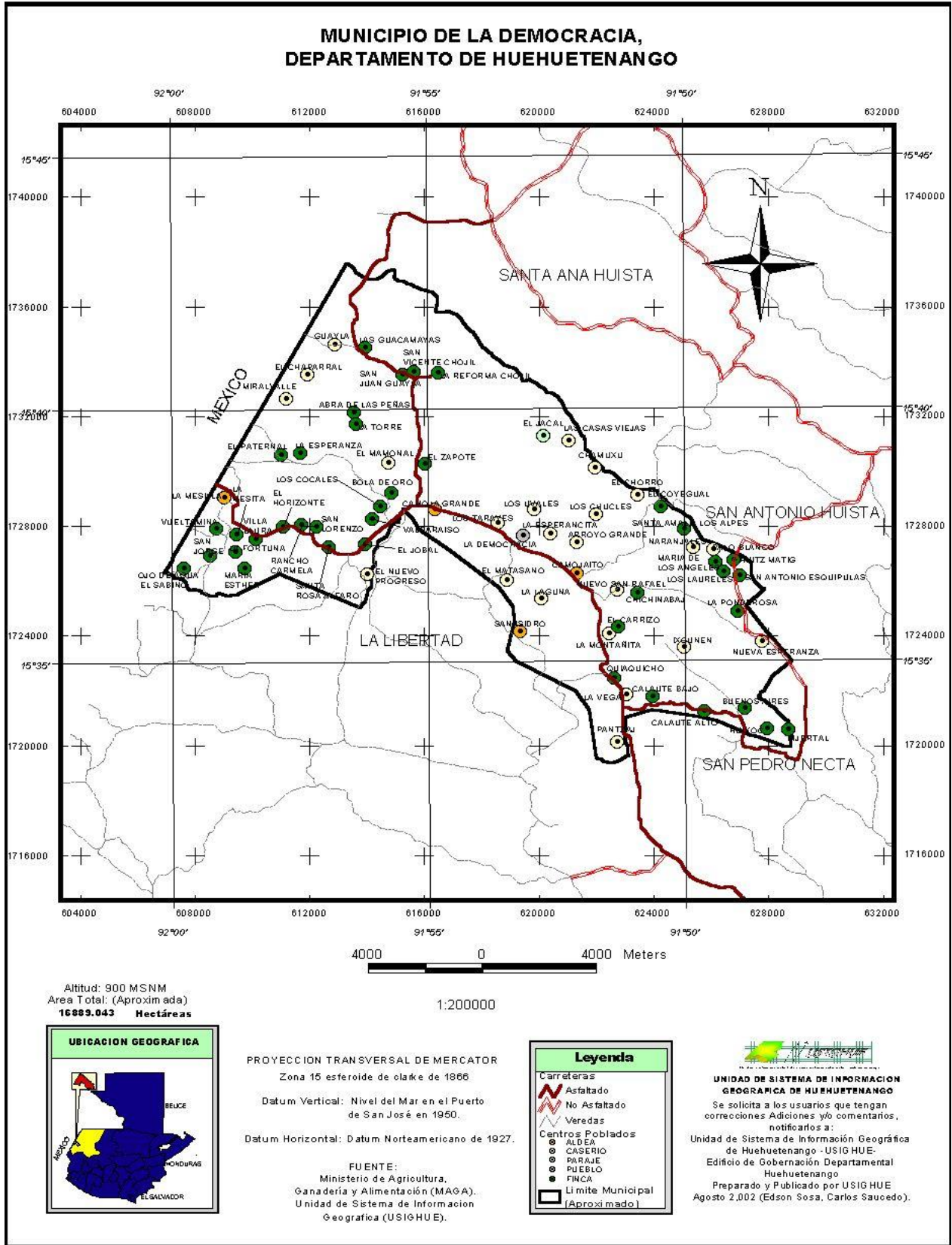
2.2 Marco referencial.

2.2.1 Ubicación geográfica

El Municipio la Democracia, se encuentra en la parte noroeste de la cabecera departamental de Huehuetenango y pertenece a la región VII o RegionNor-occidental del país.

La Democracia colinda al Norte con los municipios de Santa Ana Huista y San Antonio Huista, al Sur con el Municipio La Libertad, al Este con los Municipios de San Pedro Necta y Cantinil y al Oeste con el Estado de Chiapas, México.

La democracia cuenta con una extensión territorial de 136 kilómetros cuadrados, que representa el 1.84% del departamento de Huehuetenango, que cuenta con 920 sobre el nivel del mar. La coordenada de la cabecera es 15°37'30" de latitud 90°53'12" de longitud oeste y se encuentra a una distancia de 78 kilómetros de la cabecera departamental de Huehuetenango, la vía de acceso es a través de la carretera interamericana CA-1 (ver figura 7).



Fuente: Godínez, HI; 2006

Figura 7. Mapa de La Democracia, departamento de Huehuetenango.

2.2.2 Clima

De acuerdo al análisis fisiográfico efectuado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA- en 1994 y al sistema Thornthwaite, el clima del Municipio es semi-cálido con invierno benigno y semi-seco con invierno seco. Según la Fundación Centroamericana de Desarrollo -FUNCEDE-, predominan dos tipos de clima, uno seco-cálido con una altitud de 500 a 1000 metros sobre el nivel del mar y una temperatura media anual de 24 °C a 30 °C y otro húmedo templado con una altitud de 1000 a 1500 metros sobre el nivel del mar con una temperatura media anual de 18 °C a 24 °C.

2.2.3 Flora y Fauna

Dentro de la fauna silvestre existente en las comunidades se determinaron como más importantes los siguientes:

Mamíferos: ardilla, conejo, coyote, gato de monte, zorrillo, tacuazín y murciélago.

Aves: gorrión europeo, carpintero, gavilán, lechuzas y búhos.

Insectos: hormigas, moscas, mariposas y grillos.

En cuanto a la fauna doméstica los más relevantes son los siguientes:

Mamíferos: caballos, cabras, cerdo, gato, perro, vaca y oveja.

Aves de corral: gallinas, chompipes, patos y palomas.

Respecto a la flora se localizaron entre las especies silvestres las siguientes: pino, roble, ciprés, eucalipto, conacaste, izote, hierba mora y chichicaste. En cuanto a las especies cultivables existe café, maíz, limón, naranja, tomate, chile maní, banano y guayaba.

2.2.4 Suelo

Según estudio realizado en el año 2001, por el Consejo de Instituciones de Desarrollo - COINDE- una gran extensión del Municipio está constituida por suelos calizos, para su actual uso agropecuario, presenta fuertes restricciones en cuanto a su manejo.

Los suelos más productivos se encuentran en terrazas aluviales de los principales afluentes del río Selegua y del río Injerto. Los mayores problemas que enfrenta la cuenca con respecto a la sostenibilidad productiva agropecuaria, es la poca disponibilidad de tierras aptas para fines agrícolas o pecuarios y la actual tendencia es utilizar aquellas tierras marginales con cobertura boscosa, pedregosa, altamente erosiva y marcada pendiente.

Por otra parte, es de indicar que Guatemala es un país con suelos de vocación forestal, aunque son utilizados para actividades agrícolas; el municipio de La Democracia no es la excepción, aunque la inclinación de sus suelos es bastante marcada son recomendables para cultivar plantas con ciclo vegetativo más prolongado, tales como: hule, café, frutales y otros.

En Guatemala y en casi toda Centroamérica los suelos son inclinados y utilizados para cultivos del agro (maíz, frijol); sin embargo, el esfuerzo y costo de explotación es mayor, porque se utilizan técnicas específicas, como las curvas de nivel, terrazas y sembradillos de frontera, que reducen y evitan la erosión.

2.2.5 Ubicación de la finca

La Finca se encuentra ubicada, en la latitud 15°34'22.55" norte y longitud 91°48'57.89" oeste, el rango de altitud oscila de 1100 a 1370 m s.n.m. La época de cosecha en esta comunidad es de enero a abril. Según el registro de la propiedad de inmueble proporcionado por el propietario, la finca cuenta con una extensión de 87.60 ha (ver figura 8).

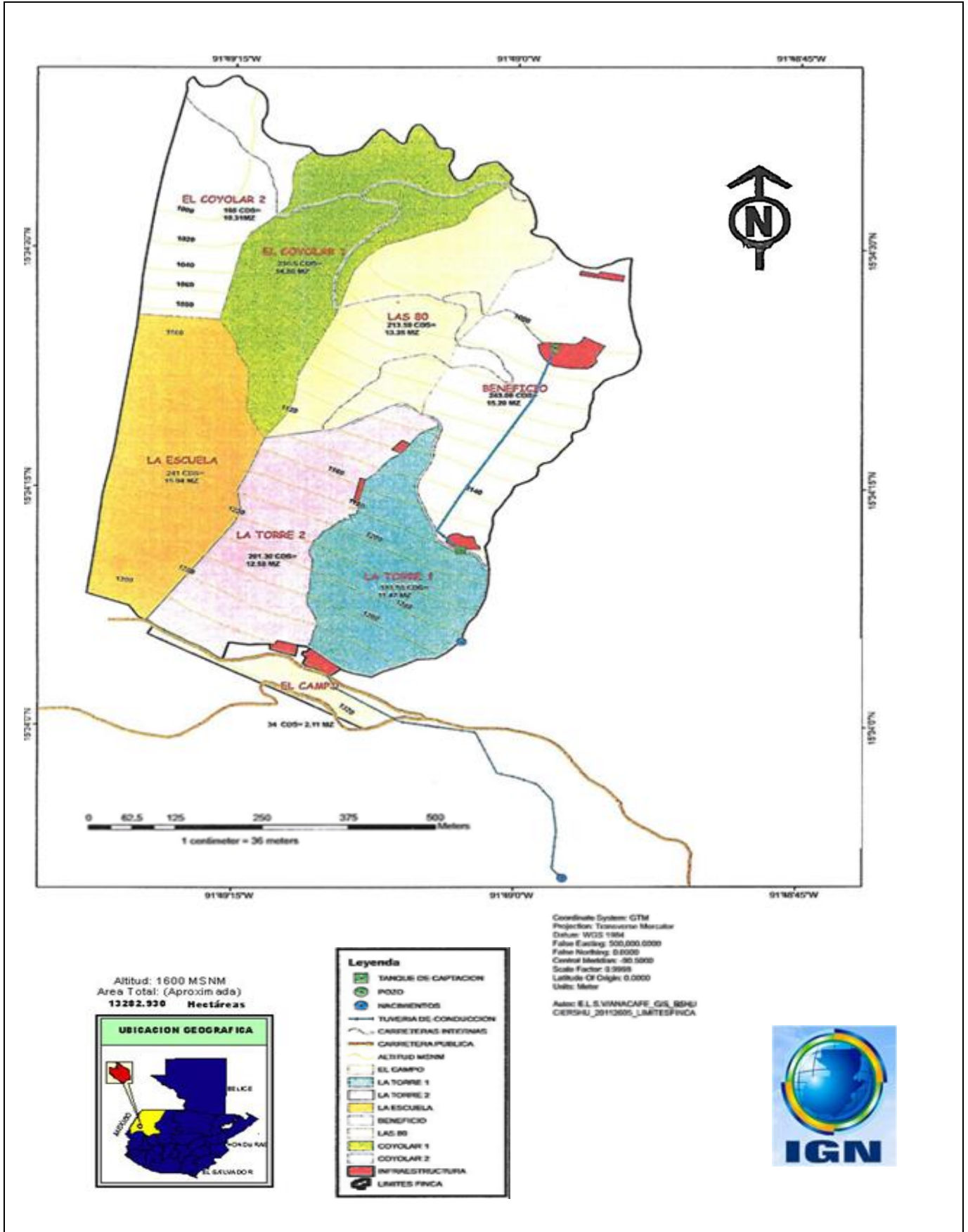


Figura 8. Mapa de Finca San Fernando

2.2.6 Meses de siembra y cosecha

La siembra se lleva a cabo en el mes de mayo a julio, para aprovechar las primeras lluvias que caen al inicio de la época lluviosa, la cosecha se realiza en los meses de enero a abril.

2.2.7 Variedades de la zona

En la finca San Fernando se destacan las variedades arbustivas de Borbón, Caturra y Catimor, estas últimas de menor espacio ocupacional y con mayor rendimiento en productividad.

2.2.8 Variedad Borbón

La variedad borbón se caracteriza por tener un porte alto (3 m), bandolas (ramas) forman ángulo de 45 grados con el eje principal, con entrenudos más cortos que el Typica, hojas terminales de color verde tierno, hojas más redondeadas y brillantes que el Typica de producción alta y poco resistente al viento.

2.2.9 Variedad Caturra

Esta variedad es conocida por ser Originario de Brasil, con mutación de Borbón de porte bajo, compacto de 1.80 m Bandolas (ramas) forman ángulo de 45 grados con el eje principal, hojas terminales color verde tierno, hojas redondeadas y brillantes, entrenudo corto, excelente productor y resistente al viento.

2.2.10 Variedad Catimor

La variedad Catimor es descendientes del cruce realizado entre el Híbrido de Timor # 832-1 (resistente a la roya) y Caturra, son de porte bajo uniforme, fruto y grano de tamaño grande, hojas nuevas de color café o bronce, son muy precoces y productivos, exigentes en el manejo del cultivo, especialmente en la fertilización y manejo de sombra, es recomendado en altitudes bajas y medias.

2.2.11 Densidad de siembra

La densidad de siembra que se maneja en la finca San Fernando se establece de la siguiente manera

Densidad de siembra	Cafetos/cuerda
1.80 * 1.10 metros	190 a 210 plantas

El número de plantas por cuerda está basado por el tipo de pendiente que la parcela presente.

2.2.12 Prácticas agronómicas implementadas

2.2.12.1 Preparación del terreno

Consiste en la habilitación o rotura del terreno que incluye tala y destroncado, limpias, caminos y cercas. Debido a que la mayor parte de la topografía del terreno es quebrada; ésta se hace manualmente; es decir se utilizan machetes para el chapeo, el azadón para hacer los surcos y remover la tierra y el barretón para el ahoyado.

2.2.12.2 Selección y preparación de semilleros y almácigos

Es un programa de tecnificación donde el objetivo básico es obtener buenas cosechas, es necesario tener cafetos sanos, vigorosos y de buena producción. Esto se logra seleccionando semilla que garantice la obtención de los resultados deseados, el proceso se inicia desde de las plantas madre, considerando las características físicas de la variedad y la capacidad de producción. La elaboración de un buen almácigo es fundamental en el éxito de la futura plantación, existen dos sistemas tradicionales para preparar almácigos, los que se mencionan a continuación:

a) Arrancar el pilón: Los pilones se arrancan a una profundidad aproximada de ocho pulgadas de largo por cinco pulgadas de diámetro envolviéndose en cascara de banano o material plástico, quedando listo para transportarlo.

b) Siembra en bolsa plástica de polietileno: se realiza la siembra del pilón en bolsas plásticas negras, perforadas, de 3 milésimas de grosor y de 7 x 10 pulgadas. Posteriormente son llenadas con tierra en muy buenas condiciones de fertilidad.

2.2.12.3 Ahoyado

Se toma como base el tipo de suelo, el hoyo puede tener dimensiones variables; en suelos francos con materia orgánica, se utilizan hoyos pequeños; en suelos arenosos muy sueltos o arcillosos es necesario realizar hoyos más grandes con el propósito de incorporar materia orgánica, debido a las condiciones del suelo esta actividad se realiza manualmente con un barretón.

2.2.12.4 Siembra

La plantación de café puede realizarse en un lugar donde ha existido o existe una plantación que se desea sustituir. Para el establecimiento de un cafetal, es necesario realizar un

estudio de las características y condiciones de lugar, se toma en cuenta factores tanto de clima como del suelo, que puedan influir en la capacidad de producción de la planta.

Después de realizarse el ahoyado, el terreno está listo para la siembra definitiva de los almácigos desarrollados o plantillas de café, actividad que se recomienda realizarse en los meses de mayo a julio para aprovechar el inicio de las primeras lluvias del invierno. Con base a estudios técnicos, cada almácigo debe de sembrarse con una distancia de 2.40 m por 1.20 m entre cada planta.

El procedimiento de plantar consiste en desprender la bolsa de polietileno del almácigo y se observará una formación cilíndrica de tierra y raíces llamado pilón, el mismo es colocado en el interior del hoyo y se procede a cubrirlo con tierra suelta a una altura de cubrimiento del 50 %.

2.2.12.5 Control de malezas

Es necesario definir un programa de control de malezas que garantice el desarrollo normal de la nueva plantación, las malezas compiten con las plantas de café por agua, luz y nutrientes, además de ser hospederos de plagas y enfermedades. Esta actividad se realiza manualmente a través del uso del machete debido a que la topografía de la mayor parte del Municipio es inclinada.

2.2.12.6 Poda

La poda consiste en el corte de las ramas de los arboles con el fin de proyectar suficiente luz y mejorar su distribución del café. Por ello, al efectuar el manejo se debe de descubrir el centro de la copa del árbol. De acuerdo con las condiciones de la zona, el porcentaje de sombra se regula al dejar un estrato de ramas horizontales alrededor del mismo.

Algunas fincas realizan una pre-regulación en el mes de febrero a marzo, en este caso es necesario programar un repaso en el mes de septiembre, debido al rápido crecimiento y capacidad de regeneración que poseen los árboles.

2.2.12.7 Dshije

Cualquier tipo de poda, efectuado en la época y altura adecuadas, tiene una buena producción de brotes, es necesario eliminar la mayor parte de ellos mediante una selección. Se eligen los más vigorosos y que estén ubicados en posiciones que favorezcan la formación de plantas con alto potencial productivo. A esta práctica cultural se le denomina dshije o dshijado.

2.2.12.8 Fertilización

Es la práctica de aplicar los fertilizantes, los abonos orgánicos o enmiendas basándose en un programa elaborado de investigación, para lo cual se hace necesario conocer previamente el estado de fertilidad del suelo y los requerimientos nutrimentales del cultivo, en función de su edad potencial de rendimiento y las prácticas de manejo que se utilicen. Es recomendable basarse en el análisis de suelo previo a la aplicación de fertilizante para mejores resultados, la primera aplicación se realice de mayo a junio o sea al inicio de la época lluviosa y la otra de octubre a noviembre antes que finalicen las lluvias.

2.2.12.9 Sombra

Consiste en regular la penetración de la luz a la plantación que generalmente se expresa en 50 % de sombra y 50 % de luz y por otra parte con la intención de contrarrestar cualquier problema futuro de períodos de sequía muy prolongada, la función fundamental de la sombra en el cafetal es la regulación de las condiciones bajo las cuales el cafeto desarrolla al máximo, sus características genéticas.

2.2.12.10 Control de plagas y enfermedades

Consiste en reducir los factores que predisponen el cultivo a la enfermedad y plagas, esto se logra mediante la regulación de sombra, control de malezas, manejo del tejido productivo, densidad de siembra, fertilización, etc.

2.2.12.11 Cosecha (corte de café)

Esta actividad se realiza manualmente durante los meses de enero a abril, cortando únicamente los frutos que estén en su punto óptimo de madurez. Normalmente al realizarse esta actividad, siempre hay un porcentaje de frutos verdes, secos y sobre maduros que se cortan, los cuales deben separarse para procesarlos por aparte.

2.2.13 Flora y fauna de finca San Fernando.

En los cuadros 3 y 4 se presenta el listado de flora y fauna presente en la finca San Fernando

Cuadro 3 Fauna presente en la finca San Fernando

Nombre común	Nombre científico
Gato de monte	Felis Silvestris
Tacuazín	Didelphismarsupialis
Rana	Anura
Paloma Torcaza	Columba palumbus
Gavilán	Accipiternisus
Armadillo	Dasypusnovemincinctus
Lagartijas	Liolaemustenuis
Conejo	Oryctolagusuniculus
Ratas	Rattusrattus
Tecolote	StrixVirgata
Serpiente Ratonera	Pantherophisbairdi
Serpiente Coral	Micrurusnigrocinctus
Serpiente Mazacuata	Boa constrictor
Serpiente Bejuquillo	Oxybelisfulgidus
Zopilote	Coragypsatratus
Paloma Cachajina	Leptotilaverreauxi
Garza	Ardea alba
Urraca	Pica pica
Zorro	Vulpesvulpes
Pijuy	Crotophagasulcirostris
Lechuza	Tyto alba
Clarinero	Quiscalusmexicanus
Comadreja	Mustela nivalis
Cangrejo	Brachyura

Fuente: elaboración propia, 2016.

Cuadro 4 Flora presente en la finca San Fernando.

Nombre Común	Nombre científico
Taray	Tamarix gallica
Chalum	Inga vera
Higuerillo	Ricinuscommunis
Pacaya	Chamaedoreatepejilote
Aguacate	Persea americana
Banano	Musa paradisiaca
Conacaste	Enterolobiumcyclocarpum
Fresno	Fraxinusexcelsior
Níspero	Eriobotryajaponica
Palo de Mora	Chlorophoratinctoria (L)
Capulín	Prunussalicifolia
Guarumo	Cecropiapeltata
Gravilea	Grevillea robusta
Madre de Agua	Trichanthera gigantea
Mango	Mangifera indica
Izote	Yucca gigantea
Naranja	Citrus sinensis
Eucalipto	Eucalyptus
Cical	Cyca revoluta
Llama del Bosque	Spathodeacampanulata
Guachipilín	Diphysa americana
Paterna	Inga paterno
Roble	Quercus
Ciprés	Cupressus
Limón	Citrus limón

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En los cuadros 5 y 6 se presenta los programas de manejo agronómico y químico actual, utilizado en la finca San Fernando.

Cuadro 5 Programa actual de manejo agronómico en finca San Fernando

Mes	Actividad	Producto/Material	Observación
Enero - Abril	Cosecha	Canastos o costales	Cosecha.
Abril	Poda	Sierra y Cuta	Cortar ramas dañadas y viejas.
Abril	Control foliar	Sierra y Cuta	Cortar ramas dañadas y dejar un 40 % de material Vegetativo.
Mayo - Junio	Primera Abonada	EPP, Recipientes de 3 onzas.	Usar EPP, aplicar a media luna a 10 cm distancia del tallo.
Junio - Julio	Primera Fumigada	EPP y Bomba de aspersión.	Usar EPP, aplicar a favor del viento, de abajo hacia arriba de la planta.
Julio	Primer Limpia	Machete.	Cortar todo tipo de maleza y elaborar la formación de plato al alrededor de arbusto.
Julio - Agosto	Primer Deshije	Sierra.	Cortar ramas dañadas y dejar las más vigorosas de 3 a 4 hijos/planta.
Agosto - Septiembre	Segunda Abonada	EPP, Recipientes de 3 onzas.	Usar EPP, aplicar a media luna a 10 cm distancia del tallo.
Septiembre	Segunda Fumigada	EPP y Bomba de aspersión.	Usar EPP, aplicar a favor del viento, de abajo hacia arriba de la planta.
Octubre	Segunda Limpia	Machete.	Cortar todo tipo de maleza y elaborar la formación de plato al alrededor de arbusto.
Octubre - Noviembre	Tercera Abonada	EPP, Recipientes de 3 onzas.	Usar EPP, aplicar a media luna a 10 cm distancia del tallo.
Noviembre	Tercera Fumigada	EPP y Bomba de aspersión.	Usar EPP, aplicar los productos químicos a favor del viento, con dirección de abajo hacia arriba de la planta.
Diciembre	Cosecha	Canastos o costales.	Pepeña o corte de los primeros frutos.

EPP = Equipo de protección personal.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Cuadro 6 Programa químico, finca San Fernando.

No. De fase	Actividad	Nombre comercial	Ingrediente activo	Tipo de producto	Dosis	Mes de aplicación
Fase 1	Abonada	Hydran plus 19-4-19	18.70% N, 9.60% NH ₄ , 9.10% NO ₃ , 4.00% P ₂ O ₅ , 18.80% K ₂ O, 3% MgO, 1.80% S, 0.10% B, 0.10 Zn	Granular	6.78qq/mz	May/Jun
Fase 1	Fungicida	Amistar Xtra 28 SC	azoxystrobin + cyproconazole	Sistémico	350cc/ mz	Jun/Jul
Fase 2	Abonada	Hidron plus 19-4-19	18.70% N, 9.60% NH ₄ , 9.10% NO ₃ , 4.00% P ₂ O ₅ , 18.80% K ₂ O, 3% MgO, 1.80% S, 0.10% B, 0.10 Zn	Granular	6.78qq/mz	Ago/Sep
Fase 2	Fungicida	Amistar Xtra 28 SC	azoxystrobin + cyproconazole	Sistémico	350cc/ mz	Sep.
Fase 3	Abonada	Hidron plus 19-4-19	18.70% N, 9.60% NH ₄ , 9.10% NO ₃ , 4.00% P ₂ O ₅ , 18.80% K ₂ O, 3% MgO, 1.80% S, 0.10% B, 0.10 Zn	Granular	6.78qq/mz	Oct/Nov.
Fase 3	Fungicida	Amistar Xtra 28 SC	azoxystrobin + cyproconazole	Sistémico	350cc/ mz	Nov.
Única	Enmienda	Nordic Yes	29.5% CaO + 17% S	Polvo	6.26qq/mz	May-15
Única	Enmienda	Cal dolomítica	70% CaCO ₃ + 30% MgCO ₃	Polvo	6.26qq/mz	Abr-14

Fuente: Elaboración propia, 2016.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Analizar el estado agroecológico con indicadores ambientales sostenibles en cultivo de café en la parcela La Torre, El Campo y Las 80 cuerdas en la finca San Fernando.

3.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar los indicadores ambientales en relación a la calidad de suelo y salud de la plantación propuestos por CATIE de Costa Rica, en la parcela La Torre, El Campo y Las 80 cuerdas de la finca San Fernando para conocer el umbral sostenible del eje ambiental.
2. Identificar los indicadores con menor nivel de sostenibilidad ambiental de las parcelas evaluadas para que el productor pueda generar un plan de manejo con mayor énfasis de mejora.

4 HIPÓTESIS

La variabilidad topográfica y edad de la planta en las diferentes parcelas, son determinantes de la sostenibilidad ambiental y agrícola del sistema de café; por ello se presenta variabilidad entre los tres lotes en investigación en la finca San Fernando (a pesar de que el manejo tecnológico es similar).

5 METODOLOGÍA

5.1 Trabajo de gabinete.

A. Selección de lotes a muestrear:

La finca trabaja administrativamente con 8 lotes, pero por motivos económicos y tiempo se tomó solamente 3 lotes, seleccionados por diferencias de altitud (parte alta, media y baja).

La evaluación de indicadores fue al azar en cada lote, realizando caminamiento.

B. Los indicadores de sostenibilidad a evaluar están propuestos por investigadores en agricultura sostenible del área de manejo integrado de plagas y agroecología, realizando dicha evaluación en la zona de Turrialba, Costa Rica.

5.2 Trabajo de campo.

A. Selección de plantas a muestrear.

Las plantas fueron tomadas al azar haciendo un caminamiento en la parcela en forma de zig-zag.

B. Evaluación de los diferentes indicadores.

Para cada indicador se realizó en forma separada y se le asignó 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 presento el suelo o el cultivo, y los atributos a evaluar para cada indicador (Ver cuadro 15A y 16A).

Los valores entre 1 y 5 o 5 y 10 se asignado según las características observadas

C. Determinación de la actividad biológica del suelo.

Se aplicó un poco de agua oxigenada a una muestra de suelo y se observó el grado de efervescencia, para determinar el grado de materia orgánica y vida microbiana.

D. Determinación de lombrices

- a. Se cavó un agujero de 30 cm de profundidad, se contabilizó el número de lombrices expuestas, se agregó la solución de un litro con dos cucharadas de mostaza, se esperó cinco minutos para que las lombrices más profundas salieran a la superficie.
- b. Se utilizó una base de datos para el registro de número de lombrices encontradas.

E. Ensayo de infiltración

- a. Se desplazó en el suelo un anillo de metal de 4 pulgadas de diámetro, estando el anillo a la altura deseada se apelmazó en las orillas del borde interno con los dedos para evitar infiltraciones fuera del área.
- b. Se cubrió con una lámina de plástico, se aplicó 444 ml de agua, se quitó la lámina de plástico para que el agua empezara a penetrar al suelo, llegando a una pulgada de altura del cilindro, se registró el tiempo transcurrido en la hoja de datos del suelo, hasta consumirse por completo el agua en el anillo.

- c. Se realizó una repetición de infiltración, solamente que ahora se aplicaron 888 ml de agua al anillo, realizando el ensayo con una altura dos pulgadas del cilindro, realizando los pasos del ensayo anterior.
- d. Se registraron las evaluaciones de infiltración en la hoja de control de datos del suelo.

F. Ensayo de Desleimiento

- a. El ensayo de desleimiento mide la estabilidad del suelo cuando es expuesto a una humectación rápida y es medido en fragmentos o agregados secados al aire.
- b. Se recogieron cuidadosamente fragmentos de la superficie del suelo, se tomaron 6 agregados de cada lote, colocándolos en cada cesto tamizado.
- c. Se colocaron los cestos en tamiz en la caja de compartimiento con dos 2 cm de profundidad de agua.
- d. Se observaron los fragmento de suelo por **cinco minutos** (ver figura 9 para estimar la clases del 1 al 3. **S**).
- e. Se realizó esta técnica cada cinco minutos para terminar en la clase a la cual pertenecía, con un total de cinco inmersiones
- f. La estabilidad del suelo fue evaluada según el tiempo requerido por el fragmento para desintegrarse durante una inmersión de cinco minutos (clase 1-3) y la proporción de fragmentos remanentes sobre el tamiz después de cinco ciclos de extracción-inmersión (clase 4-6). (ver figura 9).

- g. Se registraron las evaluaciones para los 6 fragmentos o agregados en la hoja de control de datos de suelo.

Clase de Estabilidad	Criterios para asignación en clases de estabilidad (para "Caracterización Estándar")
0	El suelo es demasiado inestable para ser muestreado (pasa a través del tamiz)
1	50% de la integridad estructural se pierde al cabo de 5 segundos de inserción en agua.
2	50% de la integridad estructural se pierde al cabo de 5-30 segundos de inmersión.
3	50% de la integridad estructural se pierde al cabo 30 – 300 segundos de inmersión.
4	10-25% de suelo permanece en el tamiz después de 5 ciclos de inmersión.
5	25-75% de suelo permanece en el tamiz después de 5 ciclos de inmersión.
6	75 –100 % de suelo permanece en el tamiz después de 5 ciclos de inmersión.

Fuente: USDA; 1999.

Figura 9. Criterios para asignación en clases de estabilidad

a. cavar el pozo

- i. Se realizó un pozo de 40 cm, con profundidad de 1 pie cuadrado.
- ii. Se midió la profundidad del horizonte superficial.
- iii. Se realizaron medidas de 0 a 4 in, 4 a 8 in y 8 a 16 in, observando el cambio de color en cada medida.

b. Observación de raíces

- i. Se observaron las raíces de las plantas en el pozo y en la muestra de suelo.
- ii. Las características en las que se prestó mayor atención fue el apelmamiento de las raíces, o raíces que crecen hacia los costados.

- iii. La falta de pelos radiculares indica escasez de oxígeno en la zona radicular, asimismo el crecimiento lateral indica la presencia de una capa dura o una capa compactada.

H. Cobertura del suelo

- a. Se realizó un marco de madera de un metro cuadrado con maya con una distancia de 20 cm. por cada cuadro.
- b. Se colocó el marco en la superficie del suelo, buscando un área plana.
- c. Se tomaron fotografías para luego ser analizadas en gabinete.
- d. Una vez tratadas, las fotografías pasan a ser muestreadas visualmente en pantalla para determinar el porcentaje de cobertura y darle el valor designado.

Los indicadores para evaluar las condiciones saludables del cafetal, en su mayoría fueron por medio de una entrevista realizada al encargado de la finca y con la ayuda de fotografías para evaluar el indicador, exceptuando los siguientes:

I. Monitoreo de plagas y enfermedades.

El método utilizado para la identificación de enfermedades fue elaborado por el Ingeniero Agrónomo Aldo Orlando López Salguero, Coordinador del Departamento de Sostenibilidad de EXPORTCAFE S.A. guiado y avalado por monitoreo de ANACAFE.

- a. Basada en el método de monitoreo de enfermedades realizados en Exportcafé S.A. se tomaron 10 puntos de muestreo al azar, haciendo caminamiento total, en cada punto se tomaron dos plantas, una al lado izquierdo y otra al lado derecho.
- b. Las hojas tomadas de la planta de café fueron de la siguiente manera:

- ✓ Tres hojas del estrato inferior
 - ✓ Cuatro hojas del estrato medio
 - ✓ Tres hojas del estrato superior
- c. Por cada bandola evaluada, se anotó el número de hojas con presencia de roya, determinando el porcentaje de daño ocasionado, posicionando el área evaluada en la escala de 0 a 5 (ver figuras 10 y 11).

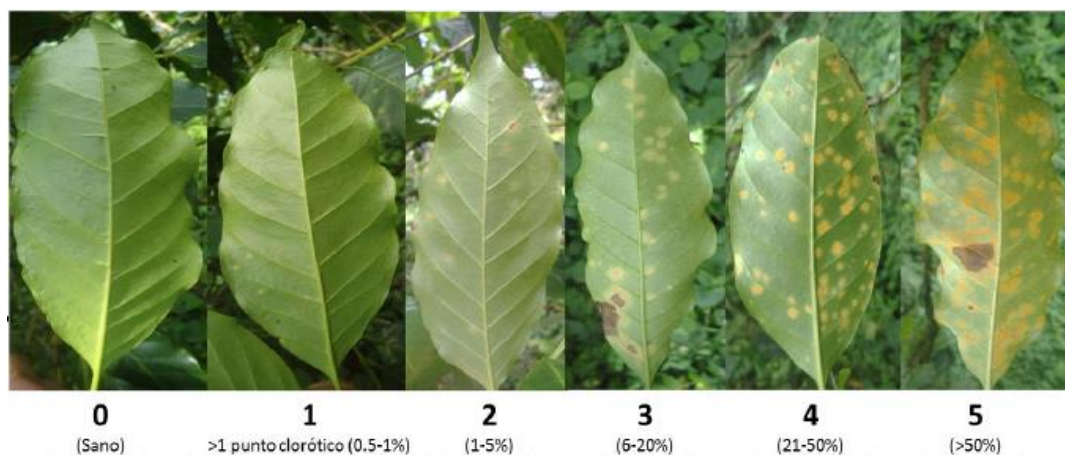
Asimismo se determinó mancha de hierro, antracnosis, ojo de gallo, frutos con broca y cercospora.

- d. Se anotó la información en el formato de monitoreo de plagas y enfermedades.

CLASES	HOJA (% DAÑO)
0	Sano sin síntomas visibles
1	>1 punto clorótico (0.5-1%)
2	1-5 % de área afectada
3	6-20 % de área afectada
4	21-50 % de área afectada
5	> 50% de área afectada

Fuente: Google, 2016

Figura 10. Escala de severidad de roya



Fuente: Google, 2016

Figura 11 Escala de severidad de roya

J. Determinación del porcentaje de infección por sitio

Se separan las hojas infectadas y las hojas sanas, y el porcentaje de infección en el sitio se determina dividiendo el número de hojas infectadas entre el total de hojas de la muestra (200), multiplicado por cien.

El índice de infección se anota en la boleta de muestreo correspondiente. La fórmula del porcentaje de infección (% IR) es:

$$\% \text{ IR} = \frac{\text{Hojas infectadas por sitio}}{\text{Total hojas de la muestra}} \times 100$$

K. Muestreo de suelo

- a. Guiada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, el tipo muestreo fue; muestra simple, el cual está catalogado para fines de investigación.
- b. Se tomaron cuatro muestras al azar, a una profundidad de 30 cm, la toma de muestra fue en forma de zig-zag.

- c. Se unificaron las cuatro muestras al azar, luego se identificaron.
- d. Se realizó el muestreo en las tres parcelas y ya identificadas se enviaron al laboratorio de suelo-planta-agua “Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos De Guatemala.
- e. El muestreo tuvo como objetivo conocer el tipo de textura, carbono orgánico, materia orgánica y relación carbono/nitrógeno de cada una de las parcelas evaluadas.

5.3 Fase de gabinete final.

A. Obtención de resultados de campo.

Obtenidos los datos en campo se procedió a realizar el diagrama de AMEBA para determinar el nivel de sostenibilidad del sistema agroecológico de café de la Finca San Fernando.

B. Interpretación de resultados de campo.

Obtenido el diagrama de AMEBA se discutió el estado de calidad del suelo y la salud de la plantación de café de la finca, obteniendo el nivel de sostenibilidad del agroecosistema de café.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 7 se encontrara los resultados de monitoreo de la Parcela El Campo, el cual presenta un 84 % de incidencia de infección, en la Parcela El Campo esto es debido a la susceptibilidad a enfermedades como la roya, antracnosis, ojo de gallo, mancha de hierro y cercospora en fruto como ser observa en la fotografías 2 y 3, estableciéndose con valor de 1, dentro del cuadro resumen 14.

En los cuadros 7, 8 y 9 encontraremos el monitoreo de plagas y enfermedades de la parcela el Campo, La Torre y Las 80 Cuerdas.

Cuadro 7. Monitoreo de plagas y enfermedades Parcela El Campo

Plaga/ Enfermedad	Limite Máximo	No. de puntos de muestreo										Totales
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Roya	7%	8	6	8	9	10	7	5	6	4	6	6.9 %
Antracnosis	5%	2	0	1	0	0	1	1	0	0	2	0.7 %
Ojo de Gallo	5%	4	2	2	5	1	0	2	0	2	0	1.8 %
Cercospora (fruto)	5%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0 %
Mancha de Hierro	5%	2	0	2	1	1	0	0	1	1	3	1.1 %
Broca	5%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0 %

Plaga/ Enfermedad	Limite Máximo	No. de puntos de muestreo										Totales
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Roya	7 %	6	7	5	1	6	3	5	6	5	3	4.7 %
Antracnosis	5 %	0	2	1	0	0	1	1	1	2	0	0.8 %
Ojo de Gallo	5 %	0	0	2	3	0	0	0	1	0	0	0.6 %
Cercospora (fruto)	5 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0 %
Mancha de Hierro	5 %	2	2	0	2	4	1	4	1	3	1	2.0 %
Broca	5 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0 %

Fuente: elaboración propia, 2016

168

% IR= $\frac{\quad}{200} \times 100 = 84 \%$ índice de infección

200

Debido a los problemas de roya, cercospora en fruto, ojo de gallo, mancha de hierro y antracnosis se estima un 88.5 % de incidencia de infección en La Parcela 80 Cuerdas, como se determina en el cuadro 8, obteniendo un valor de 1, del cuadro resumen 14 debido a que se establece más del 50 % de plantas con alto nivel síntomas.

Cuadro 8. Monitoreo de plagas y enfermedades Parcela Las 80 Cuerdas.

Plaga/ Enfermedad	Limite Máximo	No. de puntos de muestreo										Totales
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Roya	7%	4	7	5	10	9	9	8	2	9	4	6.7 %
Antracnosis	5%	1	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0.5 %
Ojo de Gallo	5%	4	1	1	4	2	1	2	4	3	0	2.2 %
Cercospora (fruto)	5%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0 %
Mancha de Hierro	5%	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0.4 %
Broca	5%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0 %

Plaga/ Enfermedad	Limite Máximo	No. de puntos de muestreo										Totales
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Roya	7 %	9	3	6	6	4	5	5	3	5	2	4.8 %
Antracnosis	5 %	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0.6 %
Ojo de Gallo	5 %	2	3	3	6	4	1	2	2	0	0	2.3 %
Cercospora (fruto)	5 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0 %
Mancha de Hierro	5 %	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0.2 %
Broca	5 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0 %

Fuente: elaboración propia, 2016

177

% IR= $\frac{\quad}{200} \times 100 = 88.5 \%$ índice de infección

200

Se determinó 55 % de índice de infección en la parcela La Torre esto es debido al perjuicio de roya, antracnosis, ojo de gallo, mancha de hierro y cercospora en fruto, estableciéndose con valor de 1, del cuadro resumen 14 debido a que más del 50 % de la plantación presenta síntomas mencionadas con anterioridad.

Cuadro 9. Monitoreo de plagas y enfermedades finca La Torre

Plaga/ Enfermedad	Limite Máximo	No. de puntos de muestreo										Totales
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Roya	7%	1	0	2	1	4	1	2	4	1	2	1.8 %
Antracnosis	5%	2	1	3	2	0	1	0	1	0	1	1.1 %
Ojo de Gallo	5%	0	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1.3 %
Cercospora (fruto)	5%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0 %
Mancha de Hierro	5%	0	0	0	2	1	2	0	0	1	0	0.6 %
Broca	5%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0 %

Plaga/ Enfermedad	Limite Máximo	No. de puntos de muestreo										Totales
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Roya	7 %	1	0	3	3	0	2	2	3	5	5	2.4 %
Antracnosis	5 %	2	1	0	0	0	2	2	0	2	2	1.1 %
Ojo de Gallo	5 %	1	5	2	0	1	2	3	0	1	1	1.6 %
Cercospora (fruto)	5 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0 %
Mancha de Hierro	5 %	0	8	0	0	0	2	1	0	0	0	1.1 %
Broca	5 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0 %

Fuente: elaboración propia, 2016

110

% IR= $\frac{110}{200} \times 100 = 55 \%$ de índice infección

20

En los cuadros 10 y 11 se presenta la prueba de infiltración y cantidad de lombrices por metro cuadrado, realizadas en las tres parcelas evaluadas.

Cuadro 10. Prueba de infiltración

INFILTRACIÓN (PARA 1 PULGADA DE AGUA)						Fecha: 06 de marzo de 2016			
NO.	Sitio de muestreo	1ra. Pulgada de agua		(w) 1er. Tiempo de infiltración (minutos)	1era. Infiltración (in/hr)	2da. Pulgada de agua		(w) 2do. Tiempo de infiltración (minutos)	2da. Infiltración (in/hr)
		Hora de inicio	Hora de Finalización			Hora de inicio	Hora de Finalización		
1	Las 80 Cuerdas	08:36	08:48	13 minutos	4.61	8:49	9:29	39:30 minutos	1.53
2	La Torre	10:21	10:27	5:03 minutos	11.92	10:28	10:42	13:06 minutos	4.59
3	El Campo	12:04	12:18	13:22 minutos	4.53	12:19	12:45	30:21 minutos	1.98

Fuente: elaboración propia, 2016

Infiltración pulgadas por hora (in/hr).

“La velocidad de infiltración es una medida de cuán rápidamente el agua penetra en el suelo. El agua que penetra demasiado lentamente puede provocar anegamiento en terrenos planos o erosión por escurrimiento en campos en pendiente”

Se observa en el cuadro 10 que la velocidad de infiltración en la Parcela El Campo y Las 80 Cuerdas es moderadamente rápida y la parcela La Torre muestra una velocidad de infiltración rápida, a pesar de tener una textura arcillosa, pero pedregosa lo cual favorece la infiltración con facilidad (ver fotografía 20 A). Los milímetros por hora en esta evaluación están representados de la siguiente manera, indicando y confirmando el tipo de suelo al cual corresponden; Las 80 Cuerdas = 38.86 mm/h suelo medios, El Campo = 50.29 mm/h suelo medios y La torre = 116.59 mm/h suelo ligero.

Que un suelo posea lombrices tiene las ventajas de aumentar la actividad microbiana, fertilidad del suelo y el mejoramiento de las características del mismo (ver cuadro 11).

Cuadro 11. Prueba de número de lombrices por pie cuadrado.

ACTIVIDAD BIOLÓGICA			Fecha: marzo 2016	
Nº.	Sitio de muestreo	Lombrices o invertebrados que viven en la superficie	Lombrices o invertebrados que viven en la profundidad	Total, de lombrices Nº. por pie cuadrado
1	Las 80 cuerdas	0	0	0
2	La Torre	0	0	0
3	El Campo	1	0	1

Fuente: elaboración propia, 2016

“La prueba de desleimiento mide la estabilidad del suelo cuando es expuesto a una humectación rápida. Este ensayo es cualitativo y debe ser medido en fragmentos o agregados secados al aire”.

En la prueba de desleimiento establece un rango de estabilidad de 0 a 6 como se determina en el cuadro 11. La clase de 0 a 3 que representan una inestabilidad de agregados inestables, la clase 4 presenta una cierta estabilidad, pero poca resistencia en los agregados y la clase 5 y 6 representa agregados estables. El rango de La Parcela 80 Cuerdas se establece en la clase 4, presentando una mayor estabilidad, pero con poca resistencia, en comparación a la clase 5 a la cual pertenece la parcela El Campo y La Torre, presentando mejor estabilidad de agregados. La estabilidad de los agregados puede ser afectados por el contenido de materia orgánica, tipo de textura, velocidad de infiltración y aireación del suelo.

En el cuadro 12 se presenta la prueba de desleimiento donde se determina el nivel al que debe de pertenecer los agregados del suelo evaluado de las distintas parcelas.

Cuadro 12 Prueba de desleimiento

PRUEBA DE DESLEIMIENTO								
N0	Sitio de Muestreo	Evaluación Individuales de Desleimiento del Suelo						Evaluación promedio de Desleimiento del Suelo
		2	5	2	5	4	3	
1	Las 80 Cuerdas	2	5	2	5	4	3	3.50
2	La Torre	4	6	6	3	6	4	4.8
3	El Campo	6	4	3	6	5	6	5.0

Fuente: elaboración propia, 2016

Debido al análisis químico realizado en el laboratorio de suelo-planta-agua “Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y al análisis de suelo de macronutrientes y micronutrientes de la finca proporcionados por el propietario, se obtuvieron los resultados, proyectados en el cuadro 13.

Cuadro 13 Análisis químico de suelo de la parcela La Torre, El Campo y 80 cuerdas

Descripción	La Torre	EL campo	80 Cuerdas
Materia orgánica (%)	2.96	7.77	3
Carbono orgánico (%)	1.72	4.5	1.74
Nitrógeno (%)	0.25	0.56	0.26
Relación carbono/nitrógeno	6.9:1	8.0:1	6.7:1
Arcilla (%)	49.22	30.32	34.52
pH	4.54	5.1	4.49
Aluminio (meq)	2.25	0.9	1.5
Fosforo (ppm)	87	36	100
Calcio (meq)	3.4	11.5	4.9
Magnesio (meq)	1.6	3.7	2.2
Potasio (ppm)	174	270	265

Fuente: elaboración propia, 2016

Como se observa en el cuadro 13, las parcelas evaluadas presentan problemas de acides y pH bajo, determinándose un suelo de ácido a muy ácido, teniendo dificultad en el desarrollo del cultivo, retención de nutrientes, desarrollo radicular, entre otros, pero presenta un valor significativo en relación a los elementos nutricionales que posee el suelo.

El carbono orgánico es uno de los principales componentes de la materia orgánica, determina la calidad que tiene el suelo, su nivel de sustentabilidad, su capacidad productiva, favorece la agregación del suelo, aumenta la capacidad del intercambio catiónico y pueden ser fuente o reservorios de nutrientes.

La materia orgánica contribuye al mejoramiento de la estructura, aireación, retiene humedad, mejora la infiltración y aumenta la capacidad de amortiguar los problemas de toxicidad o deficiencias que puede presentar un suelo.

Para fines del estudio se determina que la parcela El Campo, a pesar de ser un suelo ácido, tiene la ventaja de obtener alta cantidad de materia orgánica que funciona como amortiguador ante los problemas presentes de alcalinidad y pH altos. Las parcelas La Torre y Las 80 Cuerdas presentan un porcentaje bajo de materia orgánica, elementos nutricionales bajos, alta alcalinidad, bajo pH, grado de arcilla alta, estas parcelas presentan un suelo con problemas de aireación, fertilidad, infiltración, propenso a ser menos sostenible en el transcurso del tiempo.

La sostenibilidad de las variables de evaluación está sujeta al valor ponderado en cada uno de ellas, siendo 1 el valor menos deseable, 5 un valor medio y 10 el valor deseado para alcanzar un nivel sostenible.

En el cuadro 14 se presenta el resumen de los resultados y ponderación asignada por cada prueba realizada de los indicadores calidad de suelo y salud de la plantación.

Cuadro 14 Valores asignados a los indicadores de calidad de suelo y salud en un cultivo de café convencional en la finca San Fernando, Aldea Isnul, Huehuetenango.

Indicadores	Valor	Valor	
		La	EL
Calidad del suelo	80	Torre	Campo
1 Estructura	5	5	10
2 Compactación e infiltración	5	10	5
3 Profundidad del suelo	5	1	10
4 Estado de residuos	10	5	10
5 Color, olor y materia orgánica	5	5	10
6 Desleimiento	5	5	10
7 Cobertura de suelo	10	5	5
8 Erosión	5	5	5
9 Actividad biológica	1	1	1
10 Desarrollo de raíz	5	5	5
Promedio	5.6	4.7	7.1
Salud del cultivo	80	La	EL
		Torre	Campo
1 Apariencia	5	5	5
2 Crecimiento del cultivo	5	1	10
3 Resistencia o tolerancia al estrés	5	5	5
4 Incidencia de plagas y enfermedades	1	1	1
5 Competencia por maleza	10	5	1
6 Rendimiento actual o potencial	1	1	1
7 Diversidad genética	1	5	5
8 Diversidad vegetal	10	10	10
9 Técnicas de conservación de suelo	5	5	5
10 Sistema de manejo	5	5	5
Promedio	4.8	4.3	4.8

Fuente: elaboración propia, 2016

La Parcela La Torre está formado por el 45 % de arcilla, tiene una elevada retención de agua y nutrientes, posee una baja porosidad y por lo tanto carece de aeración, muestra gran resistencia para la penetración de las raíces, posee una rápida infiltración a pesar de ser de textura arcillosa, el suelo pedregoso ayuda a la facilidad de infiltración, la prueba de infiltración refleja que este suelo puede realizar 4.59 pulgadas por hora. Esta parcela contiene 2.96 % de materia orgánica, 1.72 % de carbono orgánico el cual no permite ser buen amortiguador a los problemas de toxicidad de aluminio, estabilidad de agregados y erosión. Con la prueba de desleimiento se determinó que los agregados pertenecen a una clase 5, teniendo agregados estables.

La plantación presenta decoloración, poco crecimiento, ramas y tallos delgados (ver fotografías 22 A), su recuperación a enfermedades, plagas y clima es lenta, presenta 55 % de índice infección a enfermedades fitopatológicas, poca presencia de residuos orgánicos (ver fotografía 23 A) alta competencia con maleza (ver fotografía 25 A).

La Parcela 80 Cuerdas está constituida por una textura Franco arcillosa, 3 % de materia orgánica lo que perjudica para contrarrestar el daño ocasionada que presenta el alto grado de acidez en el suelo, déficit de carbono orgánico con 1.14 % presente, el cual perjudica al bajo nivel de materia orgánica. Los agregados se encuentran en una clase 4 lo que representa estabilidad pero poca resistencia, esto podría mejorar con la aplicación de materia orgánica.

La Parcela 80 cuerdas presenta deficiencia de nutrientes, bajo desarrollo (ver fotografía 27 A y 28 A), tolerancia a estrés lenta, presenta 88.5 % de índice de infección por problemas fitopatológicos, poca competencia con maleza (ver fotografía 29 A) cobertura de suelo admisible (ver fotografía 30 A) con poco desarrollo de raíz.

La Parcela El campo está formada con una textura Franco arcillosa, contenida con 7.77 % de materia orgánica y 4.5 % de carbono orgánico, suelo ácido pero amortiguado por el alto nivel de materia orgánica. Se tiene una velocidad de infiltración de 1.98 pulgadas por hora, los agregados pertenecen a una clase 5 en la prueba de desleimiento reflejando agregados estables y poca presencia de actividad biológica.

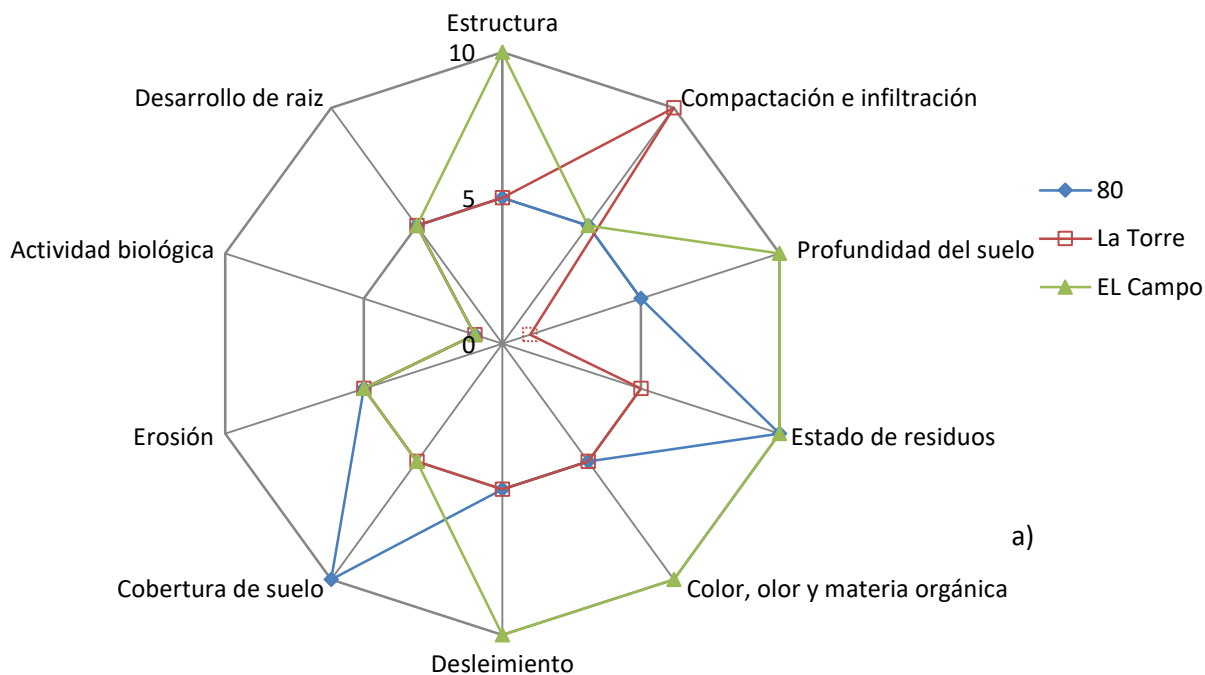
La plantación refleja una apariencia moderadamente aceptable, excelente crecimiento (fotografía 17A y 18A) presenta 84% de índice de infección por enfermedades fitosanitarias, su recuperación es lenta, tiene un alto nivel de competencia por malezas (fotografía 6) y tiende un mejor desarrollo de raíz.

La finca presenta un diversidad genética baja, constituida por tres variedades; Caturra, Catuai y Borbon, con pocas técnicas de conservación y rendimiento bajo respecto al rendimiento de la zona, obteniendo 2.69 quintales abajo de lo reportado de la zona.

En las figuras 12 y 13 siguientes, conocida como análisis de AMEBA, muestra el patrón gráfico respecto a la calidad del suelo (a) y salud del cafetal (b) en finca San Fernando.

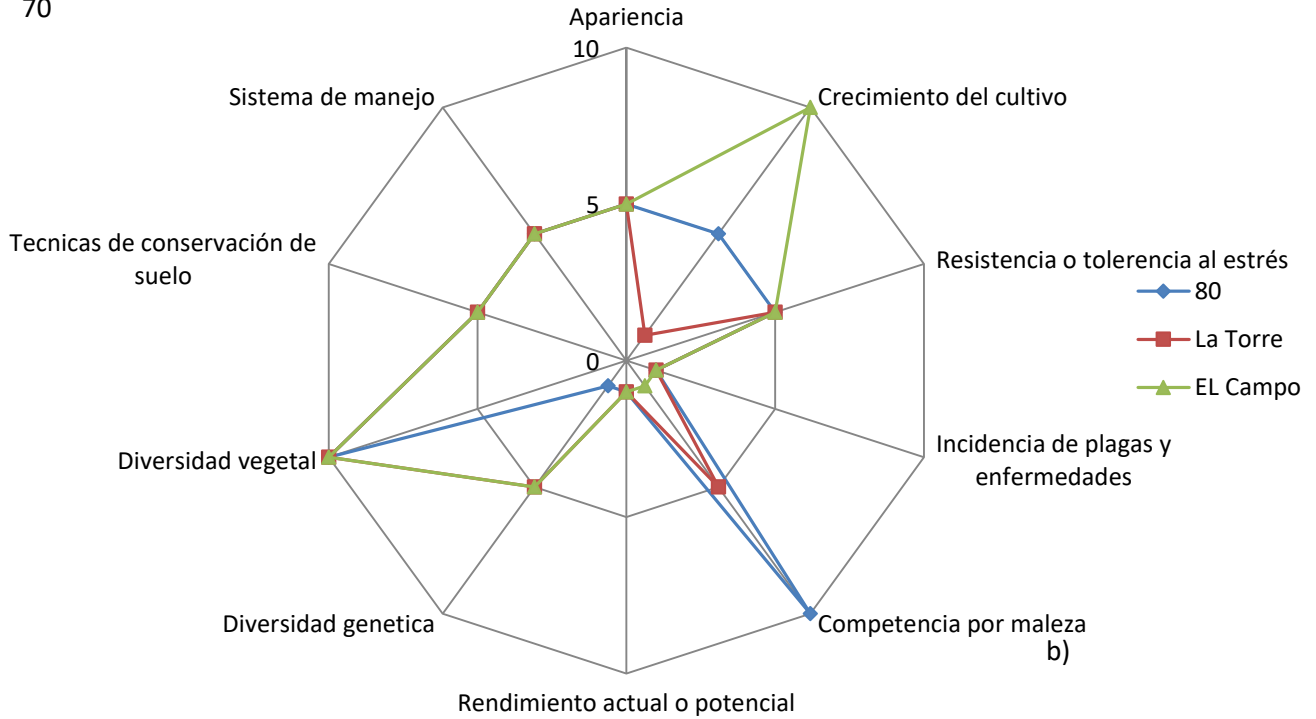
En la figura 12, se muestra el análisis respecto a la calidad de suelo de las tres parcelas evaluadas, la parcela La Torre representa el promedio más bajo con 4.7, las 80 Cuerdas con 5.6 y con el mayor promedio de 7.1 la Parcela El Campo.

En las figuras 12 y 13 se presenta el resultado con un diagrama de ameba, identificando la ponderación obtenida de los indicadores evaluados.



Fuente: elaboración propia, 2016

Figura 12 Análisis de ameba sobre la calidad del suelo



Fuente: elaboración propia, 2016

Figura 13 Análisis de ameba respecto a la salud de la plantación

En cuanto a la figura 13 se muestra el análisis ameba respecto a la salud del cafetal, representando mejor promedio Las 80 Cuerdas y El Campo, pero se posiciona un umbral sostenible bajo.

Como se observa en la figura 12 las parcelas son deficientes de actividad biológica, desarrollo de raíz, bajo nivel de materia orgánica, y porcentajes bajos de residuos en el suelo. Estas condiciones sobre la calidad de suelo se ven reflejadas en la planta del cafeto, teniendo como consecuencia plantas débiles, crecimiento, apariencia y vigor afectado, pérdida de suelo, problemas de enfermedades y plagas.

El manejo del cafetal está dando como resultado un umbral de sostenibilidad no deseado, esto lleva como consecuencia el tener una producción baja respecto a la zona de ubicación de la finca.

El mejoramiento de umbral sostenible estará sujeta a la implementación de materia orgánica como compost o lombricompost, implementar otras variedades de café para contrarrestar el efecto de plagas y enfermedades, implementar más técnicas de

conservación como diques de contención, árboles frutales y maderables dentro de las parcelas y límites de las mismas, zanjas de infiltración, renovación de cafetales, manejo de poda en cafetos y coberturas de suelo como pastos y legumbres.

Dado los resultados de análisis químico del suelo es necesario realizar aplicaciones de encalado para los problemas de toxicidad de aluminio, como podría ser la utilización de cal dolomítica ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$) o yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) siempre considerando las dosis recomendadas. La función de la cal dolomítica radica en que neutraliza los ácidos del suelo, aporta calcio y magnesio y modifica el pH, ahora el yeso aporta azufre y calcio, neutraliza los ácidos y no es modificador del pH.

Es considerable realizar aplicación de materia orgánica para la parcela La Torre y Las 80 Cuerdas, aplicación de nitrógeno un 100 % y aplicación de 25 % de potasio para lograr un suelo con mayor sostenibilidad y producción.

7 CONCLUSIONES

1. Dado el análisis de ameba a la calidad de suelo, se determinó que la parcela El Campo representa un mejor manejo sostenible, obteniendo un umbral 7.1, ya que representa un suelo friable con agregados estables en clase 5 de estabilidad en la prueba de desleimiento, con un suelo superficial a más de 10 cm, suelos pardos, olor a tierra fresca, con 7.7 % materia orgánica 4 % más que las otras parcelas evaluadas, 4.5 % de carbono orgánico, 0.57 % de Nitrógeno y con estados de residuos en distintos niveles de descomposición. Se determinó para las otras dos parcelas; un umbral medio de 5.6 en la Parcela 80 Cuerdas y un umbral bajo de 4.7 en la Parcela La Torre ya que las ponderaciones establecidas están en 1 y 5 en la escala de evaluación propuesta para esta investigación, las parcelas tiene problemas de alcalinidad, suelos ácidos con pH de 4.54 y 4.59, con poco contenido de materia orgánica, bajos niveles de calcio, magnesio y potasio, suelos con mayor contenido de arcilla, poca actividad biológica, suelos semi-desnudos con competencia de maleza y con presencia de suelo erosionados para las tres parcelas en evaluación, asimismo en la prueba de infiltración 1.5 in/h en las 80 cuerdas, 1.98 in/h en la Parcela el Campo y 4.59 in/h en la torre representando una mayor infiltración por hora, considerándose un suelo ligero.
2. La salud en la plantación de café está limitada a lograr un nivel sostenible ideal en este momento, ya que se encuentran por debajo de la media del umbral sostenible en el eje ambiental, obteniendo un promedio de 4.6 en las tres parcelas. La plantación se ve afectada por plagas, enfermedades con 55% de incidencia de infección en La Torre, 88 % en Las 80 Cuerdas y 88.5 % en El Campo, competencia de nutrientes y agua, con plantaciones verde claro con algunas decoloraciones, con tallos delgados, poco follaje, poco crecimiento y técnicas de conservación, con diversidad genética media ya que se predomina dos variedades; Catimor y Caturra que conlleva la agrupación de enfermedades y plagas específicas, aunque la finca prevalecen más de 24 especies de flora y fauna, con 90 % de manejo convencional y 5 % de manejo orgánico ya que en su fertilización está contemplado la aplicación pulpa de café.

3. Para alcanzar un nivel sostenible ambiental ideal es necesario que el productor realice un plan de mejoras considerando los indicadores con ponderaciones bajas, los cuales son; suelo superficial delgado con menos de 10 centímetros de profundidad, falta de actividad biológica debido a que no fue posible encontrar lombrices e invertebrados, plantaciones con poco crecimiento de nuevo follaje, tallos y ramas cortas en parcelas como La Torre y Las 80 Cuerdas, alto incidencia de roya entre las enfermedades con mayor perjuicio en la plantación y con un rendimiento de 2.6 quintales por hectárea de café bajo los rangos a la zona. Los suelos presentan problemas de drenaje, toxicidad por aluminio, problema de desarrolla radicular, y falta de intercambio catiónico.
4. Se determinó que en las parcelas evaluadas el estado sostenible es variable, conociendo que se aplica el mismo manejo tecnológico, esto puede ser debido a la variabilidad topográfica y edad de la plantación.

8 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda efectuar una evaluación de un agroecosistema convencional versus agroecosistema tradicional para establecerlo como faro agroecológico dentro de la zona.
2. Debido a circunstancias de tiempo y recursos se enfatizó la investigación solo en el eje agronómico y ambiental, por lo que se recomienda implementar un estudio agroecológico sostenible en el eje social y económico para conocer la relación armónica que tenga en el futuro.
3. Se recomienda realizar aplicaciones de materia orgánica para mejorar la fertilidad de suelo ser amortiguador a problemas de toxicidad y pH, hacer aplicaciones de $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ (cal dolomítica) o $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (yeso) al 100 % en la Parcela La Torre y un 50 % en Las 80 Cuerdas y para neutralizar la acidez. La cal dolomítica neutraliza, aporta calcio, magnesio y modifica el pH, en cuanto al yeso, este aporta calcio y sulfato pero no modifica el pH. Es necesario aplicaciones de potasio un 25 % y 100 % de nitrógeno, de acuerdo a las demandas del cultivo.
4. Se recomienda implementar pasto Ruzzi (*Brachiaria ruziziensis*) entre las calles de la plantación como aportador de materia orgánica, amortiguador, mejoramiento estructural y como técnica de conservación a problemas de erosión.

9 BIBLIOGRAFÍA

1. Altier, MA; Masera OM; Galván, YA. 2008. Evaluación de sustentabilidad, un enfoque dinámico y multidimensional. Valencia, España, ImagImpressions S.L. 201 p.
2. Altieri, MA; Nicholls, CL. 2002. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología no. 64:17-24.
3. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 2015. ANACAFE (en línea). Guatemala. Consultado 15 mayo 2016. Disponible en https://www.anacafe.org/glifos/index.php/P%C3%A1gina_principal
4. Baldizón Morales, RA. 2013. La caficultora campesina en Guatemala frente al acuerdo de asociación con la Unión Europea; implicaciones y perspectivas (en línea). Guatemala, CONGCOOP. Consultado 10 mar 2015. Disponible en http://www.congcoop.org.gt/images/ESTUDIO_ADA_CAFE.pdf
5. Campos-Almengor, OG; Gento-Reyes, JC; Monterroso, N; Santos Colon, D; Reyes Maldonado, JN; Mazariegos, RJ. 2013. Método de muestreo de la roya del cafeto (en línea). El Cafetal (enero). Consultado 18 feb 2015. Disponible en <http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=16TEC:Metodo-muestreo-roya>
6. Cobos, RA. 2006. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión: municipio de San Pedro Necta departamento de Huehuetenango (en línea). Tesis Lic. Econ. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Económicas. v. 1. Guatemala. Consultado 25 jul 2015. Disponible en <http://biblos.usac.edu.gt/library/skins/wx/digital.gif>
7. Fassbender, HW; Bornemisza, E. 1984. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Costa Rica, IICA. 447p.
8. Gliessman, SR. 1998. Agroecología, procesos ecológicos en agricultura sostenible (en línea). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 380p. Consultado 17 abr 2016. Disponible en https://loomio-attachments.s3.amazonaws.com/uploads/6524915db1c9bdd88f2c7cd0f69924dc/a_groecologia.pdf
9. Godínez, HI. 2006. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión: municipio de La Democracia departamento de Huehuetenango (en línea). Tesis Lic. Econ. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Económicas. v. 1. Guatemala. Consultado 18 mayo 2016. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0217.pdf

10. Gómez, G. 1894. Cultivo y beneficio del café (en línea). Revista de Geografía Agrícola no. 45:103-193. Consultado 15 mayo 2015. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/757/75726134008.pdf>
11. Macedo, B. 2005. El concepto de sostenibilidad (en línea). Santiago, Chile, OREALC / UNESCO. 4 p. Consultado 25 mar 2015. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0016/001621/162177S.pdf>
12. Porta, J; López, M; Roquero, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Barcelona, España, Mundi-Prensa. 849p.
13. RAS (Red de Agricultura Sostenible, CR). 2010. Guía de interpretación general norma para agricultura sostenible (en línea). San José, Costa Rica. 43 p. Consultado 8 mar 2015. Disponible en [http://www.san.ag/biblioteca/docs/SANS1.2S Norma para Agricultura Sostenible .pdf](http://www.san.ag/biblioteca/docs/SANS1.2S_Norma_para_Agricultura_Sostenible.pdf)
14. Sarandón, SJ; Flores, CC; Gargoloff, NA; Sánchez Valduvi, GE. 2014. Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Buenos Aires, Argentina, Universitarias Nacionales (REUN). 407 p.
15. Villa Nueva, BO. 1977. Edafología. México, Patena H.C. 291 p.
16. Villanueva, C; Sepúlveda L, JC; Ibrahim, M. 2011. Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 71-92. (Serie Técnica, Informe Técnico no. 387).
17. USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, US). 2015. Informe anual de resultados: Huehuetenango y San Marcos (en línea). Guatemala. 67 p. Consultado 16 mayo 2016. Disponible en <http://pcvr.anacafe.org/documents/10184/20760/Reporte-Tercer-A%C3%B1o.pdf/b1754cd6-778d-48d9-b0f4-1c644ab93894>
18. USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, US). 1999. Guía para la evaluación de calidad y salud del suelo (en línea). Estados Unidos. 88 p. Consultado 12 mayo 2016. Disponible en http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf

10 ANEXOS

Cuadro 15 A. Indicadores agroecológicos para medir la calidad del suelo

No.	CARACTERISTICA	Valor
1	Estructura	
	Suelo polvoso, sin gránulos visibles	1
	Suelo suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión suave	5
	Suelo friable y granular, los agregados, mantienen la forma después de aplicar presión suave, aún humedecidos	10
2	Compactación e infiltración	
	Compacto, se anega	1
	Presencia de capa compacta delgada, el agua se infiltra lentamente	5
	Suelo no compacto, el agua se infiltra fácilmente	10
3	Profundidad del suelo	
	Subsuelo casi expuesto	1
	Suelo superficial delgado, con menos de 10 cm	5
	Suelo superficial más profundo, con más de 10 cm	10
4	Estado de residuos	
	Sin presencia de residuos o leve presencia de residuos	1
	Se mantienen residuos del año anterior, en proceso de descomposición	5
	Residuos en varios estados de descomposición, residuos viejos bien descompuestos	10
5	Color, olor y materia orgánica	
	Suelo pálido, con mal olor o químico, y no se observa la presencia de materia orgánica o humus	1
	Suelo pardo claro o rojizo, con poco olor y con algún grado de materia orgánica o humus	5
	Suelo de negro o pardo oscuro, con olor a tierra fresca, se nota presencia abundante de materia orgánica y humus	10
6	Desleimiento	
	50% de la integridad estructural se pierde al cabo de 5 segundos de inserción en al agua	1
	10-25% de suelo permanece en el tamiz después de 5 ciclos de inmersión	5
	25-75% de suelo permanece en el tamiz después de 5 ciclos de inmersión	10
7	Cobertura de suelo	
	Menos de 25% del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva	1
	Menos de 50 % del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva	5
	Más del 50 % del suelo con cobertura viva o muerta	10
8	Erosión	
	Erosión severa, se nota arrastre de suelo y presencia de cárcavas y canalillos	1
	Erosión evidente, pero poca	5
	No hay mayores señales de erosión	10
9	Actividad biológica	
	Sin signos de actividad biológica, no se observan lombrices o invertebrados (insectos, arañas, centípidos, etc.)	1
	Se observan algunas lombrices y artrópodos	5
	Mucha actividad biológica, abundantes lombrices y artrópodos	10

Fuente: Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) Altieri Miguel A 2002

Cuadro 16A. Indicadores agroecológicos para medir la salud de la plantación del cafetal.

No.	CARACTERISITCA	VALOR
1	Apariencia	
	Cultivo clorótico o descolorido, con signos severos de deficiencia de nutrimentos.	1
	Cultivo verde claro, con algunas decoloraciones.	5
	Follaje verde intenso, sin signos de deficiencia.	10
2	Crecimiento del cultivo	
	Cultivo poco denso, de crecimiento pobre. Tallos y ramas cortas y quebradizas.	
	Muy poco crecimiento de nuevo follaje.	1
	Cultivo más denso, pero no uniforme, con crecimiento nuevo y con ramas y tallos aún delgados	5
	Cultivo denso, uniforme, buen crecimiento, con ramas y tallos gruesos y firmes.	10
3	Resistencia o tolerancia a estrés (sequía, lluvias intensas, plagas, etc.)	
	Susceptibles, no se recuperan bien después de un estrés.	1
	Sufren en época seca o muy lluviosa, se recuperan lentamente.	5
	Soportan sequía y lluvias intensas, recuperación rápida.	10
4	Incidencia de plagas y enfermedades	
	Susceptible a enfermedades, más del 50 % de plantas con síntomas	1
	Entre 20-45% de plantas con síntomas de leves a severos.	5
	Resistentes, menos del 20% de plantas con síntomas leves.	10
5	Competencia por malezas	
	Cultivos estresados dominados por malezas.	1
	Presencia media de malezas, cultivo sufre competencia.	5
	Cultivo vigoroso, se sobrepone a malezas, o malezas chapeadas no causan problemas.	10
6	Rendimiento actual o potencial	
	Bajo con relación al promedio de la zona.	1
	Medio, aceptable con relación al promedio de la zona.	5
	Bueno o alto, con relación al promedio de la zona.	10
7	Diversidad genética **	
	Pobre, domina una sola variedad de café.	1
	Media, dos variedades.	5
	Alta, más de dos variedades.	10
8	Diversidad vegetal	
	Monocultivo sin sombra.	1
	Con solo una especie de sombra.	5
	Con más de dos especies de sombra, e incluso otros cultivos o malezas dominantes.	10
9	Técnicas conservación de suelo	
	No se realiza ningún técnicas de conservación	1
	Se tiene uno o dos técnicas como practica de conservación en la parcela	5
	Se tiene más de dos técnicas como practica de conservación en la parcela	10
10	Sistema de manejo	
	Monocultivo convencional, manejado con agroquímicos.	1
	Monocultivo, manejado con químico y orgánico	5
	Orgánico diversificado, con poco uso de insumos orgánicos o biológicos.	10

Fuente: Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) Altieri Miguel A 2002



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 14 A. Fotografía sobre la deficiencia de nutrientes en el cafeto.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 15 A. Fotografía sobre la incidencia de roya en las hojas del cafeto



Fuente: elaboración propia, 2016

Figura 16 A Fotografía de incidencia de ojo de gallo y mancha de hierro en cafeto



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 17 A. Fotografía de crecimientos del cultivo de café en parcela El Campo



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 18 A. Fotografía sobre la apariencia del cafeto en parcela El Campo



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 19 A. Fotografía de presentación de la competencia de maleza con el cafeto



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 20 A. Fotografía sobre la estructura, desarrollo de raíz y capa superficial del suelo en la parcela El Campo



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 21 A. Fotografía de Cobertura del suelo, parcela El Campo.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 22 A. Fotografía de Crecimiento del cafeto en parcela La Torre



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura23 A. Fotografía de cobertura de suelo en parcela La Torre



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 24 A. Fotografía de apariencia del cafeto en parcela La Torre



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 25 A. Fotografía de competencia de maleza con el cultivo



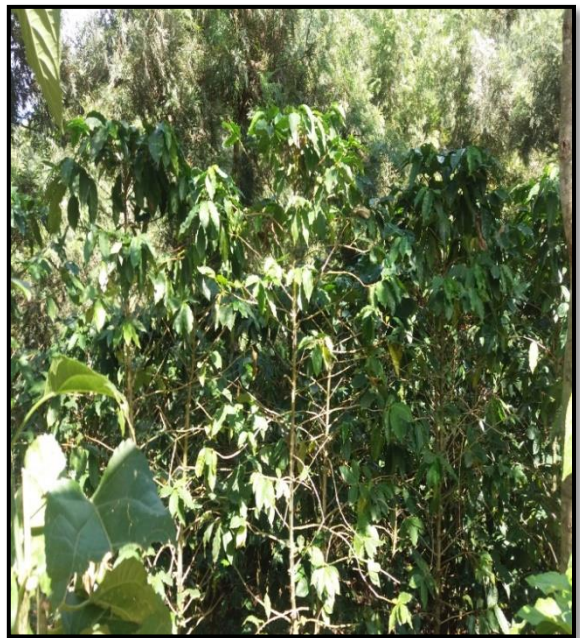
Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 26 A. Fotografía de Presentación de estructura y desarrollo de raíz en parcela La Torre



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 27 A. Fotografía de Crecimiento del cafeto en parcela las 80 Cuerdas



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 28 A. Apariencia del cultivo en parcela las 80 Cuerdas



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 29 A. Fotografía de presencia de maleza en competencia con el cultivo en parcela 80 Cuerdas



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura30 A. Fotografía de Cobertura de suelo en la parcela 80 Cuerdas.



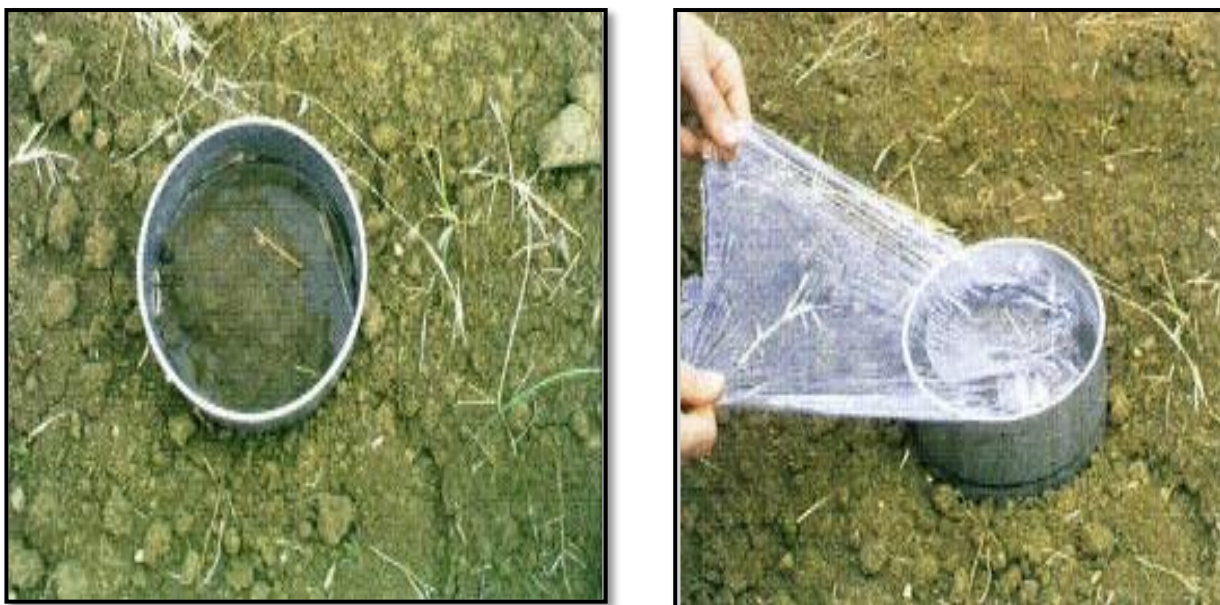
Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 31 A. Fotografía sobre la estructura, desarrollo de raíz y capa superficial del suelo en la parcela 80 Cuerdas.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura 32 A. Fotografía sobre la prueba de desleimiento en las tres parcelas en evaluación.



Fuente: USDA,1999

Figura 33 A. Fotografía sobre la prueba de infiltración



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 01/2017

LA TESIS TITULADA: "EVALUACIÓN DE INDICADORES AGROECOLÓGICOS PARA MEDIR EL ESTADO SOSTENIBLE EN EL CULTIVO DE CAFÉ, EN FINCA SAN FERNANDO HÜIXOC, ALDEA ISNUL, MUNICIPIO LA DEMOCRACIA, HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADA POR LA ESTUDIANTE: LIZBETH AMABILIA
PELÁEZ ROSALES

CARNE: 200818344

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Víctor Hermógenes Castillo Díaz
Ing. Agr. César Linneo García Contreras

El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

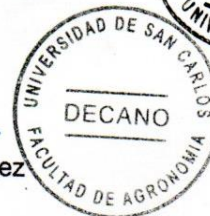
Ing. Agr. Adalberto Bladimir Rodríguez García
A S E S O R



Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DIRECCIÓN DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS
DIRECCION
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

I M P R I M A S E

Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
D E C A N O



WNR/nm
c.c. Archivo