UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

CARACTERIZACIÓN AGROECOLÓGICA Y RENTABILIDAD DE CAFETALES ORGÁNICOS ANTIGUOS BAJO UN SISTEMA AGROFORESTAL CON MANEJO SEMI-TECNIFICADO EN TURRIALBA, COSTA RICA

POR:

CARLOS DAVID ZAPATA PADILLA

TESIS

PRESENTADA A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CATACAMAS, OLANCHO **HONDURAS, C.A.**

DICIEMBRE, 2010

CARACTERIZACIÓN AGROECOLÓGICA Y RENTABILIDAD DE CAFETALES ORGÁNICOS ANTIGUOS BAJO UN SISTEMA AGROFORESTAL CON MANEJO SEMI-TECNIFICADO EN TURRIALBA, COSTA RICA

POR:

CARLOS DAVID ZAPATA PADILLA

MARIO EDGARDO TALAVERA, M.Sc.

Asesor Principal

TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CATACAMAS, OLANCHO **HONDURAS, C.A.**

DICIEMBRE, 2010

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

Reunidos en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográficas del Departamento Académico de Recursos Naturales de la Universidad Nacional de Agricultura: **M Sc. MARIO EDGARDO TALAVERA SEVILLA, M Sc. JOSÉ BAYARDO ALEMÁN, M Sc. OSCAR IVÁN FERREIRA,** Miembros del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

El estudiante **CARLOS DAVID ZAPATA PADILLA** del IV Año de la carrera de Recursos Naturales y Ambiente presentó su informe

"CARACTERIZACIÓN AGROECOLÓGICA Y RENDABILIDAD DE CAFETALES ORGÁNICOS ANTIGUOS BAJO UN SISTEMA AGROFORESTAL CON MANEJO SEMI-TECNIFICADO EN TURRIALBA, COSTA RICA"

El cual a criterio de los examinadores, Satisface este requisito para optar al título de Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los treinta días del mes de noviembre del año dos mil diez.

M Sc. MARIO EDGARDO TALAVERA
Consejero Principal

M Sc. JOSÉ BAYARDO ALEMÁN
Examinador

M Sc. OSCAR IVÁN FERREIRA
Examinador

DEDICATORIA

A mis padres;

Carlos Augusto Zapata
y
Danubia del Carmen Padilla

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** todo poderoso y creador del universo, por haberme dado la vida, por el privilegio de alcanzar esta meta y por proveer a toda mi familia lo necesario para contribuir a este logro.

A mis amados padres, **CARLOS ZAPATA** Y **DANUBIA PADILLA**, por instruirme en el buen camino y nunca dejar de apoyarme en mis decisiones, sacrificándose grandemente para llevarme hasta aquí.

A mis queridos hermanos, **KARLA, JOSÉ, LUIS FERNANDO** y a mis casi hermanos **CARLOS GILBERTO Y JESSER,** por su gran cariño y apoyo incondicional.

A mis tías, **REYNA, BLANCA Y MARY,** por estar siempre pendientes de mis compromisos estudiantiles.

A todos mis **ABUELOS, TÍOS, Y PRIMOS** que de alguna manera u otra han estado pendientes y formando parte de este sueño.

A todos las **PERSONAS CERCANAS A MI FAMILIA Y A TODOS MIS AMIGOS** en general.

A mis **15 COMPAÑEROS DE CARRERA** y a todos mis **COMPAÑEROS DE PROMOCIÓN (C-10),** por darme su hermandad y, a **NOELIA LARIOS** por su especial apoyo y compañía durante estos últimos años.

A mi alma mater, **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**, por darme la formación académica y disciplinaria; a **TODOS MIS MAESTROS** en especialmente al **DAMRNA (**Departamento Académico de Manejo de Recursos Naturales y Ambiente).

Al **CATIE** (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) por darme la oportunidad de realizar mí trabajo de investigación en su sede principal en Costa Rica.

A mis asesores principales; en la UNAG, **M.SC. MARIO EDGARDO TALAVERA** por ser el contacto para esta investigación, y en el CATIE al **M.SC. ELÍAS DE MELO VIRGINIO**. De igual manera agradezco a **TODOS LOS DE LA TERNA EXAMINADORA.**

A todos los **AMIGOS "TICOS"** que me dieron su sincera amistad durante mi estadía en ese país, sin dejar de agradecerles a **BEATRIZ ELIZONDO, LUIS ROMERO** Y **DON EVELIO** por apoyarme en las diversas actividades.

CONTENIDO

pág.

DEDICATORIA ..... **i**

AGRADECIMIENTOS ..... **ii**

CONTENIDO ..... **iv**

LISTA DE CUADROS ..... **vi**

LISTA DE FIGURAS ..... **vii**

LISTA DE ANEXOS ..... **viii**

RESUMEN ..... **x**

I INTRODUCCIÓN **1**

II OBJETIVOS **2**

2.1 Objetivo general 2

2.2 Objetivos específicos 2

III REVISIÓN DE LITERATURA **3**

3.1 La caficultura y los sistemas agroforestales 3

3.2 Café en sistemas agroforestales y manejo semi-tecnificado 3

3.3 Sombra en café 4

3.3.1 Importancia de las podas de cafetos y el manejo de la sombra 5

3.3.2 Algunas especies maderables y de servicio utilizadas en sistemas agroforestales 6

3.4 Café orgánico 8

3.5 Cafetales orgánicos bajo sistemas agroforestales 9

3.5.1 Lombrices en sistemas agroforestales 10

3.5.2 Vida útil del cafetal 11

3.6 Caracterización de sistemas agroforestales 11

IV MATERIALES Y MÉTODOS **13**

4.1 Descripción del área de estudio 13

4.2 Materiales y equipo 14

4.3 Metodología de investigación y variables a evaluar 14

4.3.1 Caracterización biofísica y productividad de los sistemas agroforestales 15
4.3.2 Rentabilidad de la finca comercial orgánica CATIE 21
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN 23
5.1 Datos generales de la finca comercial orgánica del CATIE 23
5.2 Actividades de majo realizas anualmente en la finca orgánica..... 24
5.3 Componente de sombra 26
5.3.1 Especies encontradas..... 26
5.3.2 Diámetro a la altura del pecho (DAP) de todas las especies maderables..... 30
5.3.3 Porcentajes de sombra..... 31
5.3.4 Perfiles de sombra 35
5.4 Incidencia de enfermedades..... 38
5.5 Estado productivo de cada lote en la finca..... 40
5.6 Recuento de lombrices..... 42
5.7 Cobertura de suelo 43
5.8 Análisis químico del suelo..... 45
5.9 Densidad de plantas y productividad de la finca 46
5.10 Análisis de rentabilidad de la finca comercial orgánica CATIE..... 50
5.10.1 Mano de obra..... 50
5.10.2 Ingresos anuales de la finca..... 51
5.10.4 Costos de producción y rentabilidad de la finca en base a cinco años (2005-2009)..... 53
5.10.5 Costos anuales de producción de una hectárea de café en la finca 54
VI CONCLUSIONES..... 55
VII RECOMENDACIONES 56
BIBLIOGRAFÍA 57
ANEXOS 61

LISTA DE CUADROS

pág.

Cuadro 1. Principales actividades realizadas durante el año en la finca orgánica CATIE 24
Cuadro 2. Especies arbóreas presentes en el lote "La Molina"..... 26
Cuadro 3. Especies arbóreas presentes en el lote "El Arturo" 27
Cuadro 4. Especies arbóreas presentes en el lote "109" 27
Cuadro 5. Especies arbóreas presentes en el lote "Promecafé 28
Cuadro 6. Especies arbóreas presentes en el lote "8 Calles" 28
Cuadro 7. Especies arbóreas presentes en el lote "El Beneficio" 29
Cuadro 8. Diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles maderables, en base a la suma de árboles/ha en los seis lotes 30
Cuadro 9. Incidencia de enfermedades y otras plagas en cada uno de los lotes 39
Cuadro 10. Estado productivo de los lotes de café 40
Cuadro 11. Costos de la mano de obra durante los años 2005 al 2009..... 51
Cuadro 12. Ingresos de la finca durante los años 2005 al 2009..... 51
Cuadro 13. Rentabilidad anual de la finca comercial orgánica..... 52
Cuadro 14. Costos de producción de la finca durante los años 2005 al 2009..... 53
Cuadro 15. Rentabilidad de la finca después de cinco años (2005 al 2009)..... 53

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Ubicación de las parcelas de muestreo en cada uno de los lotes 16
Figura 2. Sombra medida a través de la proyección vertical (porcentaje) 32
Figura 3. Tipos de sombra en cada uno de los lotes 33
Figura 4. Comparación de la sombra medida con dos diferentes métodos 35
Figura 5. Perfil de sombra en el lote “La Molina” 36
Figura 6. Perfil de sombra en el lote “El Arturo” 36
Figura 7. Perfil de sombra en el lote “109” 37
Figura 8. Perfil de sombra en el lote “Promecafé” 37
Figura 9. Perfil de sombra en el lote “8 Calles” 37
Figura 10. Perfil de sombra en el lote “El Beneficio” 38
Figura 11. Comparación de las categorías de plantas encontradas en cada lote 41
Figura 12. Población de lombrices encontrada en cada lote 43
Figura 13. Cobertura del suelo en cada uno de los lotes 44
Figura 14. Productividad anual de café en oro en cada lote 47
Figura 15. Producción promedio y su relación con la sombra en cada lote 48
Figura 16. Productividad de la finca durante el periodo 2005-2009 50

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo 1. Croquis para la ubicación de los árboles que aportan sombra dentro de la parcela de muestreo con 400 cafetos (20 hileras con 20 plantas) 62

Anexo 2. Demostración de la forma en que se dibujó en el croquis la sombra vertical de cada árbol..... 63

Anexo 3. Formato utilizado al momento de identificar las especies presentes en la parcela de muestreo..... 64

Anexo 4. Subdivisión de la parcela de muestreo en cuadrantes para realizar el diagnóstico de enfermedades 65

Anexo 5. Formato utilizado para el diagnóstico de enfermedades y la medición de sombra con densiómetro..... 66

Anexo 6. Formato utilizado en el muestreo de la cobertura del suelo presente en el cafetal 67

Anexo 7. Ubicación de los puntos donde se hizo el recuento de lombrices en cada cuadrante de la parcela de muestreo 68

Anexo 8. Formato utilizado en el recuento de lombrices por cada parcela de muestreo 69

Anexo 9. Formato utilizado en el diagnóstico productivo del cafetal..... 70

Anexo 10. Área de cada uno de los lotes de la finca comercial orgánica del CATIE..... 71

Anexo 11. Resultados del análisis químico del suelo realizado en el año 2005 71

Anexo 12. Resultados del análisis químico de suelo realizado en el año 2010 72

Anexo 13. Densidad de plantas y productividad de los lotes..... 72

Anexo 14. Costos de producción de una hectárea de café en la finca comercial orgánica CATIE durante el año2005..... 73

Anexo 15. Costos de producción de una hectárea de café en la finca comercial orgánica CATIE durante el año2006..... 74

Anexo 16. Costos de producción de una hectárea de café en la finca comercial orgánica CATIE durante el año2007 75
Anexo 17. Costos de producción de una hectárea de café en la finca comercial orgánica CATIE durante el año2008 76
Anexo 18. Costos de producción de una hectárea de café en la finca comercial orgánica CATIE durante el año2009 77
Anexo 19. Densiómetro de espejo, instrumento utilizado para medir el porcentaje de sombra 78
Anexo 20. Cuadro donde se realizó el recuento de lombrices 78
Anexo 21. Mapa de la finca comercial orgánica CATIE 79
Anexo 22. Imagen aérea y ubicación de la finca comercial orgánica CATIE 80

ZAPATA PADILLA, C.D. 2010. Caracterización agroecológica y rentabilidad de cafetales orgánicos antiguos bajo un sistema agroforestal con manejo semi-tecnificado en Turrialba, Costa Rica. Tesis Lic. Recursos Naturales y Ambiente, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho Honduras 80 p.

RESUMEN

En la finca comercial con café orgánico del CATIE, Turrialba, Costa Rica, en el año 2010 se desarrolló el presente trabajo con el propósito de caracterizar el manejo semi-tecnificado y la rentabilidad que se ha dado a partir del año 2005. Para la caracterización se delimitaron dos parcelas de muestreo por hectárea en cada lote y posteriormente en cada parcela de muestreo se realizaron diagnósticos de porcentaje y tipo de sombra, incidencia de enfermedades, estado productivo del cafetal, cobertura del suelo incluyendo un recuento de lombrices y por último una estimación de la densidad de plantas por hectárea. En el análisis de rentabilidad se trabajó con datos de costos e ingresos de la finca desde el año 2005 hasta el 2009. La densidad de cafetos va desde 5295 hasta 8103 plantas/ha y en el componente de sombra se diferenciaron dos de seis lotes, "El Beneficio" por tener un solo estrato de sombra (sin incluir al cultivo de café) formado por poró (*Erythrina poeppigiana*) y el lote "8 Calles" dos estratos, uno con poró y otro con cedro (*Cedrella odorata*); el resto de los lotes presentan de tres a seis estratos, formados por una mayor diversidad de especies. Las variaciones encontradas entre los lotes fueron mínimas y, en muchos de los casos son atribuidas al manejo de la sombra, encontrando un lote con sombra media ("El Beneficio"), cuatro lotes con sombra densa ("La Molina", "El Arturo", "109" y "8 Calles") y un lote con sombra muy densa ("Promecafé"); en general las mejores condiciones están en el lote con sombra media. Las plantas productivas en los lotes van desde un 58% presentes en el lote "El Arturo" hasta un 18% en el lote "Promecafé"; espacios vacíos del cafetal de un 15% en el lote "8 Calles" hasta un 8% en el lote "La Molina" y las plantas que requieren recepo de un 33% en el lote "Promecafe" hasta un 2% en el lote "La Molina". La productividad promedio de la finca es de 13 qq/ha, alcanzando una rentabilidad positiva en años alternos. Durante el periodo 2005 al 2009 se obtuvo una ganancia total de US 11,008. El manejo semi-tecnificado y orgánico registró resultados positivos, siendo capaz de producir en cafetales antiguos, reduciendo los costos de producción en más de un 50% en comparación a un sistema convencional.

Palabras claves: café, sombra, sistemas agroforestales, agroecología.

I INTRODUCCIÓN

Desde comienzos del siglo XIX Centroamérica se ha destacado por la producción de café, considerándose como la tercera región cafetalera del mundo. Desde el inicio de la caficultura en esta región los caficultores han estado experimentando en sus formas de producción para alcanzar mayores beneficios, en donde la tecnificación de las fincas ha jugado un papel importante, como ser la incorporación de la sombra y de esta manera poder hablar hoy en día de los sistemas integrales (Bertrand y Rapidel 1999).

En la finca comercial del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) desde el año 2005 se comenzó con la aplicación de prácticas agroforestales y un nivel de manejo semi-tecnificado en seis lotes con café orgánico, buscando ver la posibilidad de rescatar un cafetal antiguo e improductivo. El área con carácter demostrativo fue establecida buscando simular la situación de campo donde muchos productores cuentan con escasos recursos para un manejo intensivo y al mismo tiempo tienen cafetales antiguos. Hasta la fecha del presente estudio no se había hecho una evaluación integral de los diferentes lotes tanto considerando aspectos biofísicos como económicos.

La idea de esta investigación nació con el propósito de validar el manejo semi-tecnificado en la finca comercial orgánica del CATIE-Costa Rica y conocer la rentabilidad del sistema después de cinco años (2005 al 2009). Con esta investigación se obtuvieron resultados básicos importantes para la realización de posteriores estudios comparativos más específicos sobre los distintos aspectos de un sistema con café bajo un manejo orgánico y semi-tecnificado.

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el impacto de prácticas agroforestales en cafetales antiguos con manejo orgánico semi-tecnificado.

2.2 Objetivos específicos

Caracterizar sistemas agroforestales y manejo agroecológico en seis lotes con café orgánico semi-tecnificado.

Establecer la relación beneficio-costo de la producción orgánica de café en sistemas agroforestales después de cinco años de manejo semi-tecnificado.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 La caficultura y los sistemas agroforestales

América Latina y el Caribe han pasado por un proceso de malos usos de las tierras donde cada vez mayores cantidades de bosque se convierten en campos agrícolas o pasturas, situación que nos lleva a usar terrenos altamente degradados, donde al quedar estos suelos descubiertos se exponen a diversas condiciones climáticas que llevan a la erosión y por consiguiente al agotamiento del mismo, obligando a que se siga deforestando en busca de suelos más fértiles los cuales sufren el mismo trato convirtiéndose esto en un proceso cíclico (Solórzano 2005?). En la actualidad en estas regiones se promueve como una estrategia para alcanzar una producción agrícola ecológicamente sustentable a los sistemas integrales, como los agroforestales (SAF) (Pérez y Linares 2008).

"Los sistemas agroforestales son una forma de uso de la tierra en donde leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales; el propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción respetando el principio de sostenibilidad" (López 2007). La agroforestería debe tener como objetivos diversificar la producción, disminuir la agricultura migratoria, aumentar los niveles de materia orgánica del suelo, fijar el nitrógeno atmosférico, reciclar los nutrientes, modificar el microclima y optimizar la productividad del sistema respetando el concepto de producción sostenible (Palomeque 2009).

3.2 Café en sistemas agroforestales y manejo semi-tecnificado

Bertrand y Rapidel (1999) afirman que la caficultura en Centroamérica se desarrolla desde sus inicios alrededor de la mitad del siglo XVIII en conjunto con otros cultivos como

plátano o árboles de servicio (sombra) y también se ha practicado el cultivo a pleno sol generalmente en los cafetales con fines de exportación, donde se tenían relativamente altas densidades de siembra en comparación con los cultivados bajo sombra.

Yépez (2002) registró que los precios más bajos en la historia del mercado internacional del café sucedieron en el año 2002. Esto ha traído como consecuencia la disminución de la rentabilidad del cultivo y del poder adquisitivo de las familias campesinas dedicadas a su producción. Este autor, indica que por esta razón algunas organizaciones de productores, organizaciones gubernamentales, no gubernamentales e instituciones de investigación han promovido la diversificación de los cafetales para reducir la dependencia en el café como fuente principal de ingresos y para adaptarse a mercados especiales de café bajo sombra y café orgánico. Se pretende que los productores de estos tipos de café obtengan mejores precios que los del mercado convencional.

Un sistema de producción cuenta con un manejo semi-tecnificado cuando en el caso de un cafetal se tienen especies de un porte bajo como la variedad caturra, densidades de siembra alrededor de 5,000 plantas por hectárea, se regula la sombra, existen resiembras mínimas, las podas son selectivas, se realizan deshijes una vez al año y también se aplican fertilizantes o enmiendas pero con una menor intensidad que en un sistema tecnificado (Porras 2006).

3.3 Sombra en café

En la caficultura es posible enriquecer el dosel de la sombra con especies de valor comercial (leña, madera, frutas, etc.) o ecológico. Entre ellas podrían figurar algunas especies dendro-energéticas del género *Inga.* Es necesario identificar especies con características adecuadas para la producción de café y otros productos que favorezcan la conservación de la biodiversidad (Yépez 2002). Especies de uso múltiple como el género *Erythrina* son muy apreciadas en América Central como sombra para café y cacao,

principalmente por su adaptación agroecológica. Diferentes estudios de reciclaje de nutrientes en café y cacao bajo sombra de *Erythrina* han demostrado los valiosos aportes, así mismo se ha registrado la preferencia a este género frente a otras especies por lo rápido de su establecimiento y la gran producción de biomasa (OFI/CATIE 2003).

El café puede ser asociado con árboles maderables como laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) en cuyo caso la regulación de la sombra es limitada. Sin embargo, estos árboles producen un bien comercial, la madera. Una caída de precio del café como ha ocurrido en años anteriores garantiza al usuario del sistema cultivo/árboles maderables, por lo menos, el valor de la madera. Los árboles tienen la función de un seguro (Camero *et al.* 1995).

Entre las ventajas de la sombra en cafetales es que existe un desarrollo más lento de los frutos y en consecuencia una maduración más tardía pero pareja, además que el tamaño de los frutos es mayor y de mejor calidad; otro aspecto de mucha importancia es que se requiere menor cantidad de fertilizantes, menos deshije, menos podas de los cafetos, menos resiembra y menor control de algunas plagas (Ordoñez y Sosa s.f.). La presencia de árboles en el cafetal mejora considerablemente las condiciones del suelo. Estudios realizados con *Erythrina sp*. y café por Soto *et al*. (2007) confirman que variables como el pH, acidez, Ca, P, la estructura del suelo, la distribución de C del suelo, población de lombrices, son mejoradas incluso en un corto periodo de evaluación de cuatro años. El hecho de contar con todo lo anterior, hace que el café bajo sombra tenga ventaja frente al sin sombra, ya en el primero se reduce los costos de producción, y sin embargo el rendimiento puede ser poco variable.

3.3.1 Importancia de las podas de cafetos y el manejo de la sombra: la poda de los cafetales es una actividad fundamental dentro de las prácticas de manejo del cultivo que debe ser considerada y convenientemente planificada, para asegurar abundantes cosechas

que permitan al caficultor una alta rentabilidad a largo plazo. De hecho, la poda reduce el efecto de la bianualidad de la producción (Palma s.f).

El Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) asegura que fisiológicamente las yemas florales se forman en los crecimientos del año anterior, el fruto se desarrolla durante un año y donde ya floreció no vuelven a salir yemas florales, por eso se debe estar renovando el tejido continuamente. Existen dos tipos de poda, la poda total y la sanitaria. La poda total se usa para renovar los cafetales que poseen baja productividad, mientras que las podas sanitarias son realizadas para retirar las partes enfermas de la planta y además dar arquitectura al cafeto, permitiendo la entrada de luz y aire regulando así el microclima de la plantación previniendo enfermedades. Estos tipos de poda se pueden realizar por lotes o por planta (Porras 2006). Según estudios realizados por la FHIA (2004), la mejor época para podar el café es inmediatamente después que ha terminado la cosecha.

La poda de la sombra debe realizarse al menos una vez por año; si no se hace, la cosecha se reduce considerablemente por la limitada actividad fisiológica de la planta a causa de la falta de luz. Además, se crean condiciones muy favorables para enfermedades como el ojo de gallo (*Mycena citricolor)* que reduce drásticamente la cosecha, pues ataca hojas e incluso frutos. Otro hecho importante que justifica la regulación de la sombra, es el aporte de nutrientes que se produce al mineralizarse la materia orgánica que se genera con la poda (Ordóñez y Sosa s.f).

3.3.2 Algunas especies maderables y de servicio utilizadas en sistemas agroforestales

A. Cedro (*Cedrella odorata*): árbol que alcanza de 30-40 m de altura y de 100-300 cm de DAP (Diámetro de Altura al Pecho), posee una copa amplia y rala, pierde sus hojas en época seca. Su principal uso es la madera, aunque también es utilizada en Centroamérica como sombra para algunos cultivos agrícolas como ser el cacao y café o pastizales, también

se considera como una especie melífera. No se recomiendan plantaciones puras ya que es atacada por el barrenador del tallo (*Hypsipyla grandella*) (OFI/CATIE 2003).

B. Caoba (*Swietenia macrophylla*): árbol que alcanza de 30 a 45 m de altura habitualmente pero que puede alcanzar de 2 a 5 m DAP, los árboles mayores pueden desarrollar una copa de hasta 20 m de diámetro, sus hojas son perennes. Su madera tiene un alto valor comercial a nivel internacional, al igual que el Cedro también se utiliza como especie de sombra en sistemas agroforestales, y no se recomienda plantación pura por el ataque del barrenador del tallo. Esta especie actualmente es escaza en bosques naturales, por lo que se promueve su conservación (OFI/CATIE 2003).

C. Laurel (*Cordia alliodora*): árbol que generalmente alcanza 40 m de altura y un DAP superior a un metro, la compa es redonda a subpiramidal, de diámetro reducido, con ramificación verticilada; la sombra es poco densa y proyectada perjudicando muy poco el desarrollo de cultivos perennes. Entre sus usos se considera una especie maderable, aunque es más probable encontrarla en sistemas agroforestales aportando sombra a cultivos anuales o perennes. Su crecimiento está ligado a una buena fertilidad del suelo (CATIE 1994).

D. Poró (*Erythrina Poeppigiana*): Es una especie importante en todo tipo de sistemas agroforestales, caracterizándose por la fijación de nitrógeno y una alta aportación de hojarasca. Alcanza alturas de hasta 20 a 30 m y un DAP medio de 1.2 m, posee hojas caducas; su copa es moderadamente extensa y produce una sombra homogénea. En América Central es muy utiliza para la sombra del café. Su madera no es apta para ningún uso (OFI/CATIE 2003).

E. Guama (*Inga vera*): ésta especie es usada comúnmente para sombra de café y cacao, es un árbol siempre verde y se caracteriza por la incorporación de materia orgánica al suelo. Alcanza casi 20 m de altura y hasta 100 cm de DAP, se prefiere esta especie cuando se desea una sombra ligera, ya que posee una copa extendida compuesta por pequeñas

hojuelas. Su madera puede ser utilizada como postes, leña, carbón y a veces en muebles rústicos (CATIE 1984).

En cafetales los distanciamientos de siembra de árboles maderables (cedro, caoba y laurel) deben ser de 12 m x 14m y la de los árboles de servicio (poro y guama) de 8 m x 8m. Es recomendable que todos los árboles sean plantados dentro de la línea del café dejando libre el espacio de las calles (FHIA 2004).

3.4 Café orgánico

Desde el punto de vista productivo, el café orgánico se define como aquel sistema sostenible de producción y procesamiento en el cual no se utilizan químicos de síntesis como plaguicidas, defoliantes, herbicidas y fertilizantes, los cuales se reemplazan por métodos naturales o con mínimo riesgo para la salud de los seres vivos y que preservan el medio ambiente (Esguerra 2001). Este mismo autor señala que la producción orgánica no significa el abandono de los cafetales, por el contrario requieren de un adecuado cuidado y manejo para que sean sostenibles. Es importante contar con un correcto abonamiento donde se utilicen insumos de la misma finca como ser los restos vegetales provenientes de la poda de sombra, pulpa descompuesta y excrementos compostados de los animales.

En Veracruz México se han reportado una de las mayores producciones con 15.63 qq/ha, también se menciona que en el estado de Chiapas ha habido producciones de 7.96 qq/ha, contando con porcentajes promedios de sombra de 38% y 68% respectivamente (Escamilla *et al*. 2005). Costa Rica presenta un rendimiento promedio de café orgánico certificado de 18.7 qq/ha y en Honduras de 19 qq/ha, representado estos dos países los mayores rendimientos a nivel de Centroamérica (Villalobos 2003). Por el contario con el convencional, en Costa Rica hay un rendimiento promedio de 25.4 qq/ha (ICAFE 2010) y en Honduras alrededor de 21 qq/ha (ASONOG 2009).

En Centroamérica se produce y exportan 10,121 toneladas de café orgánico certificado que equivalen a 202,420 quintales; representando el 17.3% de las exportaciones de café orgánico a nivel de Latinoamérica y el 1.7% de la producción total en Centroamérica. Los principales destinos a los que se exporta el café orgánico centroamericano es en primer lugar a Estados Unidos, seguido por Europa y una menor cantidad a Japón (Castro *et al.* 2004). Honduras exporta alrededor de 33,220 quintales de café orgánico certificado, siendo este el 95% de la producción total de este tipo. Los principales destinos de exportación son el 68.1% para Europa, el 12.8% para Estados Unidos y el restante 19.1% para Canadá (Villalobos 2003).

3.5 Cafetales orgánicos bajo sistemas agroforestales

Morales *et al*. (2004?) recomiendan utilizar el sistema agroforestal de café como el sistema de uso más favorable para la diversidad microbiana, debido a sus condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de micorrizas arbusculares y organismos fijadores de nitrógeno, sirviendo como un referente de la calidad y salud del suelo. En relación a las características del suelo, en el sistema orgánico se ha encontrado una menor acidez, y algunos nutrientes como el cobre y calcio presentan mayor porcentaje en comparación con sistemas convencionales (Samayoa y Sánchez 2000). Los mismos autores mencionan que el calcio, magnesio, fósforo y nitrógeno contenido en el tejido foliar, en los dos sistemas de manejo (orgánico y convencional), mostraron valores adecuados sin encontrar diferencias significativas, y por el contrario, los contenidos de potasio y de zinc fueron bajos en ambos sistemas, probablemente porque en el suelo los niveles también eran bajos y en el caso del potasio, se debe considerar el antagonismo de este elemento con el calcio.

Samayoa y Sánchez (2000) realizaron estudios comparativos en la incidencia de enfermedades foliares en café orgánico y convencional, donde el primer sistema se caracteriza por el manejo de la sombra (30%-65%) y en el último la sombra era mínima (0%-30%). Referente a la retención del follaje el promedio de hojas por bandola fue superior en café orgánico; ambos sistemas presentan una mayor defoliación durante la

cosecha, considerándose tal fenómeno normal, donde el café orgánico presenta una mayor capacidad de recuperación de follaje en comparación con el convencional.

En el sistema orgánico se encontró una incidencia de la roya (*Hemileia vastatrix)* muy similar a la del convencional (19.28% y 18.21% respectivamente), esto se atribuye a que la roya se presenta en condiciones de pH alto y cobertura de sombra también alta, ya que a mayor sombra se aumenta la humedad encontrándose una mayor cantidad de agua libre en el envés de la hoja lo que favorece la germinación de las esporas. En este caso si el sistema convencional que tenía un pH alto y una sombra baja es comparado con el sistema orgánico que tenía un pH bajo y una sombra alta, podemos decir que las condiciones se han compensado para presentar incidencias de roya similares en ambos sistemas (Samayoa y Sánchez 2000). Por el contrario, estos mismos autores, señalan que la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en el sistema orgánico fue de 10.3%, siendo menor que la del convencional (21.0%); y la incidencia del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) se presentó como una enfermedad importante únicamente bajo sistema orgánico, con un promedio de 6.1 por ciento mientras que en el convencional fue de 0.1%.

En Centroamérica el porcentaje promedio de sombra en cafetales orgánicos es de un 74.4 por ciento, teniendo el porcentaje más alto Nicaragua con 80 por ciento y Guatemala el más bajo con un 67 por ciento (Castro *et al.* 2004). La sombra es un criterio importante al momento de la certificación del café, pues de esta manera se garantiza la protección de los suelos, la estabilidad climática, la captura de carbono, el mantenimiento de las fuentes de agua y la preservación de la fauna silvestre (Gonzales 2002).

3.5.1 Lombrices en sistemas agroforestales: la presencia de lombrices en el suelo es de gran importancia ya que mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas, contribuyendo con la fertilidad y por consiguiente con un mejor desarrollo de la planta. Las lombrices cavan túneles en el suelo mejorando la estructura y aireación del mismo; y digieren pequeñas partículas de suelo juntamente con materia orgánica que al ser excretadas

producen el humus, acelerando el proceso de descomposición y la disponibilidad de nutriente para la planta (Ríos 2002?).

En sistemas agroforestales de café orgánico combinado con *Erythrina* en 30 fincas del Corredor Biológico de Turrialba-Jiménez, Costa Rica; se ha encontrado un promedio, en época seca y lluviosa, de 195.56 y 264.89 lombrices por metro cuadrado respectivamente (Porras 2006). Si comparamos esas cantidades con las encontradas por George (2006) en fincas con el mismo arreglo pero con un manejo convencional, que fue de 94.22 individuos por metro cuadrado, nos damos cuenta que la mayor cantidad de lombrices se encuentra en un sistema orgánico, debido a que en estos se encuentra una mayor cantidad de alimento disponible para tales organismos, el cual es proveniente de las enmiendas aplicadas al suelo como fertilizante.

3.5.2 Vida útil del cafetal: la vida útil de un cafetal está muy relacionada a la sombra y la poda del cafeto. Rojas *et al.* (2005) confirman que la sombra incrementa la vida útil de los cafetales y de igual manera Gómez (2010) menciona que las podas en el café mantienen renovado el tejido por lo que evita la muerte de ramas primarias y raíces alargando la vida útil de la planta. En plantaciones con mucha sombra la vida útil del cafetal puede estar entre los 30 o más años, mientras que en plantaciones con poca sombra, como el caso de los cafetales convencionales esta anda entre los 12 y 15 años (Dogger 2007).

3.6 Caracterización de sistemas agroforestales

Montagnini, citado por Pérez y Linares (2008) define la caracterización como la acción de describir y analizar los aspectos naturales y sociales de un área determinada con el propósito de identificar los sistemas existentes y reconocer los problemas más importantes. Esto con el fin de poder determinar si la aplicación de tales prácticas contribuye en la solución de problemas. En conclusión el propósito de una caracterización es conocer y entender la situación existente. Para realizar una caracterización es necesario determinar

los objetivos y los límites del área; recolección de datos físicos, biológicos y socio-económicos; recopilación de datos sobre las características de los sistemas existentes; distinguir los problemas, necesidades y oportunidades existentes en el área y; analizar los datos anteriores, con el propósito de determinar si el uso del sistema agroforestal es una alternativa factible o adecuada.

Los límites del área en estudio se determinan en base a la identificación de algunos problemas presentes ya sean estos de erosión, emigración de la población entre otros, siendo necesario determinar los límites precisos pudiendo ser estos una región, una finca o un sistema de producción. Para determinar los límites del área también se debe tomar en cuenta el propósito y el nivel de detalle con el que se desea trabajar (Montagnini, citado por Pérez y Linares 2008).

De acuerdo a Montagnini, citado por Pérez y Linares (2008) la información necesaria para hacer una caracterización debe incluir tres factores esenciales: Físicos (clima, topografía), Ecológicos (suelo, vegetación) y Económicos (precios, infraestructura) pudiendo incluir otros; para consultar información se realiza mediante el uso de mapas topográficos, planos o mapas que contengan características de caminos, pendientes, ríos, datos climáticos, distribución de lluvias y toda la información que ayude a conocer el sitio.

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área de estudio

Se analizaron sistemas agroforestales de café con árboles maderables y de servicio localizados en la finca comercial del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) sede central Turrialba, Provincia de Cartago, Costa Rica. El CATIE se localiza a 4 km al sureste del cantón de Turrialba, entre los 9° 53´ latitud Norte y 88° 38´ de longitud oeste aproximadamente, y a una elevación entre 600-650 msnm (Alpizar *et al.* y Zuluaga, citados por CATIE 2005). Dichos sistemas agroforestales cuenta con un área total de 10.8 ha divididas en seis lotes: "La Molina" (5.27 ha), "El Arturo" (2.08), "109" (1.82 ha), "Promecafé" (0.83 ha), "8 Calles" (0.53 ha) y "El Beneficio" (0.26 ha).

Hasta el 2004 se tenía una precipitación mensual de 224.2 mm y una temperatura promedio de 21.8 °C, datos tomados en la estación meteorológica del CATIE (2005). La finca está dentro de la zona de vida Bosque Premontano Muy Húmedo (bpmh) según la clasificación de Holdridge (Jiménez, citado por CATIE 2005).

Entre los componentes y especies más predominantes que conforman el sistema de café orgánico en la finca comercial del CATIE se tiene: el dosel de sombra compuesto por árboles de servicio (sombra y aporte de materia orgánica al suelo) como el poró (*Erythrina poeppigiana*) y guama (*Inga vera.*); y entre los árboles maderables está el cedro (*Cedrella odorata*), caoba (S*wietenia sp.*) y laurel (*Cordia alliodora*); como cultivo se tiene al café (*Coffea arabica*) Var. Caturra.

4.2 Materiales y equipo

En la realización de este trabajo se utilizó libreta de campo, lápiz grafito, lápiz tinta, papel bond, regla graduada en centímetros, computadora, cámara digital, GPS, calculadora científica, cinta métrica, bolsas plásticas, pala, recipientes plásticos (botellas).

4.3 Metodología de investigación y variables evaluadas

La investigación se hizo abarcando dos grandes etapas: una fue la caracterización biofísica y productiva del sistema agroforestal y otra la evaluación de rentabilidad de tal sistema. La caracterización biofísica estuvo dividida en cuatro componentes como ser el diagnostico de sombra, diagnóstico de enfermedades, diagnóstico de la cobertura del suelo incluyendo un recuento de lombrices y diagnostico productivo del cafetal.

Las variables de respuesta fueron las siguientes: en el diagnóstico de sombra se determinó el porcentaje de sombra; en el diagnóstico de enfermedades se cuantificó el porcentaje de incidencia de la roya (*Hemileia vastatrix*), antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*), minador de la hoja (*Leucoptera coffella*), ojo de gallo (*Mycena citricolor*), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), mal de hilacha (*Pellicularia koleroga*) y la broca (*Hypothenemus hampei*); en el diagnóstico de cobertura del suelo se determinaron porcentajes de zacates, hojas anchas, coyolillo (*Cyperus rotundus*), buena cobertura de hoja ancha, buena cobertura de hoja angosta, hojarasca, suelo desnudo, piedras y lombrices/m^2; en el diagnóstico productivo se determinaron porcentajes de plantas productivas, plantas que requieren poda sanitaria, plantas que requieren recepo, plantas que necesitan ser renovadas y plantas recién renovadas.

4.3.1 Caracterización biofísica y productividad de los sistemas agroforestales: Se tomaron datos en parcelas de muestreo valorando aspectos de sombra, enfermedades, productividad del cafetal y cobertura de suelo incluyendo recuento de lombrices. Además, también se incluyó la medición del área total y la densidad de cafetos con que cuenta cada lote. Para hacer cada uno de los diagnósticos mencionados anteriormente, se adoptó la metodología propuesta por De Melo *et al.* (2009), la cual es utilizada para determinar la situación actual de una finca cafetalera, identificando los problemas principales de ésta para poder gestionar en base a las prioridades que presente la finca.

A la metodología de De Melo *et al*. (2009) se le hicieron algunas modificaciones de acuerdo al tamaño de los lotes. Según estos autores para realizar un diagnóstico de la situación del cafetal se debe hacer un muestreo en cada finca, el cual consistirá de 10 surcos de café con 10 plantas en cada surco (100 cafetos en total). Pero debido a que esta metodología es utilizada en ensayos de un tamaño relativamente pequeño comparado con los lotes que se evaluaron en este estudio, dicha metodología se modificó, tomando dos parcelas de muestreo por cada hectárea donde cada parcela estuvo compuesta de 20 surcos con 20 plantas cada surco (400 plantas en total)

Cada parcela de muestreo correspondía a una unidad experimental, cuyos límites eran precisamente los 400 cafetos formados por los 20 surcos con 20 cafetos cada surco quedando con un total de 19 calles (espacios entre surcos). El número de parcelas de muestreo entre un lote y otro fue variable debido a las diferencias en el tamaño de los mismos (Figura 1). Los valores obtenidos en los diagnósticos realizados en cada parcela de muestreo, fueron promediados en base a todas las parcelas de muestreo del mismo lote, obteniendo un solo valor por variable y lote. Finalmente se hicieron comparaciones descriptivas de los seis lotes.

Al determinar el número de parcelas de muestreo que iban en cada lote de acuerdo al tamaño del mismo, estas se ubicaron estratégicamente dentro del lote, en puntos donde visualmente había diferencias principalmente en el porcentaje y tipo de sombra.

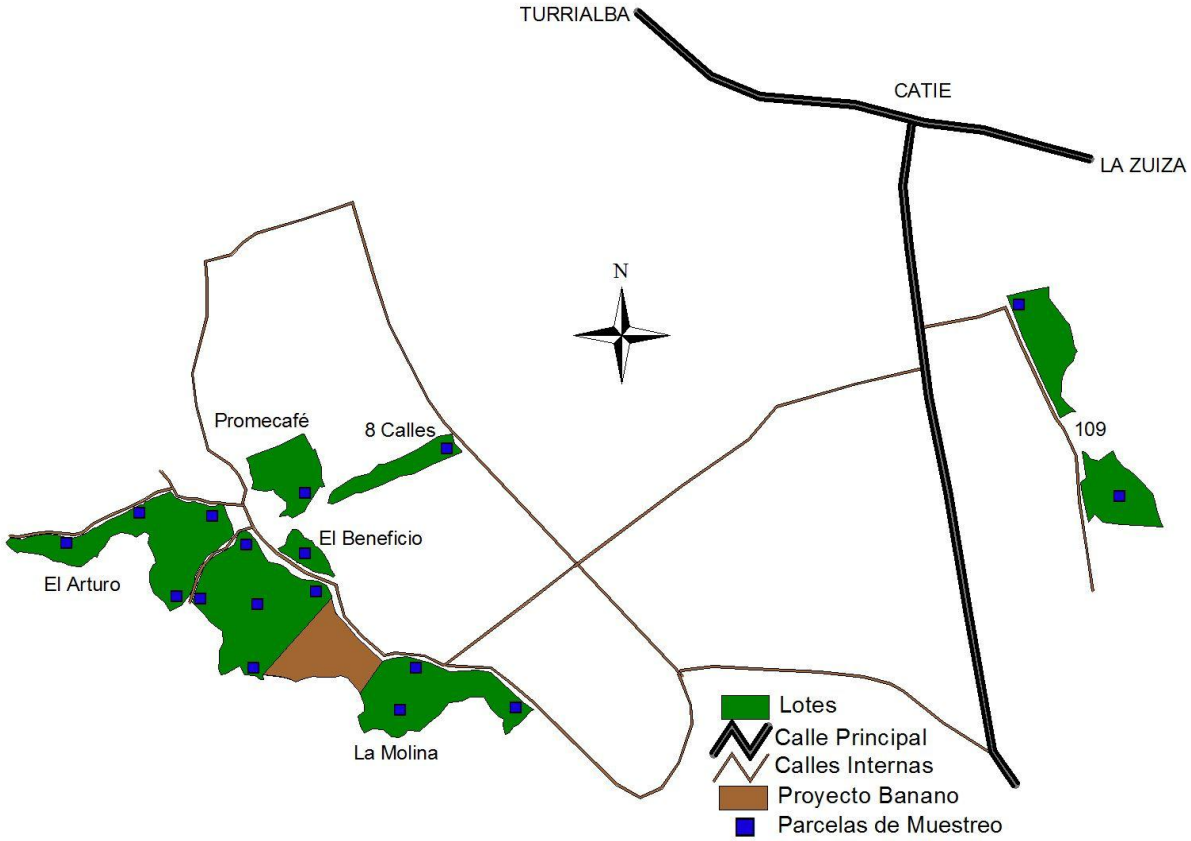


Figura 1. Ubicación de las parcelas de muestreo en cada uno de los lotes

Se trabajó en un total de 17 parcelas distribuidas en los seis lotes (Figura 1), en el lote "La Molina" existe actualmente un área aproximada de una hectárea ocupada con un ensayo de banano, el cual no fue considerado para fines de diagnósticos ya que presenta un manejo diferente al resto de la finca.

A. Diagnóstico de nivel y tipo de sombra: La sombra fue evaluada utilizando dos métodos, el primero que consistió en medir la proyección vertical de la copa de los árboles (siendo este el método principal) y el segundo fue utilizando el densiómetro de espejo, cuyo procedimiento se realizó al momento de hacer el diagnóstico de enfermedades.

El método de la proyección vertical consistió en identificar tres principales tipos o puntos de sombra, **sombra en invierno**, la cual estuvo formada por todos los árboles que aportan sombra al cafetal, tanto las especies que tienen hojas durante todo el año (especies perennifolias) como aquellas que las pierden durante la época seca (especies caducifolias); **sombra en verano**, en la cual solo se tomaron en cuenta la sombra de especies arbóreas que tienen hojas durante todo el año, sin considerar especies caducifolias; y como tercer punto se tiene la **sombra de sobreposición**, siendo esta la sombra compuesta por dos o más árboles que sus copas se sobrepusieron entre sí.

Para realizar este diagnóstico se hizo un recorrido de las 19 calles de la parcela de muestreo, con el objetivo de identificar todos los árboles que estaban dentro de esta. Se dibujó un croquis identificando la posición y número de cafetos presentes en cada muestra (Anexo 1) y, se marcó con una "X" el punto donde estaban ubicados todos los árboles que aportaban sombra a los cafetos dentro de la parcela de muestreo. A cada uno de esos árboles, se le dibujó en el croquis el área que cubría la copa en base al número de cafetos que estaban bajo esta, considerando totalmente la sombra que es proyectada verticalmente (a horas de medio día). Si el árbol era de hojas perennes el área se rellenaba con rayas paralelas, y si era caducifolio se dejaba sin ningún relleno (Anexo 2).

A todos los árboles que estaban dentro de los límites de la parcela de muestreo se les aproximó la altura, pues no se requirió precisión porque la misma solo fue útil para determinar los estratos de sombra; se obvió la altura de los árboles que estaban fuera de los límites pero que si aportaban sombra a los cafetos dentro de la parcela de muestreo. Estos últimos solo se consideraron al momento de dibujar el área de la copa. Posteriormente se identificó el número de especies que dan servicios (materia orgánica, sombra) al igual que las especies maderables a las que, además de la altura, también se les midió el diámetro a la altura del pecho (DAP). Se utilizó un formato para incluir el DAP, altura de los árboles y otros aspectos deseados (Anexo 3).

Se indicaron los porcentajes de sombra en invierno, verano y sobreposición, al igual que se estimó visualmente si la sombra presente en la parcela de muestreo era uniforme, irregular o muy irregular de acuerdo con la distribución de la misma. Por ejemplo, si de 400 cafetos, 100 estaban bajo sombra de árboles caducifolios, 50 bajo sombra de árboles perennes y 50 bajo sobreposición, entonces, sumando todos los anteriores, en esa parcela el 50% que es la sombra total, pertenecía a la sombra de invierno; para la sombra de verano, quitamos los caducifolios quedando un 25% y para la sobreposición seria un 12.5%.

B Diagnóstico de enfermedades e insectos plaga: en la parcela de muestreo con 400 plantas de café se dividió (trazando una cruz imaginaria) en cuatro cuadrantes con 100 plantas cada uno, donde se seleccionaron 10 plantas al centro de cada cuadrante, 5 en una fila y 5 en otra (Anexo 4). En cada cafeto se seleccionó una rama o bandola a la cual se le hizo el conteo de hojas enfermas, frutos con broca, número de hojas totales y numero de frutos totales, (Anexo 5). Entre una planta y otra, se alternó la altura de la bandola, por ejemplo en la primera planta se escogió una bandola de arriba y en la segunda planta una de abajo y así sucesivamente hasta terminar el recuento en las 10 plantas.

Finalmente se calculó el porcentaje de cada una de las enfermedades e insectos plaga en cada cuadrante utilizando la siguiente fórmula:

% Enfermedad o plaga = (No. de hojas o frutos infectados / total de hojas o frutos) * 100

Se obtuvieron cuatro porcentajes en total por parcela de muestreo (uno en cada cuadrante) para finalmente calcular un solo promedio.

Como se mencionó anteriormente, en este diagnóstico, también se midió el porcentaje de sombra utilizando el densiómetro de espejo, este método consistió en tomar una medición del porcentaje de sombra que había en el mismo punto donde se hizo el muestreo de enfermedades, por tanto se obtuvieron cuatro mediciones por cada parcela de muestreo

(uno en cada cuadrante) dejando finalmente el promedio. Cada punto consistió en hacer cuatro mediciones con el densiómetro; uno por cada punto cardinal, pero sin haberse movido del mismo punto. Posteriormente para calcular el porcentaje total de sombra se utilizó la siguiente fórmula:

% Sombra de un punto X = ((%Norte + %Sur + %Este + %Oeste) *1.04) / 4

C. Cobertura del suelo: para determinar el porcentaje de cobertura vegetal que cubría el suelo se utilizó la metodología denominada "Punta de Zapato" propuesta por Staver (2001) la cual consistió en tomar 16 puntos por calle hasta recorrer las 19 calles de cada parcela de muestreo. Cada punto fue marcado a través de un paso largo (aproximadamente un metro entre un punto y otro); donde caía la punta del zapato se consideraba el punto a muestrear, indicando que tipo de cobertura era la que estaba en ella. En total se tomaron 304 puntos en cada parcela de muestreo.

La cobertura se clasificó en zacates, hojas anchas, hojas angostas, buena cobertura de hoja ancha, buena cobertura de hoja angosta, hojarasca, suelo desnudo y piedras; finalmente se calculó el porcentaje de cada uno de los anteriores presentes en la parcela de muestreo, dividiendo el número de puntos en cada categoría entre 304 que fue el total de puntos (Anexo 6).

D. Recuento de lombrices: al centro de cada cuadrante donde se realizó el diagnóstico de enfermedades, se hizo el muestreo de lombrices en dos puntos (uno más cerca de la línea de cafetos y el otro al centro de la calle) (Anexo 7). Cada punto era un cuadro de 50 cm x 50 cm (0.25 m^2) por 10 cm de profundidad donde se contaron las lombrices presentes dentro de cada uno de estos (De Melo *et al.* 2009). Por cada parcela de muestreo se obtuvieron ocho puntos en total y al sumar los valores de esos ocho puntos se calculó la cantidad de lombrices presentes en dos metros cuadrados, y esa cantidad dividida entre dos nos dio el número de lombrices por metro cuadrado en toda la parcela (Anexo 8).

E. Diagnóstico productivo de los cafetales: en la parcela de muestreo se revisó cada uno de los 400 cafetos y se le asignó una sola categoría de las propuestas por De Melo *et al.* (2009) las cuales son las siguientes: planta productiva, planta que quiere poda sanitaria, planta agotada que requiere ser recepada (cortar el tronco aproximadamente a 35 cm del suelo), planta agotada que requiere ser renovada y falla física como ser un espacio vacío donde pueda estar una planta. Finalmente se calculó el porcentaje de cada categoría dividiendo el número de plantas encontradas en estas entre 400 y multiplicado por 100 (Anexo 9).

F. Medición del área total de cada lote: para conocer cuál es el área con que cuenta cada lote se utilizó un GPS (Sistema Posicionamiento Global, siglas en ingles) el cual se configuró para tomar coordenadas UTM. En campo se caminó con el GPS tomando puntos al contorno de los límites de cada uno de los lotes. Esos puntos fueron descargados en el software ArcView GIS 3.3 donde se hizo el cálculo del área de cada lote en hectáreas. Con estos mismos datos se generó el mapa de la ubicación espacial de los lotes y en general de toda la finca comercial orgánica del CATIE, utilizando el software ArcView GIS 3.3.

G. Medición de la densidad de siembra de cafetos: en la parcela de muestreo, se tomó el largo en metros de tres hileras con 20 plantas de café cada una; escogiendo la primera, la de en medio y la última hilera. En el caso de la distancia entre calles, se midió el ancho de la parcela de muestreo la cual estaba formada por 19 calles en total. Para tener una distancia promedio de siembra, se dividió el largo de cada hilera entre las 20 plantas, teniendo así tres promedios entre planta (uno por cada hilera) que al final se dejó en un solo promedio; y para la distancia entre calles se dividió el ancho de la muestra entre las 19 calles. De esta manera se obtuvo una distancia final entre planta e hilera.

Otro dato necesario para calcular la cantidad de plantas por hectárea era conocer el área de la parcela de muestreo compuesta por los 400 cafetos, como ya conocíamos el ancho de la misma y tres distancias del largo (las tres hileras), con estos datos se calcularon el área total

de la muestra. Finalmente, teniendo las distancias de siembra y el área de la muestra, se hizo el cálculo para una hectárea de café.

4.3.2 Rentabilidad de la finca comercial orgánica CATIE: en el año 2005 los estudiantes de posgrado en el curso de planificación agroforestal realizaron un diagnóstico en los sistemas de producción ganadera y café de la finca comercial del CATIE, en el cual incluyeron un análisis financiero para cada uno de estos sistemas correspondiente al periodo 2004-2005. En la presente investigación se hizo un nuevo análisis financiero de beneficio-costo, específicamente en el sistema de café orgánico. Los resultados obtenidos pudieron ser comparados con los que se obtuvieron en el diagnóstico mencionado anteriormente, en el cual se encontró un déficit de US$ 954.82 para la finca de café orgánico, atribuyendo estos resultados al bajo precio en la venta del café, por debajo del convencional y a una alta dependencia de la mano de obra permanente.

En el análisis de rentabilidad en el sistema de café orgánico del CATIE se utilizó la metodología propuesta por Gobbi (2005) y también utilizada en el diagnóstico de los estudiantes en el curso de planificación agroforestal en el mismo año. Se hicieron algunos ajustes de acuerdo a los datos con los que se contaba para este análisis, considerando los siguientes aspectos: identificación de los diferentes rubros de producción, cuantificación de los insumos utilizados en cada rubro de producción, cuantificación de los productos generados en la finca (salidas), valoración monetaria de la producción vendida y estimación de los indicadores de ingresos.

Los indicadores de ingresos fueron estimados mediante las siguientes ecuaciones:

Producción bruta:

Producción bruta = Ventas totales

Ingresos netos de la finca

Ingresos netos de la finca = Ventas totales– Costos de producción

Valor mano de obra permanente (MOP)

MOP = No. de jornales aportados por empleados permanentes x Valor jornal

Flujo en efectivo

Flujo en efectivo = Ingresos en efectivo – Gastos en efectivo

A. Relación beneficio/costo: para encontrar esta relación se dividieron los ingresos totales de la finca entre los costos de producción, si el resultado fue mayor que uno se consideró como un año rentable y si por el contrario este era inferior a uno se consideraba un año no rentable.

B/C = Ingresos anuales / costos anuales de producción

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Datos generales de la finca comercial orgánica del CATIE

El CATIE cuenta con una finca comercial dedicada a la producción agrícola y ganadera, donde uno de sus principales cultivos es el café. Estos cafetales son denominados antiguos, ya que se registra más de 30 años de edad. La finca comercial orgánica comienza alrededor del año 2000, donde una pequeña parte del área total de la finca cafetalera (un poco más de 10 ha), se destinó para darles un manejo orgánico que consistió en dejar de aplicar productos químicos sintéticos sustituyéndolos por otros considerados orgánicos. Esta finca hasta el año 2004 no estaba siendo rentable, por tanto autoridades del CATIE decidieron cerrar el proyecto a como estaba planeado inicialmente. A partir del año 2005 la administración de la finca comercial de café orgánico está a cargo del profesor Elías de Melo Virginio, quien reoriento el proyecto con el interés de demostrar que sí es posible producir con un cafetal antiguo con manejo orgánico. Y a partir de este año inicia el manejo llamado semi-tecnificado, el cual consiste en la regulación de sombra, aplicación de podas y deshijas una vez al año, resiembras mínimas y aplicación de enmiendas (gallinaza y broza) para la fertilización, entre otras prácticas.

Como la finca orgánica no estaba siendo lo suficientemente rentable, a partir del año 2005 los trabajadores permanentes se redujeron de cinco a dos, los cuales hasta la fecha son los encargados de dar todo el manejo agronómico. Se contrata mano de obra temporal solamente en los tiempos de cosecha del café. Es importante resaltar que antes del año 2005 la productividad fue de 12 qq/ha y a partir del 2005 se incrementó a 20 qq/ha.

Se determinó que la finca comercial orgánica del CATIE cuenta con una superficie de 10.79 ha dividida en seis lotes; El lote "La Molina" tiene un área de 5.27 ha, el lote "El Arturo" 2.08 ha, el lote "109" 1.82 ha, el lote "Promecafé" 0.82 ha, el lote "8 Calles" 0.53 ha y el lote "El Beneficio" 0.26 ha. Estas son áreas actualizadas ya que anteriormente se contaba con una aproximación (Anexo 10).

5.2 Actividades de majo realizas anualmente en la finca orgánica

Las actividades anuales realizadas son diversas, algunas como la deshija de café no está siendo coordinada en el tiempo, ya que esta se extiende hasta el mes de noviembre (Cuadro 1) y si la planta no fue deshijada ni podada antes de florear, esta pierde el vigor reduciendo la cantidad de flores afectando la producción. El hecho que no se realicen las actividades de poda y deshije a tiempo se le atribuye a que la mano de obra es de cierta manera insuficiente. El cuadro uno muestra cuáles son los meses donde se realiza cada una de las actividades de manejo de la finca.

Cuadro 1. Principales actividades realizadas durante el año en la finca orgánica CATIE

ACTIVIDADES	MESES											
	E	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Podas de café	x	x	x	x	x							
Deshija			x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Resiembra	x	x	x	x	x							
Manejo de la sombra	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Control de hierbas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fertilización	x	x	x	x	x	x						
Control de broca	x	x	x	x	x	x	x					
Cosecha	x						x	x	x	x	x	x

Fuente: Control de actividades diarias durante los años 2005 al 2009, CATIE.

5.2.1 Control de malezas: el control de malezas es una actividad que se realiza durante todo el año. Se utiliza tanto machetes como guadañas (chapiadoras de motor). El control de malezas se realiza de manera selectiva, buscando dejar en el suelo aquellas coberturas consideradas como buenas, que contribuyen en la protección del mismo.

5.2.2 Control de la broca (*Hypothenemus hampei*): el control de broca se lleva a cabo de tres formas distintas; una es colocando trampas con algún atrayente específico, también se utiliza el llamado graniteo de broca que consiste en un método manual donde se arrancan los granos que han sido infestados por esta plaga y por último se tiene la aplicación del hongo *Beauveria bassiana* (5 kg en 200 litros de agua) el cual es considerado un controlador biológico de la broca.

5.2.3 Manejo de la sombra: los árboles de sombra, en general los porós, son manejados de tres formas de conformidad con la necesidad del arreglo; una es la poda que consiste en cortar totalmente las ramas de los árboles, otra es podar sin eliminar completamente las ramas y otra es el anillado que consiste en cortar la corteza de las ramas al contorno en forma de anillo, que con el paso del tiempo estas se secarán y caerán. Este último es muy utilizado ya que se invierte un menor tiempo en comparación con la poda que también es más costosa.

5.2.4 Fertilización: la fertilización es una de las actividades que debido a que es muy costoso conseguir grandes cantidades de fertilizantes orgánicos, nunca se aplica en todos los lotes, sino que un año se aplica en unos y el siguiente año en los demás con el fertilizante que no se le aplicó el año anterior. Los tipos de fertilizantes o enmiendas utilizadas en la finca orgánica son las siguientes: gallinaza (500 g/planta), broza (1 kg/planta), KMAG (20 g/planta) y la cal ($CaCO_3$). También se utiliza un fertilizante foliar llamado Súper Magro, que es aplicado juntamente con el hongo *Beauveria bassiana* (2 litros en 200 litros de agua).

5.2.5 Manejo de tejido: aquí se incluyen las actividades de poda de cafetos, resiembra y deshija. La poda y deshije se realiza todos los años, comenzando inmediatamente después que ha terminado la cosecha. En el caso de la resiembra, esta es una actividad que no se aplica en su totalidad, habiendo una resiembra muy mínima.

5.2.6 Cosecha: esta actividad es la única donde se utiliza mano de obra temporal y así los empleados permanentes puedan seguir con el resto de las actividades de manejo. En ocasiones cuando la cosecha es muy alta o no se tienen suficientes cosechadores también se involucran los empleados permanentes a dicha actividad si es necesario.

5.3 Componente de sombra

5.3.1 Especies encontradas: la sombra en esta finca está compuesta tanto por especies maderables como de servicio(o uso múltiple). Entre las maderables se encuentra el cedro (*Cedrella odorata*), caoba (*Swietenia sp.*), laurel (*Cordia alliodora*), eucalipto (*Eucalyptus sp.*); y en las de servicio la que predomina es el poró (*Erythrina poeppigiana*), encontrando también guaba (*Inga vera*), güizaro (*Psidium guineense)*, cítricos (*Citrus sp.*), musáceas (*Musaceae sp.*) entre otras (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies arbóreas presentes en el lote "La Molina"

Especie	Arboles/ha	Porcentaje
Maderables		
Cedro	88	
Laurel	2	
Eucalipto	2	
Subtotal	**92**	**27**
Servicio		
Poró	230	
Güízaro	2	
Musácea	10	
Cítrico	7	
Subtotal	**249**	**73**
Total	**341**	**100**

En el lote “La Molina” el 73% de las especies encontradas corresponden a árboles de servicio y el restante 27% corresponde a especies maderables. La especie dominante es el poró (*E. poeppigiana*) representando el 67% del total de árboles y el 92% de las especies de servicio (Cuadro 2).

Cuadro 3. Especies arbóreas presentes en el lote “El Arturo”

Especie	Arboles/ha	Porcentaje
Maderables		
Cedro	12	
Laurel	40	
Eucalipto	4	
Subtotal	**56**	**14.7**
Servicio		
Poró	293	
Mango	4	
Musácea	4	
Cítrico	24	
Subtotal	**325**	**85.3**
Total	**381**	**100**

En el lote “El Arturo”, el 85.3% de las especies encontradas corresponden a árboles de servicio y el restante 14.7% corresponde a especies maderables. Siendo la especie dominante el poró representando el 77% del total de árboles y el 90% de las especies de servicio (Cuadro 3). Este lote juntamente con “La Molina” son los dos lotes con la mayor diversidad de árboles maderables y de servicio.

Cuadro 4. Especies arbóreas presentes en el lote “109”

Especie	Arboles/ha	Porcentaje
Maderables		**41.5**
Caoba	159	
Laurel	23	
Subtotal	**182**	
Servicio		**58.5**
Poró	181	
Inga	68	
Cítrico	8	
Subtotal	**257**	
Total	**439**	**100**

En el lote “109” el 58% de las especies encontradas corresponden a árboles de servicio y el 42% corresponde a especies maderables. Al igual que los lotes anteriores, la especie dominante es el poró, representando un 41% del total de árboles y el 70% de las especies de servicio (Cuadro 4).

Cuadro 5. Especies arbóreas presentes en el lote “Promecafé

Especie	Arboles/ha	Porcentaje
Maderables		
Cedro	119	
Subtotal	**119**	**24**
Servicio		
Poró *Cítrico*	338 40	
Subtotal	**378**	**76**
Total	**497**	**100**

En el lote “Promecafe” las dos especies de servicio encontradas conforman el 76% de este tipo y el 24% corresponde a especies maderables. El poro predomina con un 68% del total de árboles y con un 89% de las especies de servicio (Cuadro 5).

Cuadro 6. Especies arbóreas presentes en el lote “8 Calles”

Especie	Arboles/ha	Porcentaje
Maderables		
Cedro	142	
Subtotal	**142**	**36.9**
Servicio		
Poró	243	
Subtotal	**243**	**63.1**
Total	**385**	**100**

En el lote “8 Calles” solamente se encontró una especie para los maderables y una para los de servicio. La de servicio fue el poró que corresponde al 63% del total y, en el caso de los maderables es el cedro con 37% (Cuadro 6). El lote “El Beneficio” es el único que su sombra está compuesta por una sola especie y no presenta maderables (Cuadro 7).

Cuadro 7. Especies arbóreas presentes en el lote "El Beneficio"

Especie	Arboles/ha	Porcentaje
Maderables	**0**	**0**
Servicio	**261**	**100**
Poró	261	
Total	**261**	**100**

Está claro que el poró (*Erythrina poeppigiana*) predomina en toda la finca, esto se debe a que en Costa Rica es la especie preferida para la sombra del café por lo rápido de su establecimiento y la gran producción de biomasa (OFI/CATIE 2003), siendo estos factores importantes ya que en un menor tiempo se puede tener sombra para el cafetal y otros servicios importantes para la finca y el caficultor como ser la materia orgánica y leña. Las demás especies incluidas como servicio que fueron encontradas en la finca, se consideran como especies no plantadas, sino que han surgido naturalmente en la finca, pudiendo ser una excepción los cítricos.

Árboles maderables como el laurel (*C. alliodora*) y eucalipto (*Eucalyptus sp.*) están presentes solamente en algunos lotes de la finca, pues en el caso del Laurel en su mayoría son árboles viejos que se asume están desde el establecimiento de la finca, a excepción del lote "El Arturo" donde se encuentra una plantación joven; el Eucalipto (*Eucalyptus sp.*) solo está presente en los dos lotes de mayor tamaño ("La Molina" y "El Arturo") los cuales están establecidos generalmente en linderos.

El cedro (*C. odorata*) es la especie que predomina entre los maderables de toda la finca a excepción del lote "El Benéfico" y, "109" que es el único lote donde esta presenta la caoba. Ambas especies pertenecen a una colección de maderables que tiene el CATIE en la finca comercial, y las diferencias en su distribución posiblemente se deban a la ubicación geográfica de cada lotes (Anexo 21); "109" es un lote alejado de los demás que sí tienen cedro, y el lote "El Beneficio" que seguramente por su reducido tamaño se prefirió dejar solamente con el poró.

5.3.2 Diámetro a la altura del pecho (DAP) de todas las especies maderables: esta información es útil para hacer una estimación de cuantos árboles están en condición de aprovechar su madera y así obtener entradas económicas adicionales a la producción del café, lo cual es uno de los objetivos de un sistema agroforestal.

Cuadro 8. Diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles maderables, en base a la suma de árboles/ha en los seis lotes

Rangos de DAP (cm)	Número de árboles por especie en todos los lotes				Total	Porcentaje
	Cedro	Caoba	Laurel	Eucalipto		
0-9.9	88	53	12	n	153	**25.8**
10-19.9	71	106	28	n	205	**34.6**
20-29.9	98	n	16	n	114	**19.3**
30-39.9	92	n	n	6	98	**16.6**
40-49.9	12	n	4	n	16	**2.7**
50-59.9	N	n	4	n	4	**0.7**
60-69.9	N	n	n	n	0	**0.0**
> 70	N	n	2	n	2	**0.3**
Total de árboles correspondiente a la suma de árboles/ha en todos los lotes	**361**	**159**	**66**	**6**	**592**	**100**

Nota: n = no identificado

Se observa en el cuadro tres que al sumar los dos primeros rangos, que son los que han obtenido un mayor porcentaje de árboles, tendremos un total de 60%. Este valor nos indica que en el sistema orgánico del CATIE ese porcentaje de árboles aún no están en una edad de poder ser aprovechados (aserrados), si consideramos 20 centímetros de DAP como un valor mínimo para dicho fin. Considerando toda la finca, se encontró un promedio de DAP para la caoba, cedro, laurel y eucalipto de 11.7, 18.1, 33.0 y 37.6 centímetros respectivamente. La mayoría de las especies maderables presentan un crecimiento normal en toda la finca. Algunos árboles de caoba y cedro en ocasiones mostraban un crecimiento lento, si se considera que fueron plantados simultáneamente, una razón probable es que generalmente estaban en puntos donde la competencia con árboles más viejos es alta.

Un 40% de árboles maderables están por arriba de 20 centímetros de DAP los cuales pudieran ser cosechados. Si se hace una estimación de las tres principales especies con un mayor valor comercial, en el caso de la caoba (*Swietenia sp.*) está aún no tiene árboles que puedan ser aprovechados, el cedro (*C. odorata*) tiene un total de 371 árboles aprovechables y el laurel (*C. alliodora*) un total de 53 árboles aprovechables en toda la finca. Al calcular el volumen total de madera se obtendrían 40.78 m^3 para el cedro y 5.84 m^3 para el laurel y si se considera un precio de venta para el cedro de US 500.00 y para el laurel de US 300.00 por metro cubico[1], se percibirían US 20,390.00 y US 1,752.00 respectivamente; obteniendo un ingreso total para la finca de US 22,142.00 a beneficio de los árboles maderables. Desde luego, un aprovechamiento de este tipo tendría que basarse en un plan de manejo que considere la reposición de los árboles.

5.3.3 Porcentajes de sombra: esta es la sombra medida a través de la proyección vertical de la copa de los árboles, donde se incluye todo tipo de especies (caducifolias y perennes), por tanto esta viene a ser la sombra de invierno. En la distribución de la misma todos los lotes presentan una sombra regular, o sea poca variabilidad del porcentaje de sombra encontrado en la mayoría de los puntos muestreados de cada lote; esto en base al porcentaje promedio del lote determinado.

La finca tiene un promedio de sombra de 68.6% presentando una sombra densa, aunque se encuentra por debajo del promedio de los cafetales orgánicos en Centroamérica que es de 74.4% (Castro *et al.* 2004). La mayoría de los lotes están dentro de la categoría de sombra densa siendo el lote "Promecafé" el único en presentar una sombra muy densa y el lote "El Beneficio" el único con una sombra media (Figura 2), encontrando en este último el menor porcentaje, lo que se atribuye a que como es el lote de menor tamaño y tiene solamente una especie de sombra (poró), los trabajos de poda son realizados en un cien por ciento del lote, por lo que se puede decir que este es el que tiene un mejor manejo de la sombra.

[1] Estimación con base a los precios de la madera en Honduras durante el año 2010.

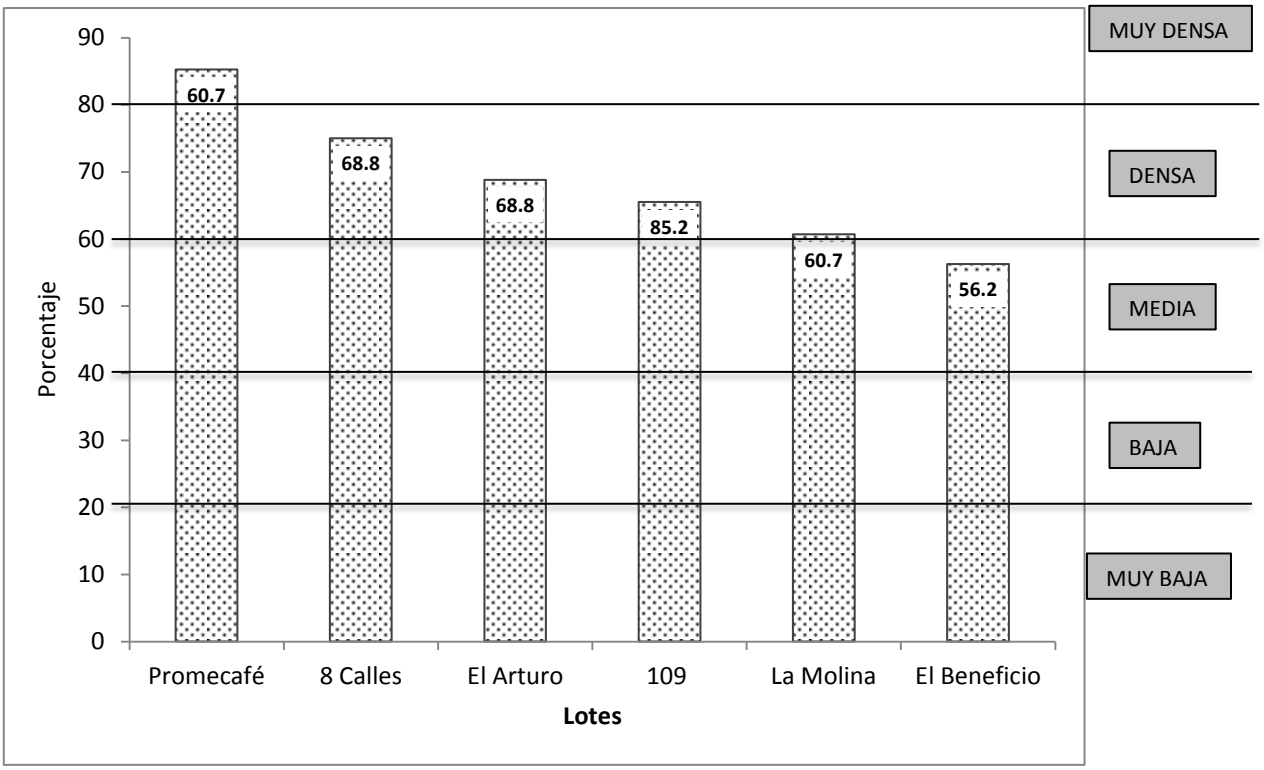


Figura 2. Sombra medida a través de la proyección vertical (porcentaje)

Se debe procurar manejar la sombra en un porcentaje medio (50% a 60%), ya que ambos extremos, muy poca sombra o mucha sombra, son perjudiciales para el cultivo. Con la poca sombra se reduce la vida útil del cafetal y además aumenta la incidencia de algunas enfermedades como ser la mancha de hierro y la antracnosis. Con una mucha sombra de igual forma se aumenta la incidencia de otras enfermedades como el ojo de gallo y la roya. Así mismo la producción puede bajar debido a la baja actividad fotosintética de la planta, pero sin duda se mejora considerablemente las condiciones agroecológicas de la finca y hay un aumento valioso de la biodiversidad en general, además que el productor obtiene beneficios económicos al reducirse la demanda de nutrientes por parte de la planta.

A. Tipos de sombra encontrados: al momento de identificar las especies de sombra que estaban en cada lote, estas fueron divididas en caducifolias que son todas aquellas que pierden sus hojas en alguna época del año y en perennifolias que son las que mantienen sus

hojas durante todo el año, obteniendo un porcentaje para cada una de ellas. También se incluyó el porcentaje de sobreposición que hay en cada lote (Figura 3).

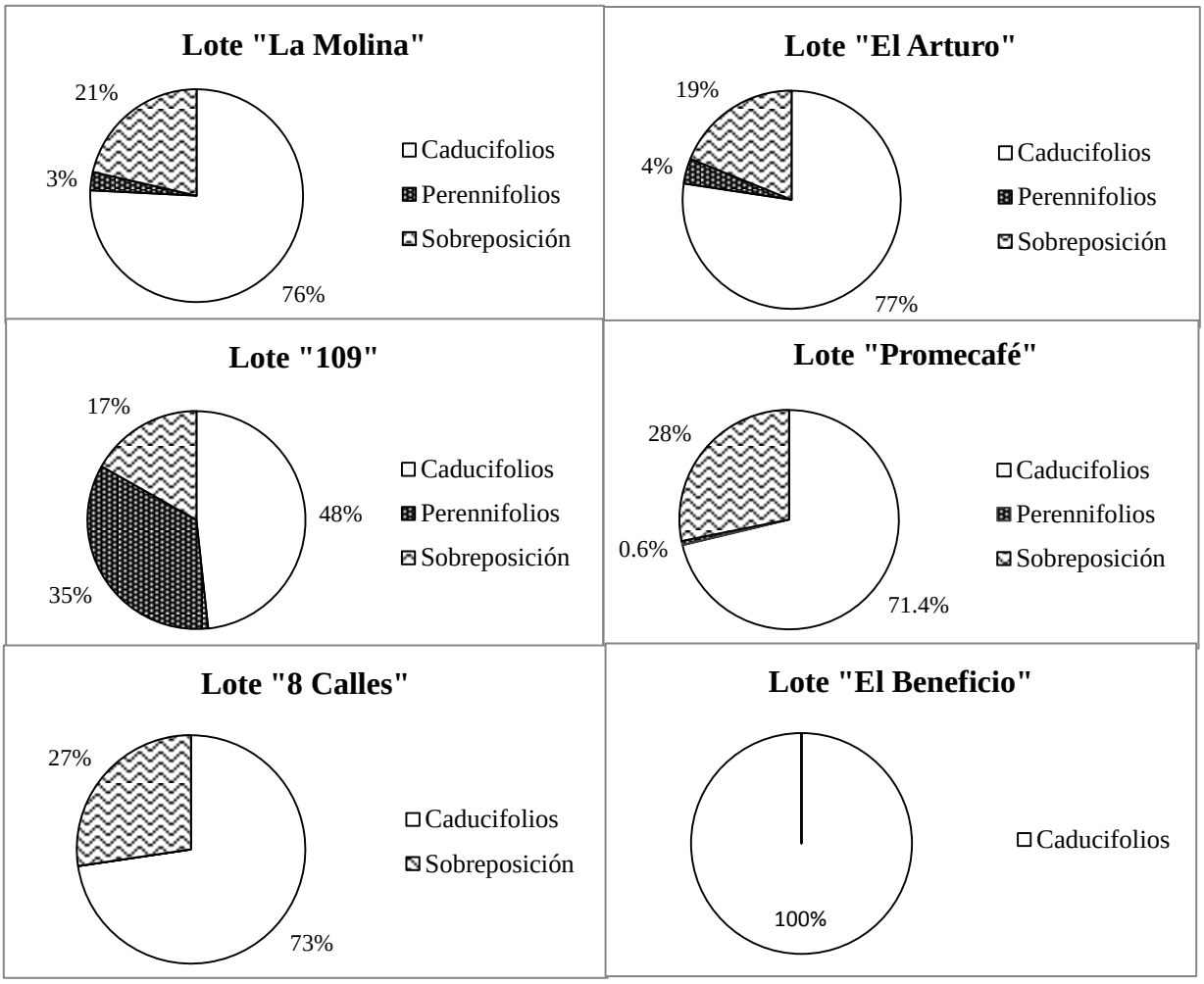


Figura 3. Tipos de sombra en cada uno de los lotes

El porcentaje de cada tipo de sombra se calculó en base al total de sombra registrada en cada lote. La sobreposición está presente en todos los lotes a excepción del lote "El Beneficio". En la mayoría de los lotes la sobreposición varia de un 20% a un 30%, siendo el lote "109" el único en encontrarse por debajo de este rango con 17%. Es evidente la dominancia de sombra de especies caducifolias debido a que el poró, especie dominante en la finca, está dentro de dicha categoría, encontrándose por arriba del 70% en cinco de seis lotes, siendo el lote "109" el más bajo con 48%. La sombra de especies perennifolias es la

más escasa, encontrándose su mayor porcentaje en el lote “109” con 35% y los más bajos en los lotes “Promecafé”, “La Molina” y “El Arturo” con 0.6%, 3% y 4% respectivamente.

Que predominen las especies caducifolias trae ventajas al cafetal ya que, durante el año, este recibe buena cantidad de luz directa importante para algunas actividades fisiológicas como la floración y además, la presencia de hojarasca en el suelo será mayor, contribuyendo a la protección del mismo y aumentando el contenido de materia orgánica. Es bueno tener siempre la combinación de caducifolias y perennes, así las últimas contribuirán a que el cafetal no esté totalmente a pleno sol en épocas de verano cuando falten las primeras. El hecho de tener una sobreposición alta en la mayoría de los lotes no es un buen indicador, pues significa dos cosas claras: una que existen muchos estratos de sombra y dos que no hay un buen manejo de la sombra en cuanto a la poda. La sobreposición provoca en los cafetos que están bajo ella un estrés por la ausencia de luz, incidiendo considerablemente en el vigor y producción de la planta.

B. Comparación de los dos métodos utilizados para medir la sombra: la sombra fue determinada a través de dos métodos, estimando la proyección vertical y utilizando el densiómetro, encontrándose diferencias bien marcadas en un 50% de los lotes de la finca entre ambos métodos (Figura 4).

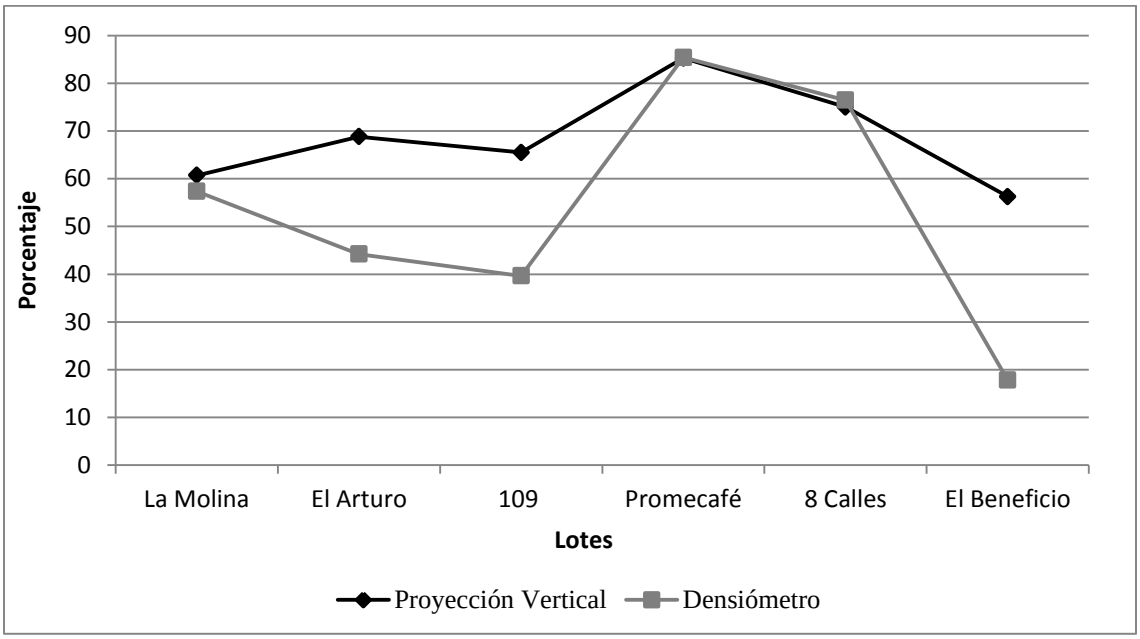


Figura 4. Comparación de la sombra medida con dos diferentes métodos

Las notables diferencias de los porcentajes de sombra en algunos de los lotes al comparar los dos métodos utilizados, se atribuyen, a que la proyección vertical abarca una mayor área para medir la sombra y por el contrario con el densiómetro solamente fueron considerados algunos puntos determinados de cada lote. Lo que hace que el resultado obtenido quizá no sea tan preciso.

5.3.4 Perfiles de sombra: se identificaron los diferentes estratos de sombra que existen en los lotes de la finca, los cuales fueron determinados en base a las alturas diferenciadas y especies encontradas en cada lote. Se tomó como primer estrato a todos los árboles que están sobre el café y como segundo a los que están por arriba del primero, y así sucesivamente todos los estratos.

Figura 5. Perfil de sombra en el lote "La Molina"

El lote "La Molina" presenta seis estratos de sombra, el primero formado por musáceas, el segundo ya sea por poró (*E. poeppigiana*) o cítricos, el tercero formado por cedros (*C. odorata*), el cuarto también por cedros de mayor tamaño, el quinto por unos pocos eucaliptos (*Eucalyptus sp.*) y el ultimo estrato formado por grandes árboles de laurel (*C. alliodora*) (Figura 5).

Figura 6. Perfil de sombra en el lote "El Arturo"

El lote "El Arturo" presenta cinco estratos de sombra, el primero formado por musáceas, el segundo ya sea por poró (*E. poeppigiana*) o cítricos, el tercero formado por laurel (*C. alliodora*), el cuarto por el cedro (*C. odorata*) y el quinto por especies como el eucalipto (*Eucalyptus sp.*) y laurel de mayor tamaño (Figura 6).

Figura 7. Perfil de sombra en el lote “109”

El lote “109” presenta tres estratos de sombra, el primero formado por el poró (*E. poeppigiana*) y algunos cítricos, el segundo estrato por caoba (*Swietenia sp.*) y el tercer estrato por grandes árboles de laurel (*C. alliodora*) (Figura 7).

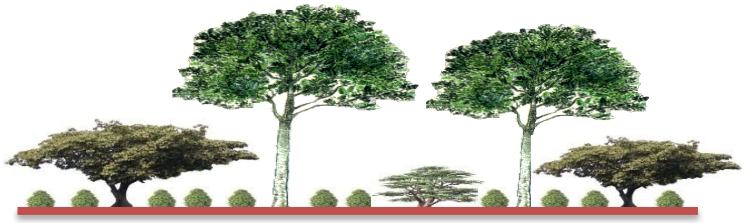


Figura 8. Perfil de sombra en el lote “Promecafé”

El lote “Promecafé” presenta tres estratos de sombra, el primero formado cítricos, el segundo por poró (*E. poeppigiana*) y el tercer estrato por maderables como el cedro (*C. odorata*) (Figura 8).

Figura 9. Perfil de sombra en el lote “8 Calles”

El lote “8 Calles” presento dos estratos de sombra, el primero formado por poró (*E. poeppigiana*) y el segundo por maderables como el cedro (*C. odorata*) (Figura 9). El lote “El Beneficio” presenta solamente un estrato de sombra formado por el poró (Figura 10).

Figura 10. Perfil de sombra en el lote “El Beneficio”

Se sabe que entre más estratos de sombra existan la cantidad de luz que ingresa al cafetal será reducida, disminuyendo la producción por planta (FAO 2006); también puede tener un efecto importante en el porcentaje de sobreposición que hay en cada lote, sobre todo si el manejo de la sombra no se realiza adecuadamente, originando un pobre desarrollo del cultivo por el exceso de sombra (UTZ 2008). En el lote “El Beneficio” por ejemplo, se tiene solamente un nivel de sombra y el mejor manejo de la misma, por tanto esto se refleja al no presentar sobreposición. En el resto de los lotes el hecho de tener dos o hasta seis estratos de sombra no tiene diferencias tan marcadas en la sobreposición, ya que influye mucho la baja densidad de árboles superiores al cuarto estrato que hay en los lotes, encontrándose estos de manera aislada.

5.4 Incidencia de enfermedades

Se encontró como las dos enfermedades que requieren una atención inmediata a la antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*) y la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), ya que se registró su incidencia en todos los lotes arriba del nivel crítico permitido (Cuadro 9). Suponemos que este efecto no está relacionado con la sombra, pues siendo así deberían presentar una baja incidencia; la mancha de hierro también puede darse por deficiencias nutricionales de la planta y la antracnosis en condiciones de mucha lluvia, al igual que

desbalances nutricionales (Macías 1998?) por tanto, estos podrían ser los factores que promueven un mayor ataque de estos hongos en esta finca.

Con menor incidencia se registraron los hongos ojo de gallo (*Mycena citricolor*) y el mal de hilacha (*Pellicularia koleroga*), enfermedades que se encuentran arriba del nivel crítico en por lo menos el 50% de los lotes (Cuadro 9). En este caso su incidencia sí se atribuye a la sombra densa, condición favorable para ambas enfermedades.

Cuadro 9. Incidencia de enfermedades y otras plagas en cada uno de los lotes

Plagas	Nivel Critico (%)	Incidencia (%)					
		Lotes					
		La Molina	El Arturo	109	Promecafé	8 Calles	El Beneficio
Roya (*Hemileia vastatrix*)	10-30	7.95	8.86	4.76	0.21	3.06	1.42
Antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*)	2	4.22	4.12	4.67	4.36	10.28	2.12
Minador (*Leucoptera coffella*)	20-30	0.57	0.25	0.19	0.83	0.00	0.35
Ojo de gallo (*Mycena citricolor*)	10	4.12	15.01	15.33	7.47	13.89	4.96
Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*)	2-10	17.19	15.68	12.19	17.01	27.22	11.68
Mal de hilacha (*Pellicularia koleroga*)	2	0.96	1.78	2.57	2.07	0.28	2.48
Broca (*Hypothenemus hampei*)	2-5	6.32	1.32	3.25	6.50	1.56	0.00

Arriba del nivel crítico Dentro del nivel crítico Bajo el nivel critico

La roya y el minador no son una amenaza para la finca. El minador de la hoja se ve favorecido por periodos secos, baja humedad, altas temperaturas y uso excesivo de fertilizantes (Rosales 1998), condiciones que no prevalecen en esta finca. En el caso de la roya esto no era lo esperado porque las condiciones del medio (sombra y humedad elevadas) favorecen el desarrollo de esta enfermedad; si se observan los resultados del análisis de suelo de esta finca durante los años 2005 (Anexos 11) y 2010 (Anexo 12) vemos que los niveles de potasio (K) han ido en aumento, por lo que lo encontrado con la roya, posiblemente se debe que a mayores niveles de potasio (K) en el suelo, disminuye el porcentaje de hojas afectadas por esta enfermedad (Silva *et al.* 2000).

En el lote “El Beneficio” no se encontró incidencia de broca seguramente por su nivel medio de sombra, donde siempre hay entrada de luz; los lotes “El Arturo” y “8 Calles” están bajo el nivel crítico. El lote “109” se encontró dentro del nivel y el resto de lotes arriba de este nivel. Las actividades de manejo para prevenir la incidencia de broca están dando resultado, pues esta plaga no representa una gran amenaza a la finca. La broca es la única en presentar los tres niveles de incidencia ya que el resto de plagas presentan extremos de incidencia sin encontrar valores dentro del nivel crítico.

5.5 Estado productivo de cada lote en la finca

Para evaluar el estado productivo de los lotes fue necesario determinar porcentajes de plantas mediante categorías establecidas para tal fin (Cuadro 10).

Cuadro 10. Estado productivo de los lotes de café

Categorías	Lotes					
	La Molina (%)	El Arturo (%)	109 (%)	Promecafé (%)	8 Calles (%)	El Beneficio (%)
Plantas productivas	55.6	58.1	51.0	17.5	48.0	55.8
Plantas que requieren poda sanitaria	2.5	4.9	5.2	4.5	3.5	4.0
Plantas que requieren recepo	1.5	10.4	11.6	33.0	5.0	8.8
Plantas que necesitan ser renovadas	6.0	5.7	9.7	6.3	5.3	6.5
Plantas recién renovadas	27.0	12.3	10.6	24.5	23.3	11.8
Falla física	7.5	8.6	11.9	14.3	15.0	13.3

Los porcentajes para cada categoría son muy similares entre un lote y otro, siendo “Promecafé” el único lote que presenta algunas diferencias notables ya que, se encontró un mayor porcentaje de plantas que requieren recepo y un menor porcentaje de plantas productivas. Es probable que este resultado esté relacionado con el exceso de sombra que se encontró en el lote “Promecafé”; estudios de la FAO (2006) aseguran que la sombra en exceso provoca el decaimiento y pérdida del vigor de los cafetos debido a la poca luz recibida, siendo esta otra de las razones por las que no se recomienda sombras muy densas.

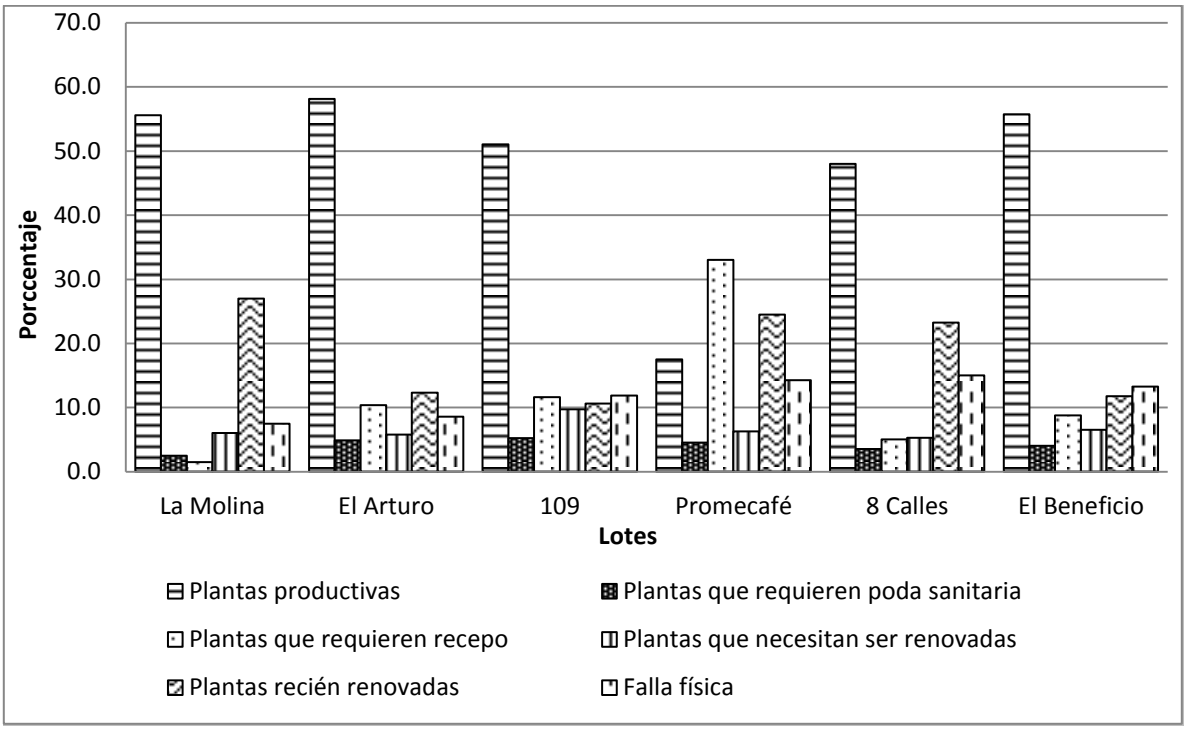


Figura 11. Comparación de las categorías de plantas encontradas en cada lote

A excepción del lote "Promecafé", las plantas productivas en los demás lotes siempre presentan los porcentajes más altos en comparación con las otras categorías (Figura 11), lo que indica que la finca en general tiene un estado productivo bueno, con un porcentaje promedio de plantas productivas arriba del 53% (sin considerar el lote "Promecafé").

Las plantas que necesitan ser renovadas junto con las que requieren de alguna poda sanitaria son dos categorías con un bajo porcentaje en todos los lotes ya que, para las primeras en ninguno de los casos excede de un 10% y en las segundas de un 5%. Con este resultado y el buen porcentaje de plantas productivas, se indica que el manejo realizado en la finca comercial orgánica responde positivamente aun en cafetales antiguos.

Los porcentajes de plantas que requieren recepo se mantienen dentro de un rango poco variable que va de 1.5 a 11.6% y como ya se mencionó anteriormente, se encontró un elevado incremento en el lote "Promecafé" con 33%. En la categoría de plantas recién

renovadas, en todos los lotes se encontró valores de un 10% hasta 27%, siendo importante aclarar que la mayoría pertenecen a plantas que han sido recepadas recientemente y una menor cantidad a plantas nuevas, o sea producto de la resiembra. Considerando lo anterior, las actividades de recepo realizadas en la finca se reflejan con buenos porcentajes, pero aun así esta queda sin completar, según lo indica el porcentaje de plantas que necesitan recepo. Es de hacer notar que esas plantas que necesitan ser recepadas normalmente tienen rendimientos bajos y, esto incide directamente con una baja en la productividad de la finca.

La falla física presenta los valores más altos en el lote "8 Calles" con 15% y los más bajos en "La Molina" con 7.5%; esto es importante porque representa el porcentaje de plantas faltantes o sea espacios vacíos en el cafetal. Este dato confirma que las actividades de resiembra en todos los lotes son mínimas, presentándose un porcentaje total de falla física en toda la finca de 11.7%, reduciéndose el área productiva a 9.52 hectáreas de 10.79 hectáreas que es el área total. Esto también tiene un impacto directo en la productividad de la finca, reduciendo el dato correspondiente a quintales por hectárea.

5.6 Recuento de lombrices

El estudio se realizó en los meses de julio y agosto, por lo que los resultados encontrados son considerados como la cantidad de lombrices presentes en época lluviosa. El mayor número de individuos por metro cuadrado se localizaron en el lote "El Arturo" con 158.8 lombrices/m^2, dato inferior al encontrado por Porras (2006) en fincas orgánicas del corredor Biológico Turrialba, de 264.89 lombrices/m^2.

George (2006) encontró en sistemas con café convencional 94.22 lombrices/m^2, población que supera lo encontrado en los lotes "8 Calles" y "El Beneficio"; esto probablemente se deba a la baja diversidad de especies de sombra en estos lotes, ya que no presentan más de dos especies. Otra razón pude ser la cantidad de hojarasca en el suelo, que ambos lotes presentan los porcentajes más bajos de hojarasca.

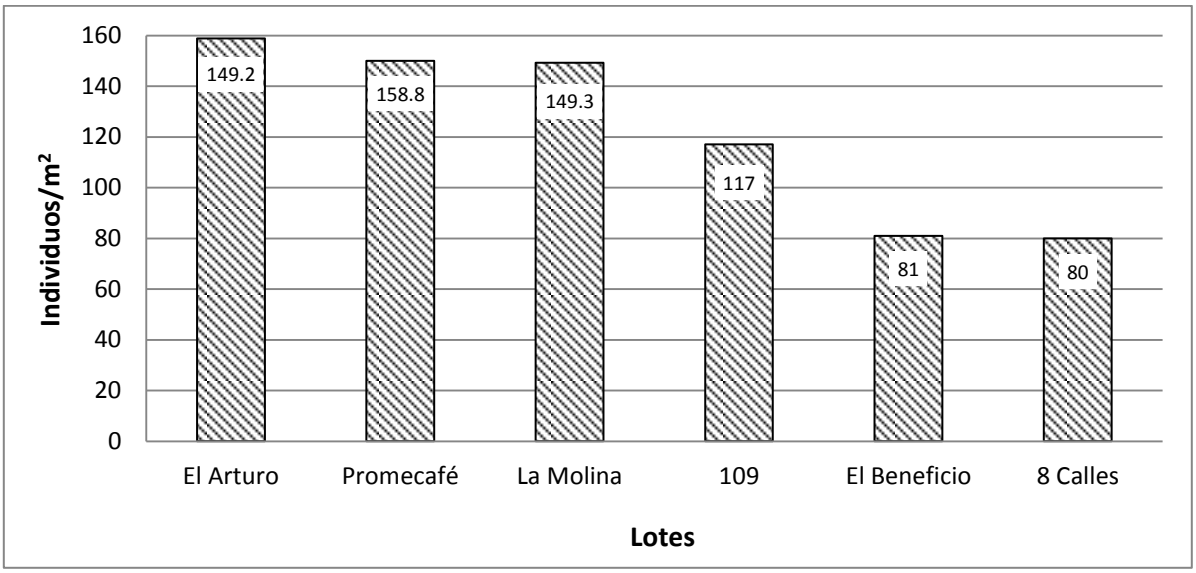


Figura 12. Población de lombrices encontrada en cada lote

En general, se considera que un suelo tiene baja cantidad de lombrices cuando la densidad es inferior a 100 lombrices/m^2, en la finca solamente dos lotes presentaron valores inferiores de 100. Sin embargo, los valores son inferiores al promedio de 264.89 lombrices/m^2 encontradas por Porras (2006) en sistemas y época similares (Figura 12). Esa diferencia probablemente esté condicionada por el pH del suelo. En este orden, Rivas (s.f.) menciona que el rango de pH en el suelo debe de estar entre 5 y 8.5 para mantener buenas poblaciones de lombrices. Los análisis de suelo realizados en la finca durante los años 2005 y 2010, muestran un pH bajo que va desde 4.7 a 5.3, encontrándose en el nivel mínimo requerido para las lombrices.

5.7 Cobertura de suelo

La hojarasca es la cobertura del suelo que predomina en todos los lotes de esta finca, encontrando el menor porcentaje en el lote "8 Calles" con un 37% y el mayor en "Promecafé" con un 58% (Figura 13). Este es un indicador muy importante de los sistemas agroforestales, porque contribuye al ciclaje de nutrientes, a través del aporte de materia orgánica y a la vez contribuye al control de malezas. El segundo aspecto importante es el

bajo porcentaje de suelo desnudo presente en todos los lotes, siendo menor a un 1.6%, evitando de esta manera los problemas de erosión hídrica del suelo que es lo que se pretende en la caficultura sostenible.

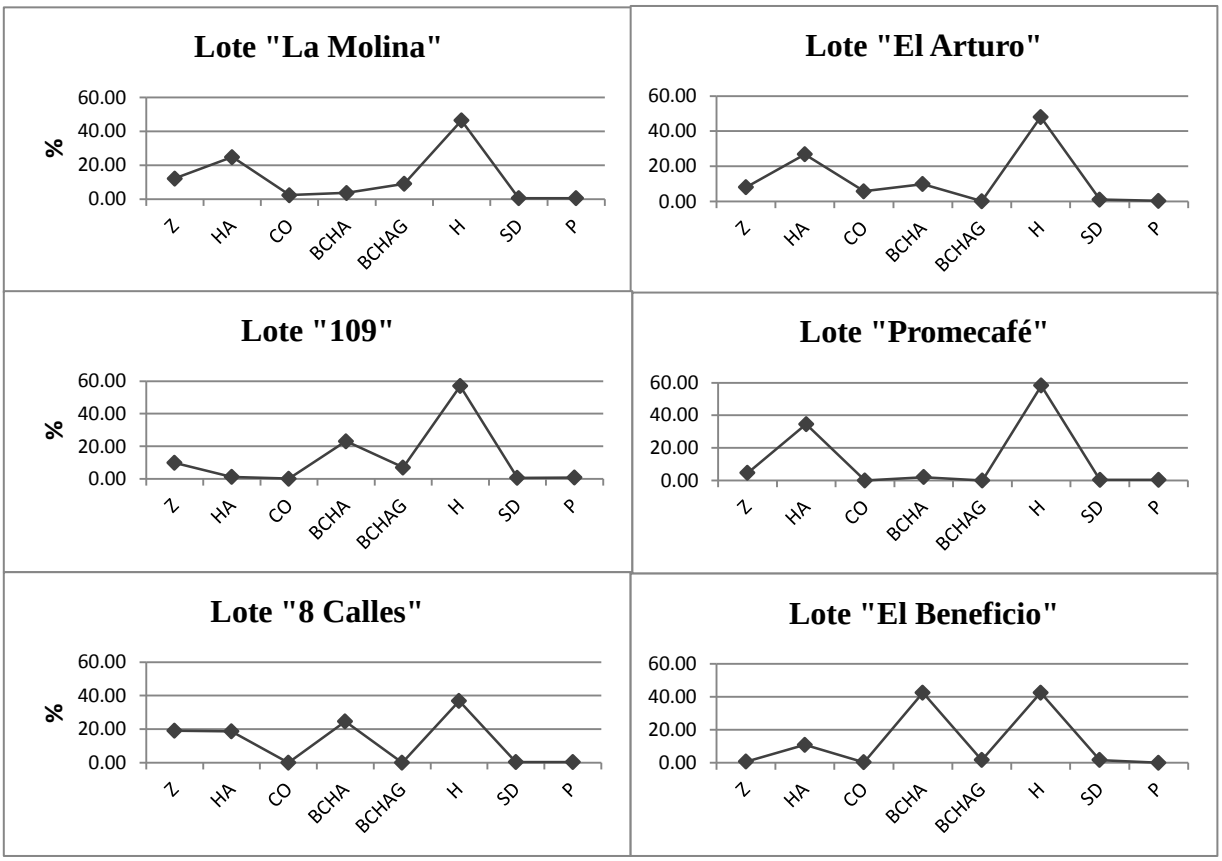


Figura 13. Cobertura del suelo en cada uno de los lotes

Nota: **Z**=zacates, **HA**=hoja ancha, **CO**=coyolillo, **BCHA**=buena cobertura de hoja ancha, **BCHAG**=buena cobertura de hoja angosta, **H**=hojarasca, **SD**=suelo desnudo, **P**=piedra.

La buena cobertura de hoja ancha es variable entre lotes, encontrando en el lote "El Beneficio" el valor más alto con un 42%, en "8 Calles" y "109" porcentajes arriba de un 20%, el lote "El Arturo" un 10% y los valores más bajos en "La Molina" y "Promecafé" con 4% y 2% respectivamente. En cuanto a la buena cobertura de hoja angosta, esta es muy escasa en casi todos los lotes, presentando los valores más altos el lote "La Molina" con 9% y el lote "109" con 7% y el resto de los lotes valores menores a 1% (Figura 13).

En general se observa que la buena cobertura presente en la finca está formada en su mayoría por especies de hoja ancha.

El coyolillo (*Cyperus rotundus*) que es considerada una mala hierba está prácticamente ausente en los lotes "El Beneficio", "8 Calles", "Promecafé" y "109", encontrando porcentajes muy bajos; siendo "El Arturo" el lote con la mayor presencia de coyolillo con un 6%, seguido de "La Molina" con un 2.5%. La piedra no representa una cobertura de importancia en la finca, ya que en todos los lotes los porcentajes están por debajo de 1% (Figura 13).

El zacate y la hoja ancha son las dos coberturas que requieren de una mayor atención en la mayoría de los lotes. "8 Calles" es el lote donde se encontró el mayor porcentaje de zacates con un 19%, seguido de "La Molina", "109" y "El Arturo" con 12.%, 10% y 8% respectivamente, los lotes "Promecafé" y "El Beneficio" presentaron valores muy bajos. En cuanto a la hoja ancha, todos los lotes presentan porcentajes altos que van desde 11 hasta 34% a excepción del lote "109", que presentó solamente un 1.2% (Figura 13). La composición de la cobertura es muy importante en la finca, pues lo ideal es mantener el suelo cubierto por hojarasca o buenas coberturas, ya que además de mantener protegido el suelo reducen los costos en el control de malezas como ser el zacate, el coyolillo y hoja ancha.

5.8 Análisis químico del suelo

Existen resultados de dos análisis de suelo efectuados en los años 2005 y 2010, datos que son útiles para ver la evolución en el tiempo de las propiedades del suelo y el efecto de las actividades de manejo. Según Monge (1999) los suelos aptos para el cultivo de café se definen principalmente por el equilibrio de Ca/Mg, Mg/K y (Ca+Mg)/K y además dice que deben tener un pH ligeramente ácido entre 5.0 y 6.0. De esta manera se concluye que en el año 2005 la finca presenta un equilibrio en las principales propiedades del suelo,

encontrando los niveles óptimos, su pH está dentro del rango adecuado y además presenta un alto porcentaje de materia orgánica (Anexo 11).

Los análisis de suelo del año 2010 registran que el pH se mantiene en los niveles apropiados, logrando equilibrar mediante el encalado a los lotes "La Molina" y "109" que en el año 2005 estaban por debajo de 5.0. El equilibrio Mg/K dejó de estar en el nivel óptimo y paso a un nivel crítico, aunque aún no deficiente (Anexo 12). También se observa una disminución en el contenido de materia orgánica en comparación al año 2005, pasando de un nivel alto a un nivel medio, esto puede deberse a que según Talavera[2] (2010) los organismos descomponedores requieren de grandes cantidades de nitrógeno para ejercer su acción y si en esta finca orgánica aún no se han alcanzado los niveles adecuados (no se usan fertilizantes químicos sintéticos) estos organismos disminuyen su densidad poblacional y su actividad, reduciendo las cantidades de materia orgánica disponible en el suelo.

Las disminuciones observadas en los diferentes elementos del suelo en comparación a los del año 2005 son atribuidas a que existe una diferencia de cinco años más sin la aplicación de ningún fertilizante sintético y se considera que dichos elementos no han sido compensados de la mejor manera con las enmiendas orgánicos, ya que las aplicaciones no son constantes año con año debido a que las enmiendas no da abasto para la totalidad de la finca. Se esperaría sin embargo, alcanzar en el mediano plazo un balance en esta situación, a medida que el manejo del sistema mejore.

5.9 Densidad de plantas y productividad de la finca

La cantidad de plantas por hectárea es muy variable entre un lote y otro, se tiene como un valor mínimo 5295 plantas/ha encontradas en el lote "Promecafé" y un máximo de 8103

[2] Talavera, ME. 2010. Materia orgánica en el suelo (entrevista). Catacamas, HN, Universidad Nacional de Agricultura.

plantas/ha encontradas en el lote “8 Calles”. Los lotes “El Arturo”, “El Beneficio”, “109” y “La Molina” presentaron 6816, 6114, 6081 y 5571 plantas/ha respectivamente (Anexo 13).

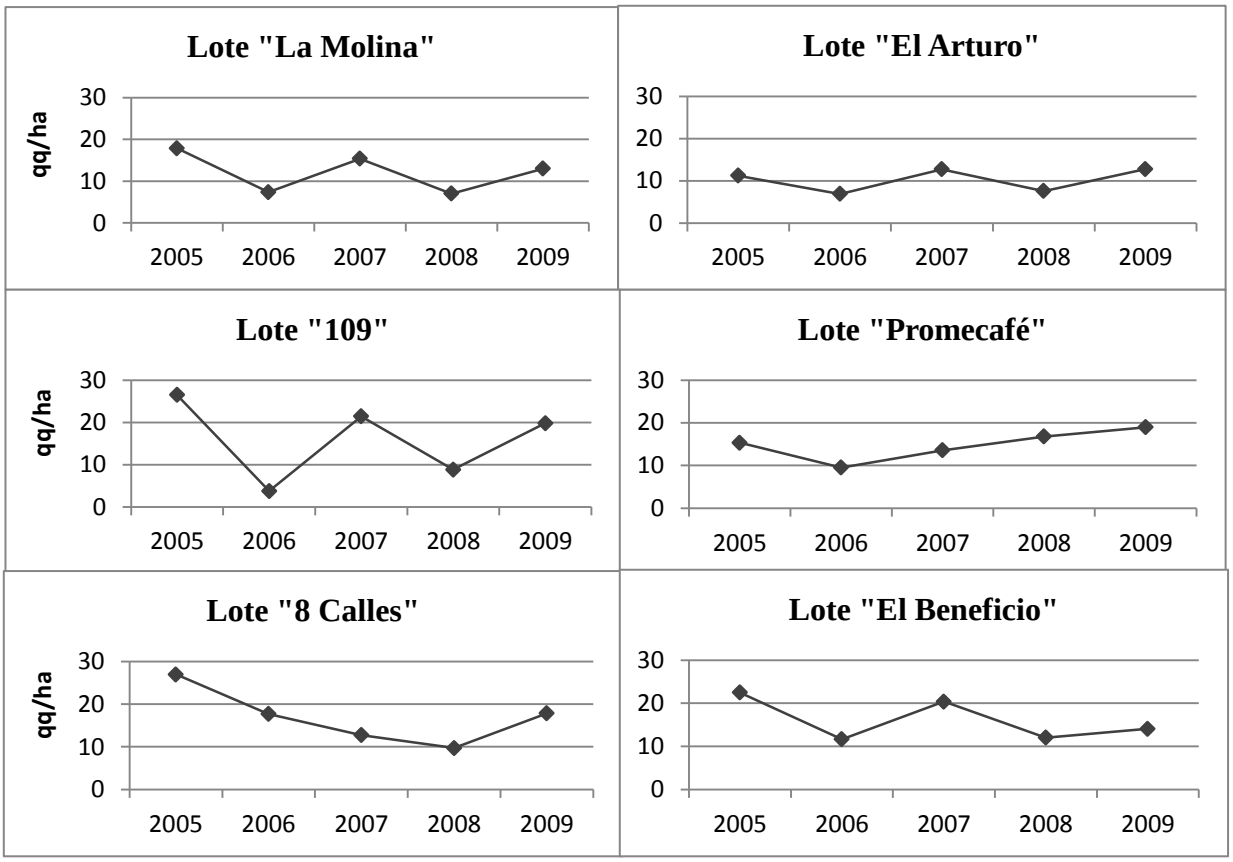


Figura 14. Productividad anual de café en oro en cada lote

La productividad entre lotes presenta comportamientos distintos a lo largo del tiempo (Figura 14), este resultado puede estar relacionado con la irregularidad que existe año con año en la finca en cuanto a las actividades de fertilización de los lotes con productos orgánicos como ser la gallinaza y la broza (pulpa del café descompuesta), ya que estas enmiendas no son las suficientes para toda la finca. Al relacionar el porcentaje de sombra y la densidad de plantas de cafetos, se determinó una relación de ambas variables con la productividad de la mayoría de los lotes. Los lotes con sombra densa (“La Molina”, “El Arturo”, “109” y “8 Calles”), debido a su similitud en la sombra, se puede decir que la productividad está más en función de la densidad de plantas/ha; lo cual se refleja

claramente en el figura 15 donde “8 Calles”, que es el lote con mayor densidad de plantas, presenta la mayor productividad promedio con 17 qq/ha.

El lote “El Arturo”, a pesar de ser el segundo lote con la mayor densidad de plantas, por hectárea y productivas, es el que presenta la producción más baja (Figura 14). Los datos de producción de cada lote fueron tomados de registros de la recolecta anual de café en toda la finca, donde la procedencia por lote pudo ser aproximada ya que los obreros no necesitaban exactitud por lote, sino un dato global de toda la finca; pudiendo ser el lote “El Arturo” un caso donde se reportó una recolecta inferior a la real, y por tal razón aparecer como el lote menos productivo.

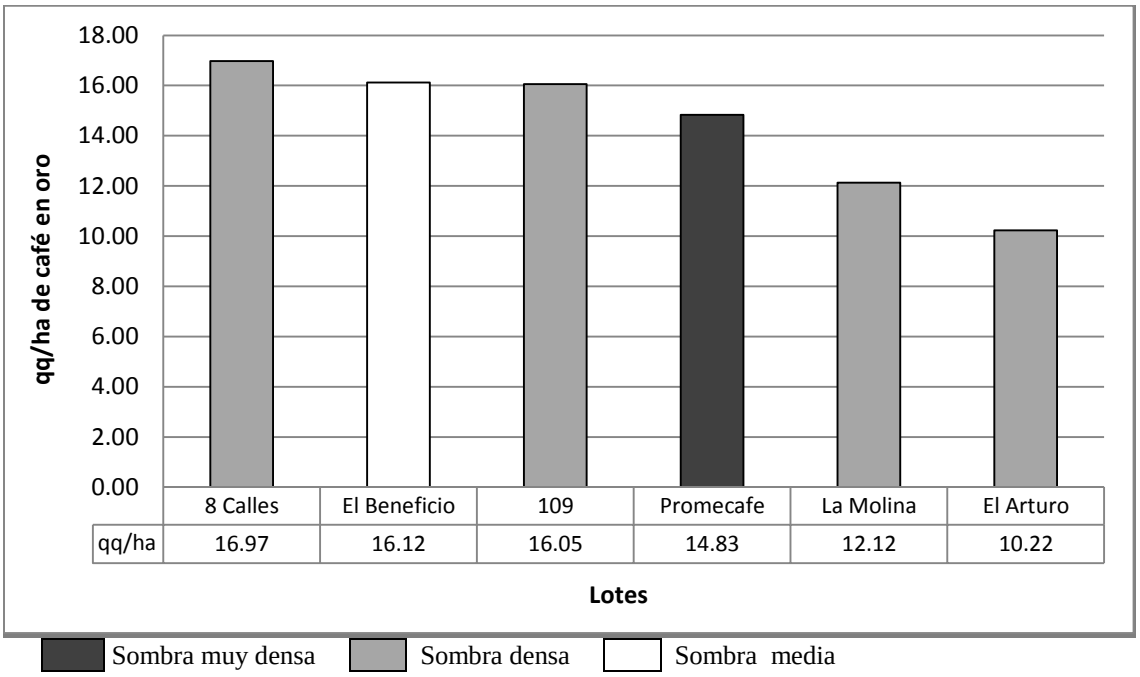


Figura 15. Producción promedio y su relación con la sombra en cada lote

Seguidamente el lote “El Beneficio” que tiene una sombra media y una densidad de 6114 plantas/ha (uno de los más altas después de “8 Calles” y “El Arturo”) presentó la segunda producción más alta de la finca con 16% qq/ha, complementándose aquí ambas variables para tener dicho resultado. “El Beneficio”, como se ha mencionado anteriormente, se

considera como el lote mejor manejado y tal como lo menciona Palma (s.f.), realizar las actividades de manejo adecuadamente, asegura mejores cosechas en el cafetal.

La sombra tiene una relación inversamente proporcional a la productividad y por el contrario la densidad de plantas/ha una relación sigmoidea a la misma, ya que la producción puede aumentar hasta un cierto punto pero al exceder la densidad apropiada, la producción disminuye. En el único lote donde no se encontró relación alguna con estas dos variables y su productividad fue "Promecafé", el cual tiene una sombra muy densa y una densidad de plantas por hectárea y productivas baja, en relación a los demás lotes y aun así presenta una productividad alta en comparación a lo esperado (Figura 15), resultado que pude tener la misma explicación que lo sucedido en el lote "El Arturo".

A. Productividad promedio anual: está claro que el año más productivo fue el 2005 donde se produjeron 20 qq/ha de café en oro, seguramente porque según los análisis de suelo de ese año, el mismo presentaba niveles de nutrientes más elevados, los que actualmente han disminuido por la baja aplicación de enmiendas (fertilizantes orgánicos), que aún no compensan a los productos sintéticos aplicados anteriormente, siendo insuficientes para cubrir las necesidades del cultivo. La bianualidad está presente en la finca, ya que se registran altas producciones en años alternos, con una producción promedio de 16 qq/ha. Los años con baja productividad corresponden a un promedio de 10 qq/ha (Figura 16). Estos datos concuerdan con los encontrados por Escamilla *et al.* (2005) en cafetales orgánicos de México, pero por debajo de los 25.2 qq/ha que se produce en cafetales convencionales de Costa Rica (ICAFE 2010).

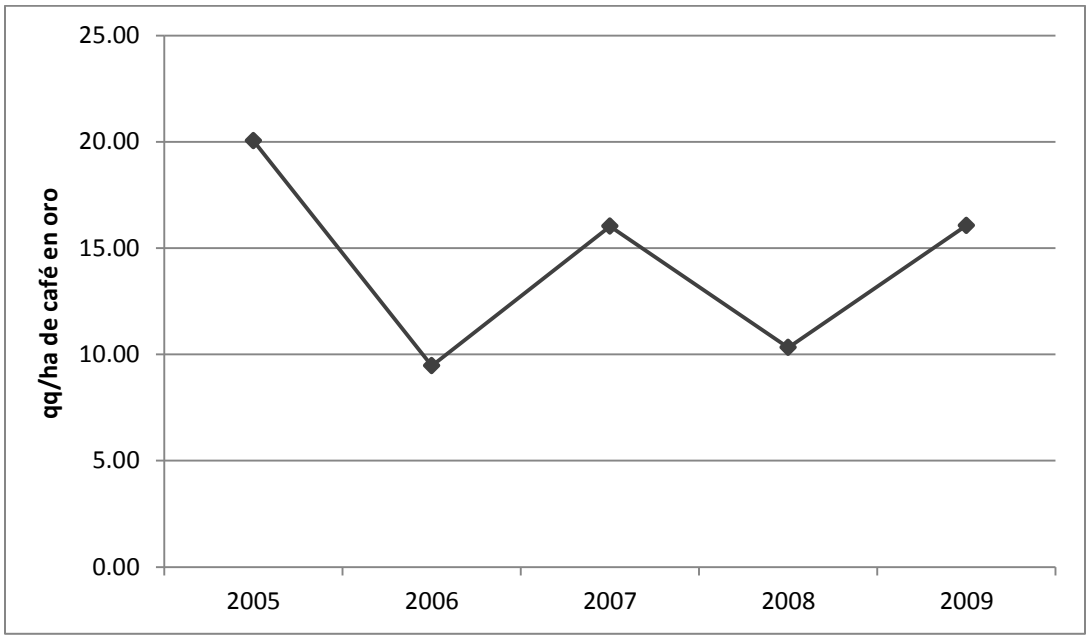


Figura 16. Productividad de la finca durante el periodo 2005-2009

El efecto de la bianualidad sucede por el hecho de que la planta no tiene la suficiente capacidad de recuperarse en su totalidad de la cosecha del año anterior, por tanto, después de un año altamente productivo le sigue un año con baja producción. Que esto suceda está en función de muchos factores, entre ellos la ausencia de podas, como también deficiencia de algunos elementos del suelo como ser el potasio (K), que en general es uno de los elementos más importantes en las plantas después del nitrógeno (N) (SULPOMAG 2004).

5.10 Análisis de rentabilidad de la finca comercial orgánica CATIE

5.10.1 Mano de obra: para este análisis se utilizaron los costos de mano de obra correspondientes a los jornales permanentes de la finca, como también los temporales, los cuales son contratados en la época de cosecha del café. La mano de obra permanente está en función de jornal, que corresponde a jornada de seis horas y, la mano de obra temporal en función de cajuelas colectadas (Cuadro 11).

Cuadro 11. Costos de la mano de obra durante los años 2005 al 2009

Concepto	Años				
	2005	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
Obreros permanentes					
Jornal*	884.01	920.33	752.53	637.75	653.67
Precio (Colones)	3,903.00	4,554.00	5,206.00	6,024.00	6,609.00
Subtotal (Colones)	3450,291.03	4191,182.82	3917,671.18	3841,806.00	4320,105.03
Tipo de cambio	478.64	512.55	518.74	530.30	578.26
Total (US)	**7,208.47**	**8,177.19**	**7,552.28**	**7,244.59**	**7,470.89**
Obreros temporales					
Cajuelas**	3966.50	1,604.24	3478.04	1,821.70	3198.92
Precio (Colones)	484.00	631.25	750.00	1,000.00	900.00
Subtotal	1919,786.00	1012,676.50	2608,530.00	1821,700.00	2879,028.00
Tipo de cambio	478.64	512.55	518.74	530.30	578.26
Total (US)	**4,010.88**	**1,975.78**	**5,028.59**	**3,435.22**	**4,978.79**

* Jornal = 6 horas ** 20 Cajuelas = 1 Fanegada

5.10.2 Ingresos anuales de la finca: los ingresos de la finca son únicamente la venta del café. El rendimiento en las ventas de café puede ser afectada por la incidencia de broca (*Hypothenemus hampei*), tal es el caso del año 2006, donde hubo un castigo de broca de 12.6 quintales, dejando de percibir US 1,461.6 en ese año. El único año que no hubo incidencia de broca fue en el 2005. En los últimos años la incidencia de la broca ha disminuido en gran manera (Cuadro 12), lo que demuestra que las prácticas de prevención y control de esta plaga, han sido eficientes.

Cuadro 12. Ingresos de la finca durante los años 2005 al 2009

Año	Producción (Fanegadas)*	Castigo broca (Fanegadas)	Fanegadas totales	Precio (US)	Total (US)
2005	64.68	0	64.68	116.00	7,502.42
	68.50	0	68.50	140.00	9,590.00
	59.50	0	59.50	120.00	7,140.00
2006	80.21	12.60	67.61	116.00	7,842.76
2007	173.90	5.23	168.67	103.00	17,373.01
2008	91.12	1.81	89.31	105.00	9,377.55
2009	159.96	1.42	158.54	105.00	16,646.54

*Fanegada = 1 qq café en oro = 250 kg.

Los mejores precios de venta del café se tuvieron durante el año 2005, vendiendo a varios compradores entre ellos a la Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba (APOT), a la cual se le siguió vendiendo hasta el año 2007. El 2005 también fue el año donde hubo una mayor producción, por lo tanto se presentaron los ingresos más altos durante el periodo en estudio (2005 al 2009). En los dos últimos años de este periodo, el café ha sido vendido como convencional, por el hecho que se paga rápidamente, aunque los precios son inferiores a los orgánicos.

5.10.3 Rentabilidad anual de la finca: Si analizamos anualmente la relación beneficio-costo nos damos cuenta que de cinco años, la finca ha obtenido un rendimiento positivo en tres de ellos 2005, 2007 y 2009, siendo estos los años donde se presentaron producciones altas y por tal razón mayores ingresos. Los déficits se presentaron en años de baja productividad como el 2006 y 2008 y no se deben a reducciones en el precio. Si observamos los costos totales, los mismos tienden a disminuir también en años de baja productividad, por tanto estos no tienen un efecto marcado en el déficit (Cuadro 13).

Cuadro 13. Rentabilidad anual de la finca comercial orgánica

Conceptos	**Cantidades en dólares (US)**				
	2005	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
Ingresos (venta de café)	24,232.42	7,842.76	17,373.01	9,377.55	16,646.54
Insumos	1,198.39	1,100.88	1,615.83	969.56	987.12
Mano de obra permanente	7,208.44	8,177.22	7,552.31	7,244.59	7,470.85
Recolecta de café	4,010.88	1,975.78	5,028.59	3,435.23	4,978.79
Inversión en herramientas y equipo	92.19	282.16		21.59	47.21
Inversión en maquinaria	497.89				
Mantenimiento de herramientas	266.91	36.59		254.12	
Mantenimiento de equipo	11.17				
Costos Totales	13,285.87	11,572.64	14,196.74	11,925.09	13,483.97
Balance	10,946.55	-3,729.88	3,176.27	-2,547.54	3,162.57
Beneficio/Costo	1.82	0.68	1.22	0.79	1.23

Los costos se mantienen en un rango poco variable y por el contrario los ingresos de la finca son de alguna manera inestables; lo último se debe a la bianualidad en la producción y

que los precios de venta fueron mayores en los primeros años (Cuadro 13). La finca dejó de percibir alrededor de US 872.6 durante el año 2008 y US 1,548.9 durante el año 2009, al vender el café como convencional y no como orgánico. Siendo así, siempre quedaría en el año 2008 un déficit de US 1,694.94.

5.10.4 Costos de producción y rentabilidad de la finca en base a cinco años (2005-2009): la mano de obra es el rubro que cubre el 88.5% de los costos totales de producción; el 66% de ese valor corresponde a la mano de obra permanente y el restantes 34% a la mano de obra temporal (Cuadro 14). La finca comercial orgánica del CATIE se considera como rentable durante estos cinco años por presentar una relación beneficio-costo superior a la unidad (>1) obteniendo una ganancia neta de US 11,007.97 (Cuadro 15).

Cuadro 14. Costos de producción de la finca durante los años 2005 al 2009

Costos de producción	**Total (US)**
Mano de Obra	
Empleados permanentes	37,653.42
Empleados temporales	19,429.27
Sub total mano de obra	**57,082.69**
Insumos, herramientas y equipo	
Insumos	5,871.78
Inversión en herramientas y equipo	443.15
Inversión en maquinaria	497.89
Mantenimiento de herramientas	557.62
Mantenimiento de equipo	11.17
Sub total insumos, herramientas y equipo	**7,381.61**
Total costos de producción	**64,464.30**

Cuadro 15. Rentabilidad de la finca después de cinco años (2005 al 2009)

Flujo en Efectivo	**Total (US)**
Ingresos en efectivo	75,472.28
Salidas en efectivo	64,464.30
Efectivo Neto	**11,007.97**
Relación Beneficio/Costo	1.17

Considerando el ingreso por la posible cosecha de los árboles maderables, que hasta el momento sería aproximadamente US 22,142.00 y si asumimos que estos árboles tienen una edad promedio de 20 años, el ingreso anual percibido sería de US 1,107.10. Si se considera que el 50% de ese valor anual percibido corresponde a gastos de aprovechamiento, entonces en estos cinco años habría un ingreso adicional de US 2,767.75; sumando un efectivo neto total de US 13,775.72.

5.10.5 Costos anuales de producción de una hectárea de café en la finca: en el año 2007 se presentaron los mayores costos de producción por hectárea con US 1,265.97 (Anexo 16) y los menores costos en el año 2006 con US 1,015.38 (Anexo 15). La finca comercial orgánica registró un costo promedio anual de US 1,134.08 por hectárea (Anexos 14 al 18). ICAFE (2010) indican que en Costa Rica los costos de producción de café convencional son alrededor de US 2,480.23 por hectárea. Por tanto, se ve claramente que en esta finca, mediante un manejo orgánico semi-tecnificado los costos de producción se han reducido en un 54.28%.

VI CONCLUSIONES

El manejo semi-tecnificado y orgánico de la finca comercial orgánica del CATIE en los últimos cinco años, ha posibilitado el mejoramiento de la capacidad productiva de los cafetales antiguos e improductivos.

El manejo y tipo de sombra tiene un papel fundamental, mejorando las condiciones del sistema y la productividad del cultivo; esto se corroboró en el lote "El Beneficio" que cuenta con una sola especie de sombra (*E. poeppigiana*) y las mejores condiciones en general.

Se encontraron buenas condiciones en la cobertura del suelo, ya que todos los lotes tienen porcentajes de hojarasca superiores a las demás coberturas, estando en ventaja los lotes "109", "8 Calles" y "El Beneficio", los cuales además de la hojarasca, también presentaron altos porcentajes de buena cobertura de hoja ancha y hoja angosta.

Con el manejo orgánico semi-tecnificado en la finca comercial, se ha logrado reducir los costos de producción en más de un 50%, si se comparan con los de un cafetal convencional.

La producción baja en años alternos, provoca que los ingresos de esos años no cubran los costos de producción, sin embargo esto es compensado en los años de mayor producción, obteniendo una ganancia neta de US 11,008 en un periodo de cinco años, considerando el sistema como rentable.

VII RECOMENDACIONES

Debe brindarse mayor atención a la actividad de poda de la sombra en la finca comercial orgánica, especialmente en los lotes “8 Calles” y “Promecafé” que presentaron alta sobreposición. Esto contribuirá a que se alcancen mayores producciones anuales y al mismo tiempo se reducirá la incidencia de algunas enfermedades importantes como ser el ojo de gallo (*Mycena citricolor*).

Debe procurarse satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo incrementando la aplicación de enmiendas, de lo contrario la productividad de los cafetales se verá muy afectada debido a la baja disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Es necesario que en los próximos años se busque negociar y vender el café como orgánico, ya que si se sigue vendiendo como convencional, se está dejando de percibir una importante cantidad de dólares.

El aprovechamiento de los árboles maderables que están en la edad y condición de poder ser cosechados mediante un plan de manejo que incluya la restitución de los mismos, debe ser un rubro más de la finca que contribuya en el incremento de los ingresos anuales.

Para realizar todas las actividades de manejo de la finca de manera eficiente y en el tiempo adecuado, es recomendable la contratación de un obrero más. De esta manera se aseguraría la estabilidad del sistema y se mejoraría la productividad de la finca, alcanzando mayores ingresos que permitirían cubrir satisfactoriamente los costos de producción.

BIBLIOGRAFÍA

Amador, M; Valdés, H; García, JE. 2002?. Tendencias del mercado orgánico mundial, con énfasis en café orgánico. (en línea). Consultado el 10 de abril 2005. Disponible en: http://www.cedeco.or.cr/documentos/Tendencias%20del%20mercado.pdf

ASONOG (Asociación de Organismos No Gubernamentales). 2009. Costos de producción en organizaciones certificadas por el comercio justo. Santa Rosa de Copán, HN. 14 p.

Beer, J; Ibrahim, M; Somarriba, E; Barrance, A; Leakey R. 2004. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. Capítulo 6. Árboles de Centroamérica. OFI/CATIE. 46 p.

Bertrand, B; Rapidel, B. 1999. Desafíos de la caficultura en Centroamérica: trayectoria y viabilidad de las caficultoras Centroamericanas. San José, C.R. Editorial Agroamérica. 496 p.

Castro, F; Montes, E; Raine, M. 2004. Centroamérica la crisis cafetalera efectos y estrategias para hacerle frente. LCR (Latin america and caribbean region) sustainable development working paper no. 23.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza). 1984. Especies para leña: arbustos y árboles para la producción de energía. Turrialba, CR. 344 p.

_____ 1994. Colección de guías silviculturales: laurel (*Cordia alliodora*). Turrialba, CR. 41 p.

De Melo, E. 2005. Informe de actividades café orgánico comercial. (diapositivas). Turrialba, CR.

_____ 2009. Sistemas Agroforestales como herramienta para recuperación de paisajes degradados en el ámbito de la concertación interinstitucional para el desarrollo sostenible (en línea). Consultado el 15 de marzo 2010. Disponible en: http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/SIGAM2/Repositorio/126/Documentos/Eventos_09/EPBio_28_Elias.pdf

De Melo, E; Barrios, M; Toruño Morales, I. 2009. ¿Cómo podemos mejorar la finca cafetalera en la cuenca?. Diagnóstico y planificación del cafetal. Managua, NCA CATIE.

Escamilla, E; Ruiz, O; Díaz, G; Landeros, C; Platas, D.E; Zamarripa, A; Gonzáles V.A. 2005. El agroecosistema café orgánico en México. Manejo integrado de plagas y agroecología no. 78:5-16.

Esguerrra Gutierrez, G. 2001. La caficultura orgánica en Colombia. (en línea). Consultado el 11 de abril 2010. Disponible en: http://www.guiadelcafe.com/la-caficultura-organica-en-colombia/

Estudiantes del curso Planificación Agroforestal CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR.). 2005. Diagnóstico y diseño agroforestal para los sistemas de producción de ganadería y café de la finca comercial del CATIE.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2006. Tecnologías validadas para pequeños productores: poda de los cafetales (en línea). Consultado el 13 de nov. 2010. Disponible en: http://www.fao.org/teca/content/poda-de-los-cafetales

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2004. Producción de café con sombra de maderables. La Lima, HN. 18 p.

Gogger, A. 2007. La industria del café en Costa Rica. Septiembre del 2007.

George, A. 2006. Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica . Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 101 p.

Gómez, A. 2010. USDA foreign agricultural service: Honduras coffee annual. Abril del 2010.

Gonzales, A. 2002. Café orgánico de sombra en el Rincón de Ixtlán, Oaxaca. Yagavila, Oaxaca, Mx. Junio 2002.

ICAFE (Instituto del Café de Costa Rica). 2010. Estructura de costos de producción agrícola de café nacional: valores promedios de estudios de campo. Cosechas 2009/10.

IHCAFE (Instituto Hondureño del Café). 2000?. Mercados internacionales para el café orgánico. (en línea). Consultado el 12 de abril 2010. Disponible en: http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/mercados_internacionales.pdf

López, TG. 2007. Sistemas agroforestales 8. SAGARPA. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Colegio de Post-graduados. Puebla, MX. 8 p. (en línea). Consultado el 15 de marzo 2010. Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Sistemas%20Agroforestales.pdf

Macías, N. 1998?. Principales enfermedades del cultivo de cafeto. (en línea). Consultado el 11 de noviembre 2010. Disponible en: http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/tec_guia_enfermedades.pdf

Morales, R; Bernal, G; López M; Calvache M. 2004?. Estudio de la diversidad microbiana en sistemas agroforestales de café, y cultivos de pasto y arroz en dos tipos de suelo del sur de Manabí. (en línea). Consultado el 10 de abril del 2010. Disponible en:http://www.iamazonica.org.br/conteudo/eventos/biodiversidadeSolo/pdf/resumos/Painel5_MoralesR.pdf

OFI/CATIE (Oxford Forestry Institute / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2003. Árboles de Centroamérica.

Ordóñez, MA; Sosa, MH. s.f. Uso y manejo de la sombra. Capítulo 6. (en línea). Consultado el 10 de abril. Disponible en: http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/tec_guia_uso_manejo_sombra.pdf

Palma, M.R. s.f. Poda de los cafetales. (en línea). Consultado el 10 de abril 2010. Disponible en: http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/poda_de_cafe.pdf

Palomeque Figueroa, E. 2009. Sistemas agroforestales: definición de agroforestería. (en línea). Chiapas, MX. Consultado el 16 de marzo 2010. Disponible en: http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/sistemas-agroforestales/sistemas-agroforestales.pdf

Pérez, N; Linares, T. 2008. Sistemas agroforestales: una propuesta para la caracterización y evaluación de sistemas silvopastoriles (en línea). Cali, Colombia. Consultado el 15 de marzo 2010. Disponible en: http://www.agroforesteriaecologica.com

Porras, Vanegas, CM. 2006. Efecto de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el Corredor Biológico Turrialba-Jiménez. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 131 p.

Ríos, Y. 2002. Sistemas integrados de producción con no rumiantes: importancia de las lombrices en la agricultura. 47-52.

Rivas, C. s.f. Anatomía y fisiología de la lombriz roja: pH. (en línea). Consultado el 20 de nov. 2010. Disponible en: http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/articulos/vermicompostaje/anatomia-y-fisiologia-de-la-lombriz-roja

Rojas, F; Canessa, R; Ramirez, J. 2005. Cafetales arbolados. Kurú: revista forestal (Costa Rica) 2(4):1-6.

Rosales Mondragón, M; Silva Acuña, R; Rodríguez, G. 1998. Estrategias para el manejo integrado del minador de la hoja y la broca del fruto del cafeto (en línea). Consultada el 11 de nov. 2010. Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd60/broca.html

Samayoa Juárez, JO; Sánchez Garita, V. 2000. Enfermedades foliares en café orgánico y convencional. Manejo integrado de plagas. no. 58:9-19.

Silva Acuña, R; Rosales Mondragón, M; Tenías, J. 2000. Aspectos fisiológicos del cafeto: su influencia en el ataque de la roya. (en línea). Consultado el 11 de nov. 2010. Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd68/texto/rsilva.htm

Solórzano Villareal, N. 2005?. Sistemas agroforestales en fincas de pequeños agricultores y la generación de servicios ambientales. Tesis Mag. Sc. CR, UNA. 25 p.

Soto, G; García, L; Munguía, R; Haggar, J; De Melo, E; Barrios, M; Staver, C; y Frey, S. 2007. Impact of conventional and organic coffee agroforestry systems on soil characteristics in an Andisol in Masatepe, Nicaragua and an Ultisol in Turrialba, Costa Rica.

Staver, C. 2001. Diagnóstico de las malas hierbas en los cafetales. Nicaragua, CATIE. Serie Cuadernos de Campo. 16 p.

SULPOMAG. 2004. Conceptos agronómicos: café. (en línea). Consultado el 27 de octubre 2010. Disponible en : http://www.sul-po-mag.com/spanish/assets/agri-facts/gsp-16.pdf

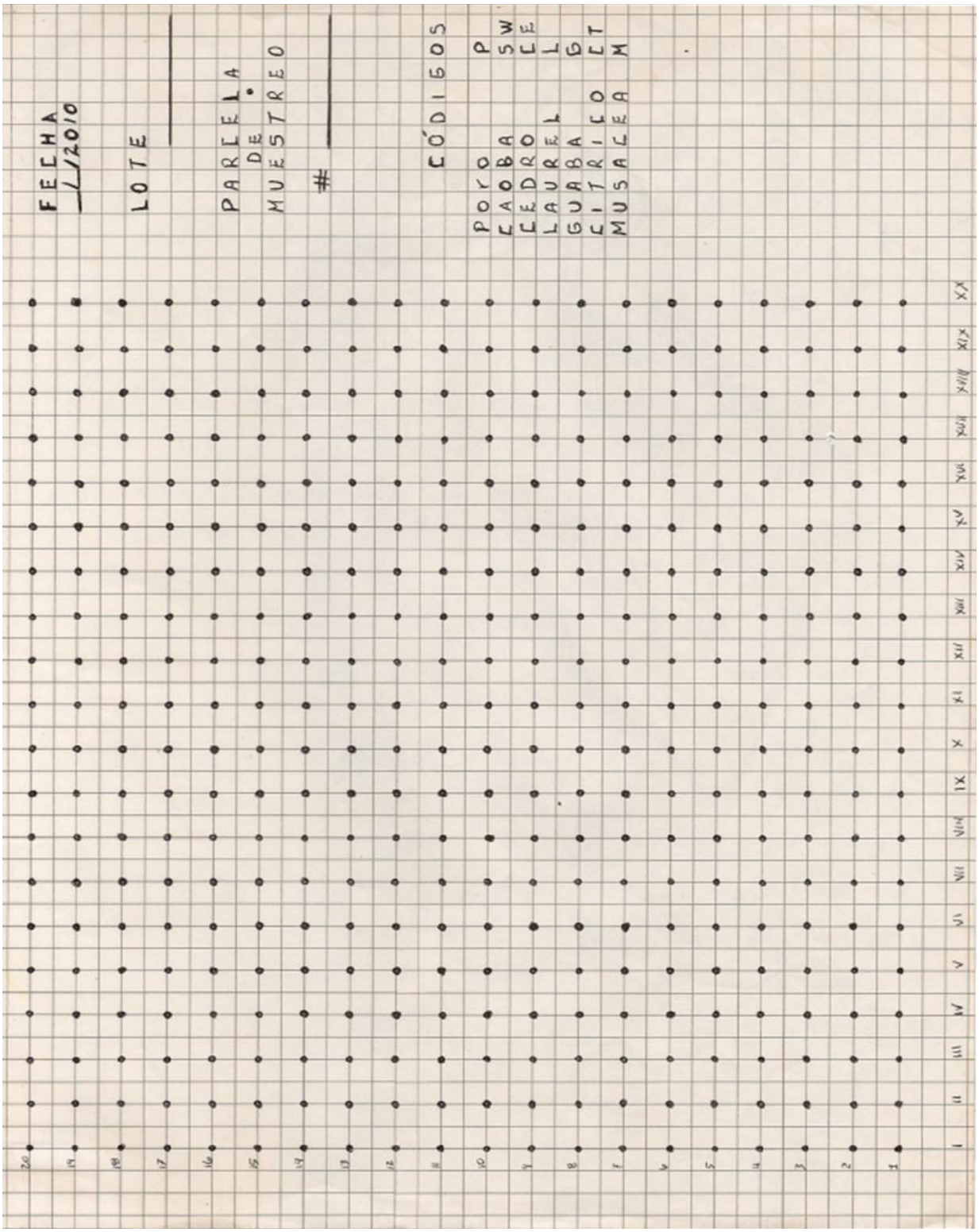
UTZ CERTIFIED. 2008. Guía de implementación: explicaciones y ejemplos para el cumplimiento del código de conducta UTZ CERTIFIED-Café versión Honduras. Ciudad de Guatemala. 137 p.

Villalobos, A. 2003. Análisis de la oferta latinoamericana de café sostenible.: café orgánico. Alajuela, CR. 74 p.

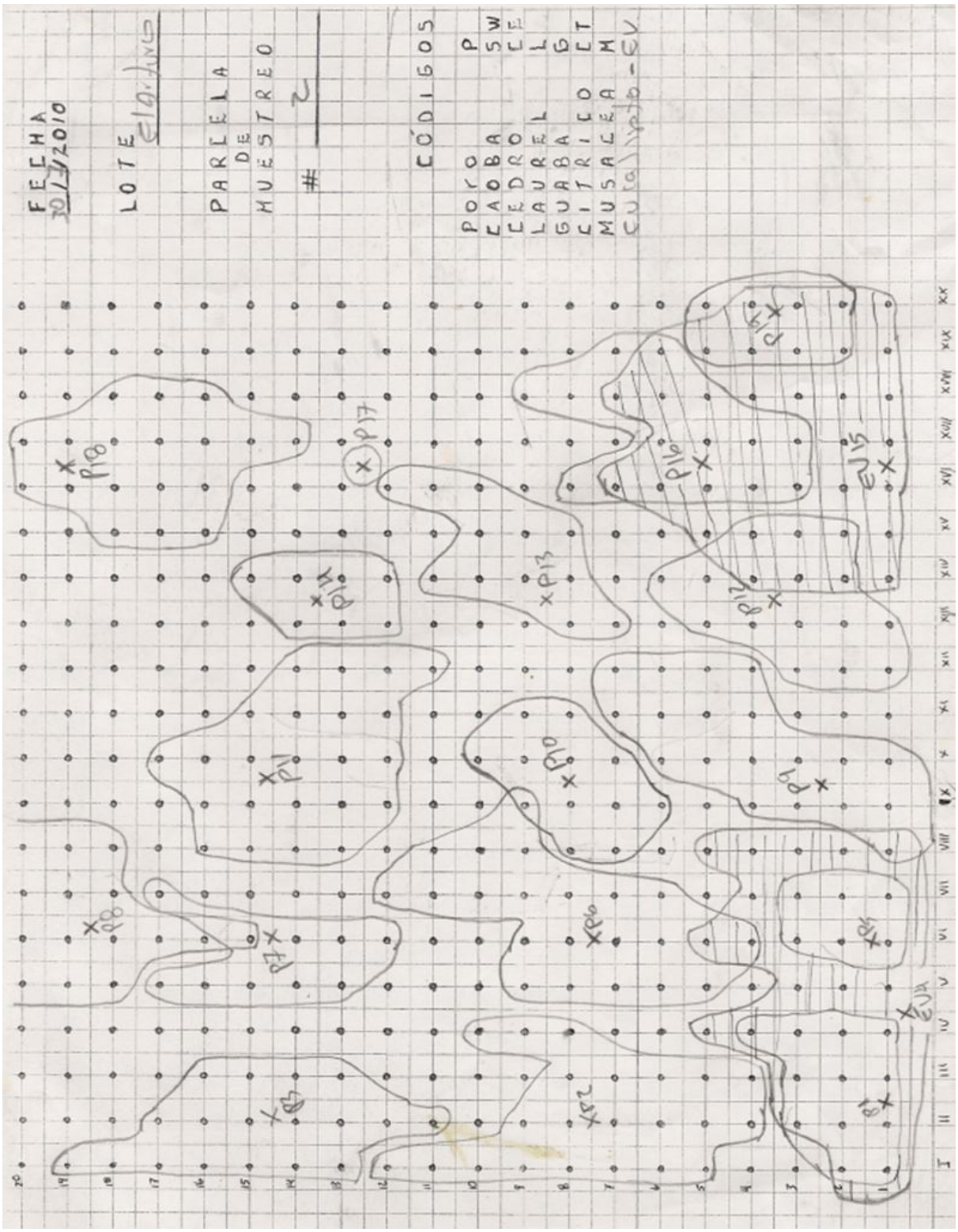
Yépez Pacheco, C. 2002. ¿Cómo diversificar la finca en cafetales con criterios locales de selección?. Agroforestería en las Américas. 9(35/36):95-98.

ANEXOS

Anexo 1. Croquis para la ubicación de los árboles que aportan sombra dentro de la parcela de muestreo con 400 cafetos (20 hileras con 20 plantas)



Anexo 2. Demostración de la forma en que se dibujó en el croquis la sombra vertical de cada árbol



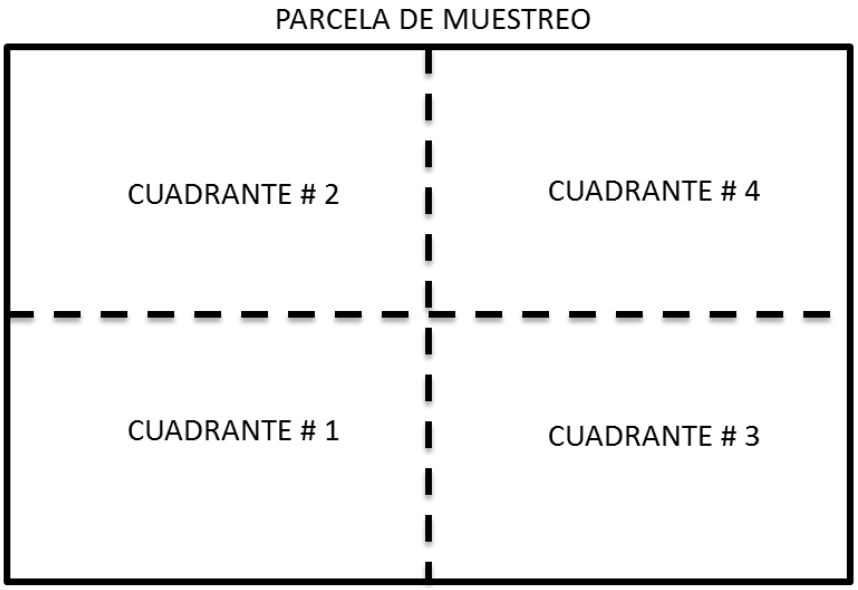
Anexo 3. Formato utilizado al momento de identificar las especies presentes en la parcela de muestreo

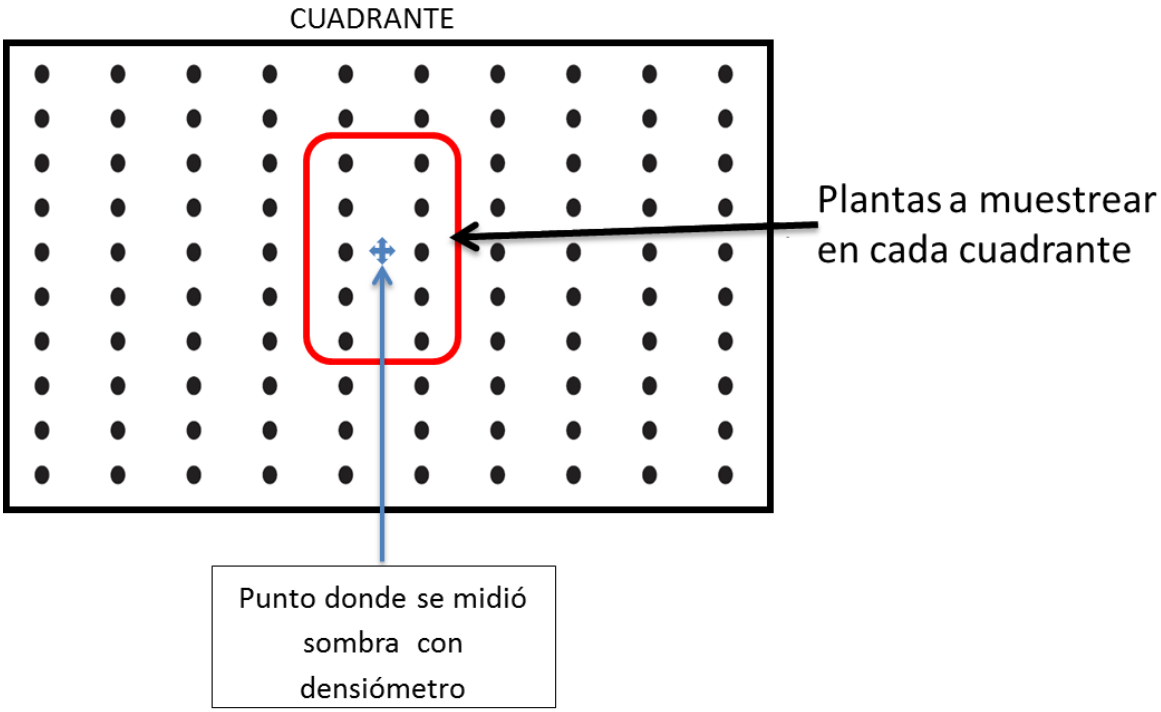
FORMATO DIAGNOSTICO DE SOMBRA FINCA ORGÁNICA CATIE

Fecha __/__/2010 Lote_____ Parcela de muestreo #_____

No.	Código	Especie	DAP (cm)	Altura (m)	Cafetos bajo copa

Anexo 4. Subdivisión de la parcela de muestreo en cuadrantes para realizar el diagnóstico de enfermedades





Anexo 5. Formato utilizado para el diagnóstico de enfermedades y la medición de sombra con densiómetro

FORMATO DIAGNOSTICO DE ENFERMEDADES E INSECTOS PLAGA

Fecha ___/___/2010 Lote _____ Parcela de Muestreo # _____ Cuadrante # _____

Criterios a analizar	Número de hojas, frutos o nudos en la bandola de cada cafeto										Total con plagas	% con plagas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Hojas con roya												
Hojas con Antracnosis												
Hojas con minador												
Hojas con ojo de gallo												
Hojas con mancha de hierro (Cercosporiasis)												
Hojas con mal de hilacha												
Hojas totales												
Frutos brocados												
Frutos brocados con *Beauveria bassiana*												
Frutos totales												
Bandolas totales con fruto												
Nudos productivos												
Nudos totales												

Porcentaje Sombra (Densiómetro)

Ubicación	Puntos oscuros				Porcentaje
	1 %	2 %	3 %	4 %	
Norte					
Este					
Sur					
Oeste					
Porcentaje Total					

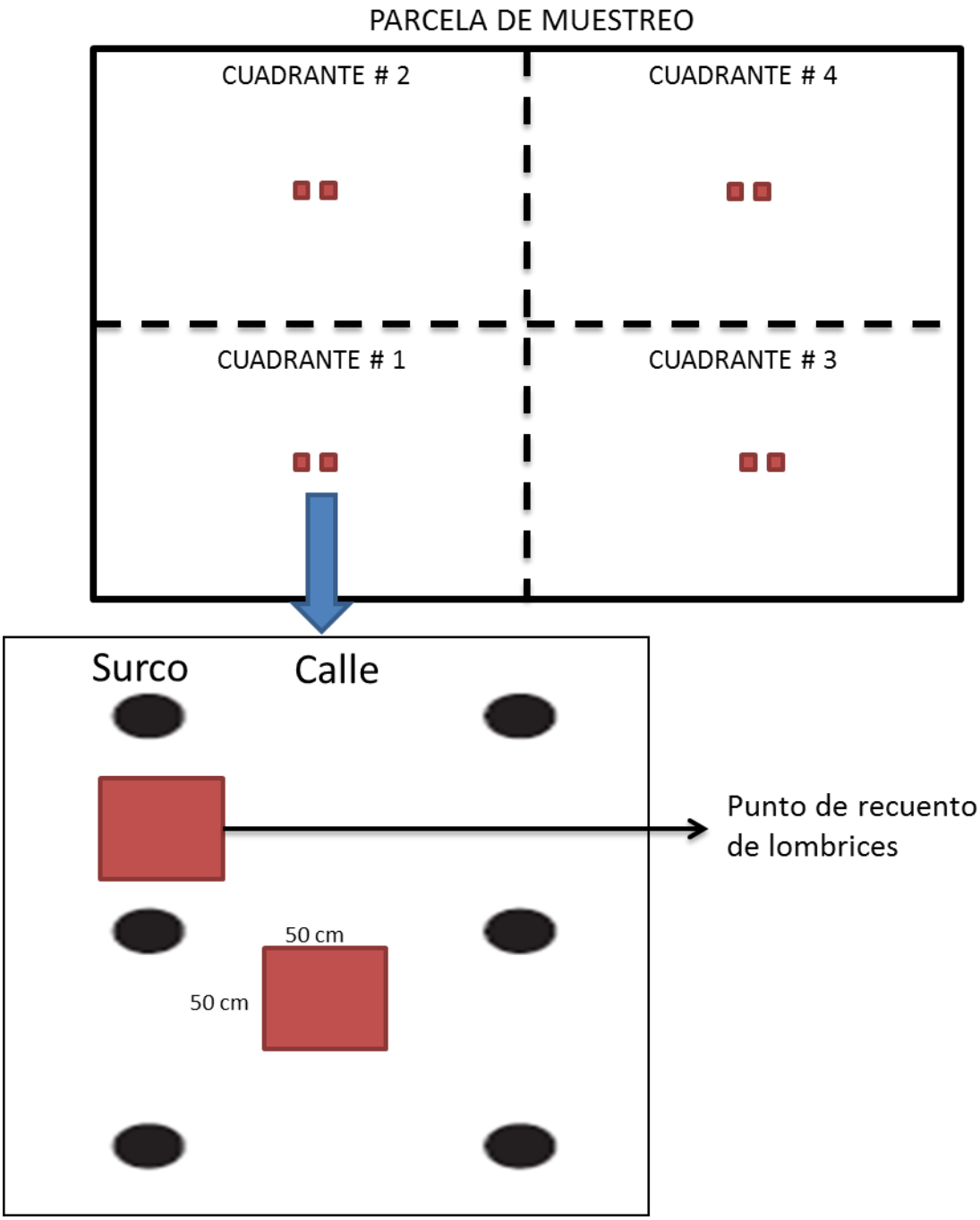
Anexo 6. Formato utilizado en el muestreo de la cobertura del suelo presente en el cafetal

FORMATO DIAGNOSTICO COBERTURA DEL SUELO

Fecha ___/___/2010 Lote_____ Punto de Muestreo # _____

Tipo de cobertura	Cantidad por calle																			Total	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
Zacates																					
Hojas anchas																					
Covolillos																					
Bejuco																					
Buena cobertura de hoja ancha																					
Buena cobertura de hoja angosta																					
Hojarascas																					
Suelo desnudo																					
Piedras																					
Total puntos																					100%

Anexo 7. Ubicación de los puntos donde se hizo el recuento de lombrices en cada cuadrante de la parcela de muestreo



Anexo 8. Formato utilizado en el recuento de lombrices por cada parcela de muestreo

FORMATO RECUENTO DE LOMBRICES

Fecha ___/___/2010 Lote _____ Parcela de Muestreo # _____ Cuadrante # _____

Numero de lombrices por cada punto		Total lombrices (0.5 m²)
Punto 1 (Calle)	Punto 2 (Banda)	

Fecha ___/___/2010 Lote _____ Parcela de Muestreo # _____ Cuadrante # _____

Numero de lombrices por cada punto		Total lombrices (0.5 m²)
Punto 1 (Calle)	Punto 2 (Banda)	

Fecha ___/___/2010 Lote _____ Parcela de Muestreo # _____ Cuadrante # _____

Numero de lombrices por cada punto		Total lombrices (0.5 m²)
Punto 1 (Calle)	Punto 2 (Banda)	

Fecha ___/___/2010 Lote _____ Parcela de Muestreo # _____ Cuadrante # _____

Numero de lombrices por cada punto		Total lombrices (0.5 m²)
Punto 1 (Calle)	Punto 2 (Banda)	

Total lombrices (2 m²) _____ Total lombrices/m² _____

Anexo 9. Formato utilizado en el diagnóstico productivo del cafetal

FORMATO DIAGNOSTICO PRODUCTIVO DE LA FINCA ORGÁNICA CATIE

Fecha ___/___/2010 Lote_____ Punto de Muestreo # _____

Fila	Plantas productivas	Plantas que requieren poda sanitaria	Plantas que requieren recepo	Plantas que necesitan ser renovadas	Plantas recién renovadas	Falla física
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
Total % de cada tipo						

Anexo 10. Área de cada uno de los lotes de la finca comercial orgánica del CATIE

Lote	Área Manejada anteriormente (ha)	Área Corregida (ha)
La Molina	4	5.27
El Arturo	2	2.08
109	1	1.82
Promecafé	1	0.83
8 Calles	0.7	0.53
El Beneficio	0.3	0.26
Total	**9**	**10.79**

Anexo 11. Resultados del análisis químico del suelo realizado en el año 2005

Variable	Lotes de la finca comercial orgánica					
	La Molina	**El Arturo**	**109**	**Promecafé**	**8 Calles**	**El Beneficio**
Prof. (cm)	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20
pH (H_2O)	4.7	5	4.9	5.2	5.3	5
	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Ca (cmol+/l)	2.52	4	4.2	5.17	6.23	3.67
	Critico	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo	Critico
Mg (cmol+/l)	0.87	0.89	1.07	1.3	1.06	1.18
	Critico	Critico	Critico	Critico	Critico	Critico
K (cmol+/l)	0.32	0.38	0.35	0.37	0.25	0.39
	Critico	Critico	Critico	Critico	Critico	Critico
P (mg/l)	26.4	40.1	34.7	12.7	28.6	39.5
	Optimo	Optimo	Optimo	Critico	Optimo	Optimo
M.O. (%)	5.38	6.2	6.16	5.61	5.61	5.39
	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Ca/Mg	2.89	4.94	3.92	3.97	5.88	3.11
	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo
Mg/K	2.72	2.34	3.06	3.51	4.24	3.02
	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo
(Ca+Mg)/K	10.59	12.87	15.06	17.49	29.16	12.44
	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, tejido vegetal y aguas, CATIE

Anexo 12. Resultados del análisis químico de suelo realizado en el año 2010

Variable	Lotes de la finca comercial orgánica					
	La Molina	**El Arturo**	**109**	**Promecafé**	**8 Calles**	**El Beneficio**
Prof. (cm)	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20
pH (H_2O)	5	5.2	5.1	5.3	5.1	5
	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Ca (cmol+/l)	3.4	4	4.6	3.7	4.1	2.5
	Critico	Optimo	Optimo	Critico	Optimo	Critico
Mg (cmol+/l)	1.1	1.1	1.1	1.1	0.9	0.7
	Critico	Critico	Critico	Critico	Critico	Critico
K (cmol+/l)	0.37	0.42	0.57	0.4	0.29	0.28
	Critico	Optimo	Optimo	Optimo	Critico	Critico
P (mg/l)	8	6	17	5	25	18
	Deficiente	Deficiente	Critico	Deficiente	Optimo	Critico
M.O. (%)	3.3	2.7	3.59	3	3.3	3.9
	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Ca/Mg	3.09	3.64	4.18	3.36	4.56	3.57
	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo
Mg/K	2.97	2.62	1.93	2.75	3.1	2.5
	Critico	Critico	Critico	Critico	Critico	Critico
(Ca+Mg)/K	12.16	12.14	10	12	17.24	11.43
	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo	Optimo

Fuente: Laboratorio de suelos INTA, proporcionados por el ICAFE

Anexo 13. Densidad de plantas y productividad de los lotes

Lote	Plantas/ha	Producción de café (qq/ha)					Promedios
		2005	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	
La Molina	5571	17.84	7.37	15.37	7.04	13.00	12.12
El Arturo	6816	11.18	6.89	12.73	7.56	12.76	10.22
109	6081	26.50	3.72	21.41	8.83	19.80	16.05
Promecafé	5295	15.32	9.50	13.56	16.80	18.96	14.83
8 Calles	8103	26.93	17.67	12.73	9.69	17.82	16.97
El Beneficio	6114	22.50	11.64	20.37	12.01	14.07	16.12
Promedios	**6330**	**20.05**	**9.47**	**16.03**	**10.32**	**16.07**	**14.39**

Anexo 14. Costos de producción de una hectárea de café en la finca comercial orgánica CATIE durante el año2005

CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL	PORCENTAJE
Empleados permanentes					
Chapia con cuchillo	Jornal	16.59	8.15	135.27	11.99
Chapia con guadaña	Jornal	8.65	8.15	70.51	6.25
Arrancando malas hierbas	Jornal	1.97	8.15	16.07	1.43
Control de broca con trampas	Jornal	0.39	8.15	3.22	0.29
Granateo de broca	Jornal	0.49	8.15	4.04	0.36
Control de broca con *Beauveria*	Jornal	1.45	8.15	11.82	1.05
Control de sombra	Jornal	10.21	8.15	83.22	7.38
Fertilización	Jornal	4.82	8.15	39.32	3.49
Poda de café	Jornal	16.24	8.15	132.40	11.74
Resiembra de café	Jornal	0.39	8.15	3.15	0.28
Deshija de café	Jornal	6.67	8.15	54.40	4.82
Seguimiento de cosecha	Jornal	11.30	8.15	92.12	8.17
Empleados temporales					
Recolecta de café (Cosecha)	Cajuela	367.61	1.01	371.28	32.91
Insumos					
Fertilizantes					
$CaCO_3$	Bolsas[1]	12.79	1.12	14.32	1.27
Gallinaza	Sacos[2]	39.85	1.57	62.56	5.55
K-MAG	Sacos	0.72	14.42	10.38	0.92
Control/plagas					
Omitox	Kg	0.04	3.66	0.15	0.01
Atrayente para broca*	Botellas	0.74			
*Beauveria**	kg	9.04			
Combustible					
Gasolina	Galones	7.04	3.18	22.39	1.98
Aceite	Galones	0.23	5.95	1.37	0.12
TOTAL				**1,128.01**	**100.00**

*Estos productos son proporcionados gratuitamente por el ICAFE a todos los productores de Costa Rica, 1=45 kg, 2=aproximadamente 45 kg

Anexo 15. Costos de producción de una hectárea de café en la finca comercial orgánica CATIE durante el año2006

CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL	PORCENTAJE
Empleados permanentes					
Chapia con cuchillo	Jornal	15.58	8.89	138.42	13.63
Chapia con guadaña	Jornal	12.23	8.89	108.70	10.70
Arrancando malas hierbas	Jornal	2.52	8.89	22.39	2.21
Control broca con trampas	Jornal	0.91	8.89	8.09	0.80
Control broca con *Beauveria*	Jornal	1.27	8.89	11.28	1.11
Sombra	Jornal	13.01	8.89	115.61	11.39
Fertilización	Jornal	4.79	8.89	42.57	4.19
Poda de café	Jornal	10.38	8.89	92.23	9.08
Resiembra de café	Jornal	2.46	8.89	21.82	2.15
Deshija de café	Jornal	5.79	8.89	51.47	5.07
Seguimiento de cosecha	Jornal	14.62	8.89	129.86	12.79
Empleados temporales					
Recolecta de café (Cosecha)	Cajuela	148.68	1.23	182.87	18.01
Insumos					
Fertilizantes					
Gallinaza	Sacos[1]	42.82	1.42	60.80	5.99
K-MAG	Sacos	0.69			
Broza*	Kg	92.68			
Control/plagas					
Omitox	Kg	0.09	5.85	0.53	0.05
*Beauveria**	kg	4.52			
Combustible					
Gasolina	Galones	7.78	3.50	27.23	2.68
Aceite	Galones	0.25	6.05	1.51	0.15
TOTAL				**1,015.38**	**100**

*Estos productos son proporcionados gratuitamente por el ICAFE a todos los productores de Costa Rica, 1=aproximadamente 45 kg

Anexo 16. Costos de producción de una hectárea de café en la finca comercial orgánica CATIE durante el año2007

CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL	PORCENTAJE
Empleados permanentes					
Chapia con cuchillo	Jornal	0.70	10.04	7.00	0.55
Chapia con guadaña	Jornal	14.64	10.04	146.95	11.61
Arrancando malas hierbas	Jornal	2.93	10.04	29.45	2.33
Control de broca con trampas	Jornal	0.46	10.04	4.62	0.36
Grabateo de broca	Jornal	6.39	10.04	64.18	5.07
Control de broca con *Beauveria*	Jornal	2.29	10.04	22.97	1.81
Sombra	Jornal	6.78	10.04	68.08	5.38
Fertilización	Jornal	5.01	10.04	50.27	3.97
Poda de café	Jornal	7.35	10.04	73.79	5.83
Resiembra de café	Jornal	2.68	10.04	26.88	2.12
Deshija de café	Jornal	8.63	10.04	86.59	6.84
Seguimiento de cosecha	Jornal	7.09	10.04	71.19	5.62
Empleados temporales					
Recolecta de café (Cosecha)	Cajuelas	322.34	1.44	464.17	36.67
Insumos					
Fertilizantes					
$CaCO_3$	Bolsas[1]	9.45	1.35	12.76	1.01
Gallinaza	Sacos[2]	46.43	1.64	76.15	6.01
K-MAG	Sacos	1.32	15.84	20.91	1.65
Control/plagas					
Omitox	Kg	0.04	7.90	0.32	0.02
*Beauveria**	kg	4.87			
Combustible					
Gasolina	Galones	9.26	4.08	37.78	2.98
Aceite	Galones	0.3	6.36	1.91	0.15
TOTAL				1,265.97	100

*Este producto es proporcionado gratuitamente por el ICAFE a todos los productores de Costa Rica,
1=45 kg, 2=aproximadamente 45 kg

Anexo 17. Costos de producción de una hectárea de café en la finca comercial orgánica CATIE durante el año2008

CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL	PORCENTAJE
Empleados permanentes					
Chapia con cuchillo	Jornal	0.46	11.36	5.26	0.50
Chapia con guadaña	Jornal	18.44	11.36	209.51	19.73
Arrancando malas hierbas	Jornal	1.66	11.36	18.87	1.78
Control de broca con trampas	Jornal	0.65	11.36	7.37	0.69
Control de broca con *Beauveria*	Jornal	1.11	11.36	12.63	1.19
Sombra	Jornal	7.97	11.36	90.54	8.52
Fertilización	Jornal	1.69	11.36	19.21	1.81
Poda de café	Jornal	9.14	11.36	103.81	9.77
Resiembra de café	Jornal	1.05	11.36	11.90	1.12
Deshija de café	Jornal	8.25	11.36	93.70	8.82
Seguimiento de cosecha	Jornal	7.39	11.36	83.91	7.90
Empleados temporales					
Recolecta de café (Cosecha)	Cajuela	168.83	1.88	317.41	29.89
Insumos					
Fertilizantes					
Gallinaza	Sacos[1]	9.27	2.07	19.19	1.81
K-MAG	Sacos	1.30	19.80	25.74	2.42
Super Magro	Litros	1.95			
Control/plagas					
Omitox	Kg	0.06	7.07	0.42	0.04
*Beauveria**	kg	4.87			
Combustible					
Gasolina	Galones	11.86	3.38	40.09	3.77
Aceite	Galones	0.37	6.79	2.51	0.24
TOTAL				**1,062.06**	**100**

*Este producto es proporcionado gratuitamente por el ICAFE a todos los productores de Costa Rica,
1=aproximadamente 45 kg

Anexo 18. Costos de producción de una hectárea de café en la finca comercial orgánica CATIE durante el año2009

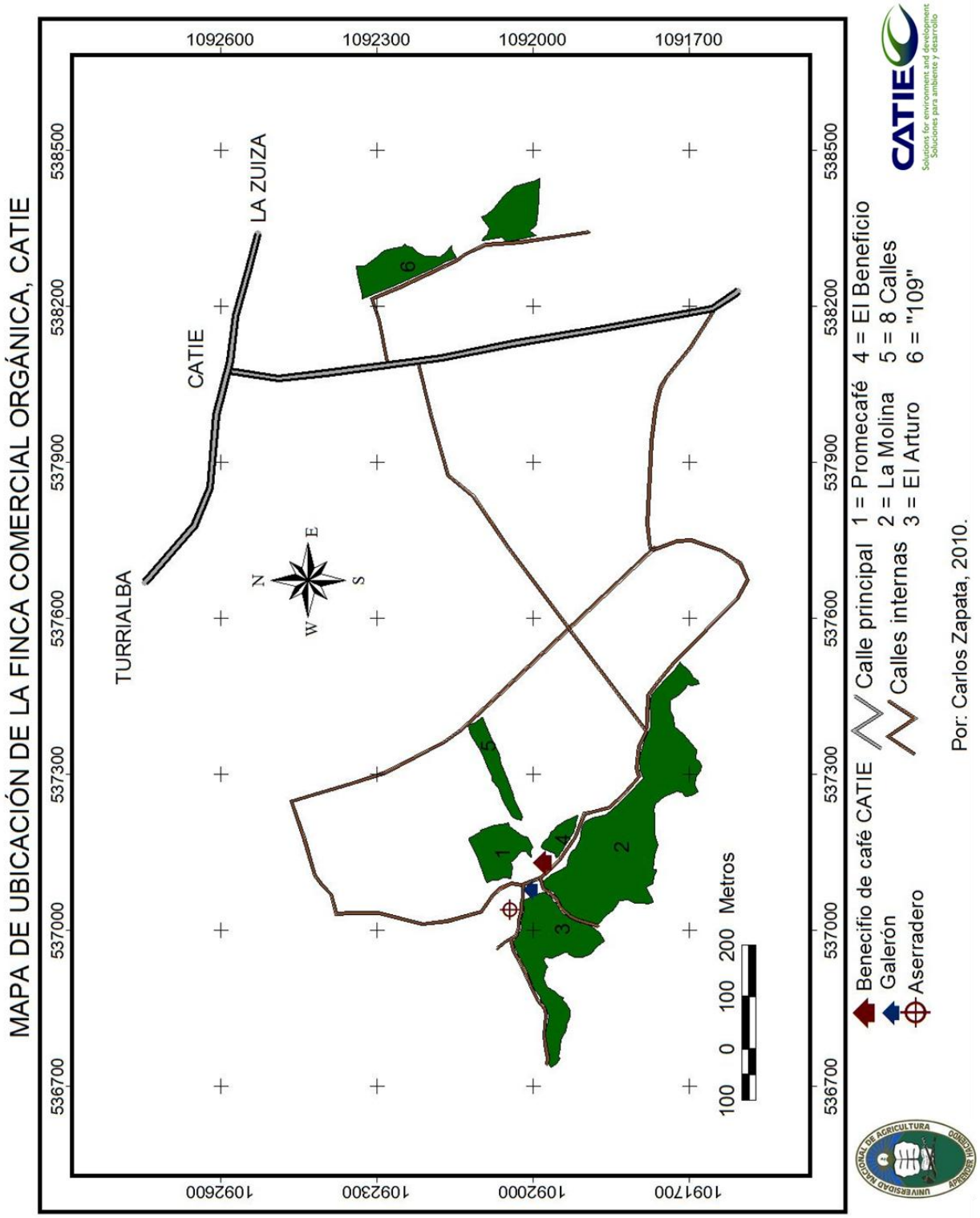
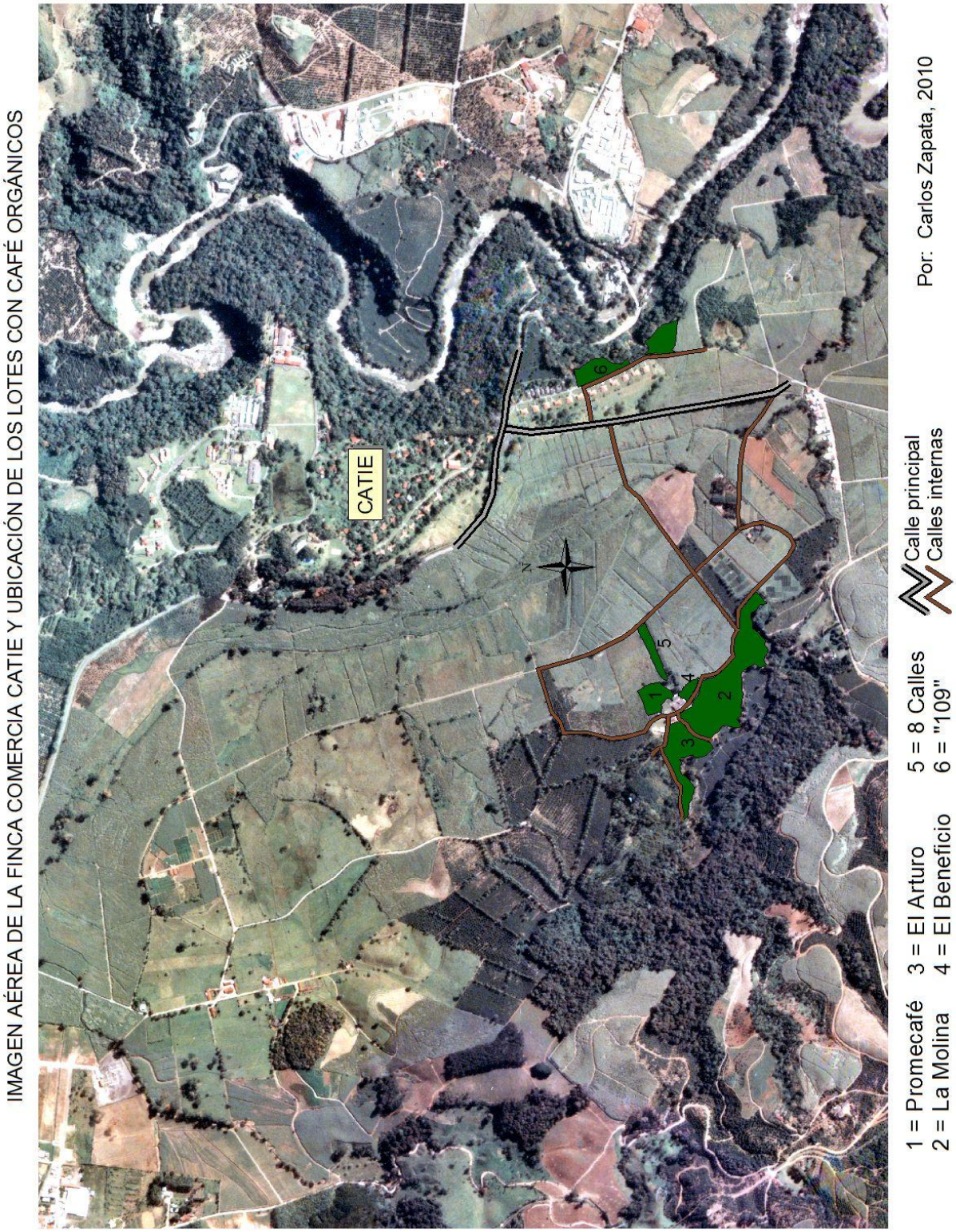
CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL	PORCENTAJE
Empleados permanentes					
Chapia con cuchillo	Jornal	1.33	11.43	15.25	1.27
Chapia con guadaña	Jornal	19.74	11.43	225.62	18.82
Arrancando malas hierbas	Jornal	5.22	11.43	59.63	4.97
Control de broca con trampas	Jornal	0.57	11.43	6.56	0.55
Control de broca con *Beauveria*	Jornal	0.79	11.43	9.01	0.75
Sombra	Jornal	7.20	11.43	82.32	6.87
Fertilización	Jornal	2.32	11.43	26.56	2.21
Poda de café	Jornal	8.73	11.43	99.78	8.32
Resiembra de café	Jornal	1.68	11.43	19.17	1.60
Deshija de café	Jornal	5.36	11.43	61.22	5.11
Seguimiento de cosecha	Jornal	3.73	11.43	42.69	3.56
Empleados temporales					
Recolecta de café (Cosecha)	Cajuela	296.47	1.56	462.49	38.57
Insumos					
Fertilizantes					
Broza*	Kg	2576.26			
Gallinaza	Sacos[1]				
K-MAG	Sacos	1.41	32.86	46.33	3.86
Super Magro	Litros	1.95			
Control/plagas					
*Beauveria**	kg	4.87			
Combustible					
Gasolina	Galones	12.70	3.12	39.62	3.30
Aceite	Galones	0.40	6.74	2.70	0.22
TOTAL				**1,198.96**	**100**

*Estos productos son proporcionados gratuitamente por el ICAFE a todos los productores de Costa Rica, 1=aproximadamente 45 kg

Anexo 19. Densiómetro de espejo, instrumento utilizado para medir el porcentaje de sombra

Anexo 20. Cuadro donde se realizó el recuento de lombrices

Anexo 21. Mapa de la finca comercial orgánica CATIE



Anexo 22. Imagen aérea y ubicación de la finca comercial orgánica CATIE