



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

Evaluación de servicios ambientales en sistemas agroforestales
con café en fincas bajo diferentes tipos de certificaciones en Turrialba,
Costa Rica

Por

José Newthon Pico Mendoza

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado como requisito para
optar por el grado de

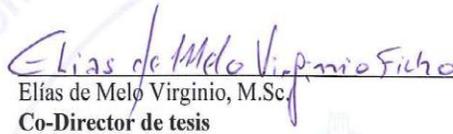
Magister Scientiae en Agricultura Ecológica

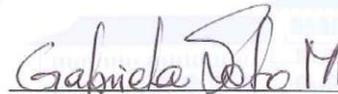
Turrialba, Costa Rica, 2011

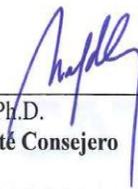
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE EN AGRICULTURA ECOLÓGICA

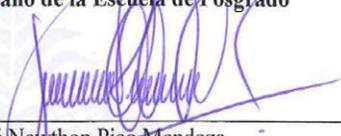
FIRMANTES:


Elías de Melo Virgíneo, M.Sc.
Co-Director de tesis


Gabriela Soto, M.Sc.
Co-Directora de tesis


Bruno Rapidel, Ph.D.
Miembro Comité Consejero


I. Miley González, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado


José Newthon Pico Mendoza
Candidato

DEDICATORIA

A Dios sobre toda las cosas por iluminar mi camino

A mi esposa y a mi querido hijo José Andree Pico Cevallos

A mis padres y hermanos por el apoyo incondicional y permanente

AGRADECIMIENTOS

A mi maestra consejera Gabriela Soto, por su apoyo y frecuentes recomendaciones que hicieron posible desarrollar y fortalecer mis conocimientos durante el transcurso de los dos años de maestría.

A los miembros del comité consejeros de tesis: Elias de Melo y Bruno Rapidel por sus fuertes y acertados comentarios en el asesoramiento durante el desarrollo de la investigación.

A los productores y administradores de fincas, gracias por su colaboración y predisposición durante el desarrollo de mi trabajo de campo.

A los señores Jeremy Haggar y Alma Quilo, por los datos prestados de Nicaragua y Guatemala.

A mis amigas, Elisa Perfetti y Louise Meylan, que me apoyaron durante el desarrollo de mi trabajo.

A la secretaria de Ciencias y Tecnología del Ecuador, por creer en mí y auspiciar mis estudios y a la Universidad Técnica de Manabí por su apoyo y confianza en mi formación profesional.

BIOGRAFÍA

El autor nació en la ciudad de Portoviejo en la provincia de Manabí Ecuador, el 20 de noviembre de 1979. Se graduó como Ingeniero Agrónomo en la Universidad Agraria de la ciudad de Guayaquil en el 2003, cursando sus estudios de carrera en la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo.

Actualmente se desempeña como técnico del Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí, encargado del área de investigación.

Ingresó a estudiar en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanzas CATIE en el 2010 en la maestría de Agricultura Ecológica.

Dirección electrónica

josepicomn@hotmail.com

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO	VI
RESUMEN	X
SUMMARY.....	XI
ÍNDICE DE CUADROS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	XVI
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.1.3 Hipótesis del estudio.....	3
1.1.4 Preguntas.....	3
2 MARCO CONCEPTUAL	4
2.1 SERVICIOS AMBIENTALES.....	4
2.1.1 CONSERVACIÓN DE AGUA	5
2.1.2 CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD	6
2.1.3 ALMACENAMIENTO DE CARBONO	6
2.1.4 CONSERVACIÓN DE SUELO.....	7
2.2 LOS SISTEMAS AGROFORESTALES Y SU SOSTENIBILIDAD	8
2.3 SISTEMA AGROFORESTAL CON CAFÉ.....	9
2.4 INDICADORES AMBIENTALES	10
2.5 CERTIFICACIÓN DE CAFÉ EN COSTA RICA	11
2.5.1 SELLO RAINFOREST ALLIANCE	12
2.5.2 SELLO UTZ CERTIFIED.....	14
2.5.3 SELLO ORGÁNICO.....	16

2.5.4 SELLO NESPRESSO.....	18
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	21
3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE FINCAS.....	22
3.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES	24
3.4 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE FINCAS.....	26
3.5 TOMA DE DATOS DE CAMPO	26
3.5.1 SERVICIO AMBIENTAL: CONSERVACIÓN DE AGUA	26
3.5.2 SERVICIO AMBIENTAL: CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD	27
3.5.3 SERVICIO AMBIENTAL: ALMACENAMIENTO DE CARBONO	29
3.5.4 SERVICIO AMBIENTAL: CONSERVACIÓN DE SUELO.....	31
3.5.5 CÁLCULO DE CRITERIO DE LOS DIFERENTES SERVICIOS AMBIENTALES	32
3.5.5.1 Cálculo criterio de servicio ambiental agua.....	32
3.5.5.2 Cálculo criterio de servicio ambiental biodiversidad.....	33
3.5.5.3 Cálculo criterio de servicio ambiental almacenamiento de carbono.....	33
3.5.5.4 Cálculo criterio de servicio ambiental suelo	33
3.6 METODOLOGIA DE ANALISIS COMPARATIVOS	33
3.6.1 Análisis Costa Rica.....	33
3.6.2 Análisis entre países.....	34
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1 SERVICIOS AMBIENTALES EVALUADOS EN COSTA RICA	36
4.1.1 INDICADORES DE AGUA	36
4.1.1.1 Manejo de contaminación de agua.....	36
4.1.1.2 Evidencia de erosión o deslizamientos en las nacientes, ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos.....	37
4.1.1.3 Obras de prevención de contaminación de las fuentes de agua	38
4.1.2 INDICADORES DE BIODIVERSIDAD.....	39
4.1.2.1 Número de estratos arbóreos.....	39
4.1.2.2 Número de especies de árboles nativos.....	39
4.1.2.3 Número de árboles y arbustos mayores a 5 cm de dap	40

4.1.2.4	Valoración cualitativa de la incidencia de epífitas en árboles	41
4.1.2.5	Porcentaje cobertura de sombra	42
4.1.2.6	Uso de agroquímicos.....	43
4.1.3	INDICADORES DE CARBONO	45
4.1.3.1	Almacenamiento de carbono en café	45
4.1.3.2	Almacenamiento de carbono en árboles	46
4.1.4	INDICADORES DE SUELO	48
4.1.4.1	Cobertura viva de suelo.....	48
4.1.4.2	Acciones correctivas de suelo	49
4.1.4.3	Incidencia de la erosión.....	50
4.1.4.4	Conteo lombrices	51
4.2	CÁLCULOS DE CRITERIOS DE CONSERVACIÓN.....	53
4.2.2	Criterio de conservación de agua.....	53
4.2.3	Criterio biodiversidad	54
4.2.4	Criterio de carbono	55
4.2.1	Criterio de conservación de suelo.....	55
4.3	ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTOS DE LOS REQUISITOS DE NORMAS DE CERTIFICACION.....	57
4.4	COMPARACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES BRINDADOS POR ECOSISTEMAS AGROFORESTALES DE COSTA RICA, NICARAGUA Y GUATEMALA	58
4.4.1	INDICADORES DE AGUA	58
4.4.1.1	Manejo de contaminación de agua.....	58
4.4.1.2	Evidencias de erosión y deslizamientos en los nacimientos de ríos caminos y sedimentación en partes bajas de los caminos.....	59
4.4.1.3	Obras de prevención de contaminación de las fuentes de agua	59
4.4.2	INDICADORES DE BIODIVERSIDAD.....	60
4.4.2.1	Número de estratos arbóreos.....	60
4.4.2.2	Número de especies de árboles nativos.....	61
4.4.2.3	Número de árboles y arbustos mayores a 5 cm de dap	62
4.4.2.4	Valoración cualitativa de la incidencia de epífitas en árboles	63

4.4.2.5 Porcentaje cobertura de sombra	63
4.4.2.6 Uso de agroquímicos.....	64
4.4.3 INDICADORES DE CARBONO	65
4.4.3.1 Almacenamiento de carbono en café	65
4.4.3.2 Almacenamiento de carbono en árboles	65
4.4.4 INDICADORES DE SUELO	66
4.4.4.1 Cobertura de suelo	66
4.4.4.2 Acciones correctivas de suelo	67
4.4.4.3 Incidencia de la erosión.....	68
5 CONCLUSIONES	70
6 RECOMENDACIONES.....	73
7 BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS	83
<i>Anexo 1. CONTRATAS REALIZADOS EN EL ESTUDIO</i>	83
<i>Anexo 2. FORMATO DE EVALUACIÓN CONSERVACIÓN DE AGUA.</i>	91
<i>Anexo 3. FORMATO DE EVALUACIÓN BIODIVERSIDAD</i>	92
<i>Anexo 4. FORMATO DE EVALUACIÓN USOS DE AGROQUIMICOS.....</i>	92
<i>Anexo 5. FORMATO DE EVALUACIÓN CARBONO.....</i>	93

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar los servicios ambientales que proporcionan los sistemas agroforestales con café bajo diferentes sellos de certificación. El presente trabajo se realizó en los cantones de Turrialba y Orosi en 36 fincas, 24 fincas certificadas bajo diferentes sellos (Rainforest Alliance, Nespresso, Orgánico, y Utz) y 12 fincas convencionales. Las comparaciones se realizaron entre fincas de igual tamaño y pendiente en las mismas regiones. Las comparaciones realizadas fueron 6 fincas Nespresso vs 6 Convencionales aledañas (Orosi) 6 Orgánica vs 6 Convencional aledañas y 1 finca grande Rainforest Alliance vs 1 finca grande Utz Kapeh (Turrialba) con 6 sitios de muestreo en cada una. Aplicando la metodología de ANACAFE (Medina et ál.2008) se realizó una entrevista al dueño o administrador de la finca para obtener información sobre el manejo de la finca, y se cuantificaron los servicios ambientales (conservación de agua, suelo, biodiversidad y almacenamiento de carbono). Las mediciones se realizaron en parcelas de 2000m², divididas en 4 sub parcelas de 500m². En el indicador cobertura viva de suelo, las fincas orgánicas presentaron mayor cobertura (73.4%) que las fincas convencionales (24.3%) mostrando diferencias significativas (p=0.01). Rainforest presentó 37.8 % de cobertura y Utz 16.7 % existiendo diferencias significativas (p=0.01). Para el servicio ambiental agua se cuantificaron 3 indicadores a) manejo de contaminación de agua b) obras de conservación en ríos y caminos c) evidencias de erosión, sin que se observara diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En biodiversidad se utilizaron 2 criterios: Calidad de Hábitat (5 indicadores) y Uso de Agroquímicos (3 indicadores). Para el criterio calidad de hábitat no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Para el uso de agroquímicos se observó un menor uso de agroquímicos para fincas Nespresso vs las fincas convencionales en Orosi (p=0.01) y orgánicas vs convencional (p<0.01). En la región centroamericana se comparó fincas orgánicas y convencionales entre países Costa Rica, Nicaragua y Guatemala donde se determinó que existen diferencias estadísticas en los siguientes indicadores: *Número de estratos arbóreos* (p=0.03) *Número de árboles > 5 cm DAP* (P=0.02) y *Acciones correctivas del suelo* (p=0.03) y uso de agroquímicos (p=0.003).

SUMMARY

The objective of this investigation is to evaluate the ecosystem services provided by coffee-based AFS under different certification schemes. The following research was located in the regions of Turrialba and Orosi in Costa Rica, on 36 farms including 24 farms certified under various schemes and 12 conventional farms. Comparisons were made between farms of equal size and slope in each region. The comparisons made were 6 Nespresso-certified farms vs 6 equivalent conventional farms in Orosi; and in Turrialba, between 6 organic and 6 equivalent conventional farms; and between one large Rainforest Alliance farm and an equivalent large Utz-Kapeh certified farm, with 6 sampling sites within each farm. Using an ANACAFE methodology (Medina et al, 2008) the owner or administrator of the farms was interviewed to obtain information on the management of the farm. The ecosystem services provided by the AFS present were measured; conservation of soil, water, and biodiversity, and carbon sequestration. Measurements were made over a 2km² area divided in four 500m² plots.

For the percentage of soil covered by live vegetation, one of the indicators for soil conservation, organic farms had significantly higher scores than conventional farms to which they were compared (averages of 73.4 and 24.3% respectively, $p < 0.01$). Farms certified by Rainforest Alliance also had significantly better soil cover than Utz ($p = 0.01$), with an average of 37.8% and 16.7% respectively.

Three indicators were used to measure water conservation; a) management of contaminated waters, b) river and pathway conservation and c) evidence of erosion. None of the contrasts made using these criteria showed significant differences. For biodiversity conservation, two indicators were used: habitat quality and use of agrochemicals. Habitat quality was not significantly different in any of the groups compared. Use of agrochemicals was higher in conventional farms than in the Nespresso-certified farms ($p = 0.01$) and organic farms ($p < 0.01$) that they were compared to.

In Central America, similar comparisons were made between organic and conventional farms located in Nicaragua and Guatemala. In those comparisons, organic farms performed better for the following indicators: number of tree strata ($p = 0.03$), number of trees with DAP > 5cm ($p = 0.02$), and soil conservation action ($p = 0.03$) and agrochemical use ($p = 0.003$).

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Sello de certificación de las fincas estudiadas y su ubicación	22
Cuadro 2. Características de pendiente (%) y altitud (msnm) de las fincas seleccionadas en Turrialba y Orosi, Costa Rica	23
Cuadro 3. Comparación de altitud y pendiente entre fincas certificadas y no certificadas incluidas en este estudio	23
Cuadro 4. Servicios ambientales, criterios e indicadores considerados en el estudio	24
Cuadro 5. Lugar de evaluación y obras de prevención	27
Cuadro 6. Clasificación de los sistemas agroforestales con sombra.....	28
Cuadro 7. Modelo alométrico aplicado para estimar la biomasa en café	30
Cuadro 8. Modelos alométricos aplicados para estimar la biomasa en especies arbóreas	31
Cuadro 9. Modelo alométrico aplicado para estimar la biomasa en cítricos	31
Cuadro 10. Tamaño de fincas observadas en Nicaragua y Costa Rica.....	35
Cuadro 11. Comparación en tamaño de fincas certificadas y no certificadas en Costa Rica y Nicaragua.....	35
Cuadro 12. Actividades que realizan los productores en el manejo de contaminación de agua en fincas agroforestales de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica	36
Cuadro 13. Evidencias de erosión presentadas en fincas agroforestales de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica.....	38
Cuadro 14. Obras de prevención encontradas en fincas agroforestales de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica.....	39
Cuadro 15. Número de especies nativas/ parcela, encontradas en fincas agroforestales de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica	40
Cuadro 16. Número de árboles > 5 cm dap/parcela (2000 m ²), encontrados en fincas agroforestales de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica	40
Cuadro 19. Almacenamiento de carbono en plantas de café y árboles en fincas de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica	47
Cuadro 20. Promedio de diferentes coberturas de suelo en fincas cafetaleras en Turrialba y Orosí, Costa Rica.....	49
Cuadro 21. Número de acciones correctivas de la erosión en fincas de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica.....	49

Cuadro 22. Suelo perdido en m ³ /ha en fincas agroforestales con café en Turrialba y Orosi, Costa Rica.....	50
Cuadro 23. Resumen de los resultados obtenidos de las evaluaciones sobre servicios ambientales realizados en fincas agroforestales de café en Costa Rica.....	53
Cuadro 24. Relación entre los requisitos de certificación de los sellos orgánicos (NOP e IFOAM) Utz, Nespresso y Rainforest Alliance con los indicadores de servicios ambientales cuantificados en fincas de café en las zonas de Turrialba y Orosi, Costa Rica.....	57
Cuadro 25. Resumen de evaluaciones de servicios ambientales en Costa Rica, Nicaragua y Guatemala.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las fincas estudiadas en Turrialba y Orosí, Costa Rica	21
Figura 2. Estructura de la metodología, definición de criterios, indicadores y variables	25
Figura 3. Porcentaje de cobertura de sombra en fincas de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica. Análisis comparativos realizadas: Nespresso vs convencional; Nespresso; orgánico vs convencional y Rainforest A. vs Utz	42
Figura 4. Uso de agroquímicos en fincas de Turrialba y Orosi, Costa Rica. Análisis comparativos realizados: Nespresso vs convencional Nespresso, orgánico vs convencional.	44
Figura 5. Almacenamiento de carbono en plantas de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica. Análisis comparativos realizados: Nespresso vs convencional, orgánico vs convencional y Rainforest A. vs Utz. Barras.....	46
Figura 6. Almacenamiento de carbono en árboles en fincas de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica. Análisis comparativos realizados: Nespresso vs convencional, orgánico vs convencional y Rainforest A. vs Utz. Barras.....	47
Figura 7. Porcentaje de cobertura viva del suelo en fincas de café certificadas y no certificadas en Turrialba y Orosí, Costa Rica. Análisis comparativos realizados: Nespresso vs convencional, orgánico vs convencional y Rainforest vs Utz.	48
Figura 8. Número de lombrices/m ² en fincas agroforestales de café certificadas y no certificadas en Turrialba y Orosi, Costa Rica. Comparaciones realizadas: Nespresso vs convencional Nespresso, orgánico vs convencional y Rainforest A. vs Utz	51
Figura 9. Correlación entre lombrices y hojarasca en las fincas certificadas y no certificadas en Turrialba y Orosí, Costa Rica	52
Figura 10. Cálculo de criterio agua en fincas de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica. Comparaciones: fincas con sello Nespresso vs manejo convencional, fincas con manejo orgánico vs convencional.....	54
Figura 11. Cálculo de criterio biodiversidad en fincas de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica. Comparaciones realizadas: fincas con certificación Nespresso vs convencional, orgánico vs convencional y Rainforest A. vs Utz.	55
Figura 12. Cálculo de criterio de conservación de suelo en fincas de café de Turrialba y Orosi, Costa Rica. Comparaciones entre fincas con sello Nespresso vs manejo	

convencional, manejo orgánico vs manejo convencional, y con certificación Rainforest Alliance vs Utz.....	56
Figura 13. Obras de prevención de contaminación de fuentes de agua a nivel de fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala.	60
Figura 14. Número de estratos arbóreos en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala	61
Figura 15. Número de especies de árboles nativos en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica y Nicaragua	61
Figura 16. Número de árboles > 5 cm de dap /parcela en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica y Nicaragua	62
Figura 17. Porcentaje de cobertura de sombra en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica y Nicaragua	64
Figura 18. Uso de agroquímicos en fincas certificadas y no certificadas en países Costa Rica, Nicaragua, Guatemala	64
Figura 19. Toneladas de carbono almacenado en plantas de café en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala.....	65
Figura 20. Toneladas de carbono almacenado en árboles en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala	66
Figura 21. Porcentaje de cobertura viva de suelo en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala	67
Figura 22. Obras correctivas de la erosión en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala	67
Figura 23. Pérdida de suelo en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica y Nicaragua	68

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

ANACAFE:	Asociación de Café, Guatemala
CR:	Costa Rica
Dap:	Diámetro a la altura del pecho
FONAFIFO:	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
ICAFE:	Instituto del Café, Costa Rica
IDS:	Indicadores Desarrollo Sostenible
MEA:	Evaluación de Ecosistemas del Milenio
OECD:	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
PSA:	Pago por Servicios Ambientales
RAS:	Red de Agricultura Sostenible
SA:	Servicios Ambientales
SAF:	Sistemas Agroforestales

1 INTRODUCCIÓN

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA 2005) destaca que en los últimos 50 años los seres humanos han transformado los ecosistemas extensa e intensivamente más rápido que en ningún otro periodo de tiempo comparable en la historia, debido al acelerado incremento poblacional que genera una creciente demanda de alimentos, agua dulce, madera, fibra y combustible; para cubrir esta demanda, han aumentado las áreas agrícolas en detrimento de la cobertura de bosques y ha habido un uso indiscriminado de insumos sintéticos. Esta creciente demanda de alimentos y la sobreexplotación de los recursos naturales tienen efectos negativos en la capacidad de los ecosistemas para brindar bienes y servicios de forma permanente; sin embargo, en algunos casos, dependiendo del manejo los ecosistemas intervenidos por el hombre pueden ofrecer una variedad de servicios (Gobbi et ál. 2005 citado por Retamal et ál. 2008). Ejemplo de ello es que agroecosistemas bien manejados con implementación de prácticas de conservación de suelos y agua, pueden reducir la pérdida de la fertilidad del suelo y mejorar la disponibilidad y calidad del agua (Retamal et ál. 2008).

Al ser los servicios ambientales vulnerables a actividades humanas, es importante desarrollar métodos de evaluación de estos, para determinar el estado actual en que se encuentran y sobre todo la tendencia que puedan tener a corto, mediano y largo plazo, con el fin de poder determinar la sostenibilidad de un ecosistema o agroecosistema. El desarrollo de herramientas de evaluación siempre será indispensable para la valoración permanente de los servicios, como es el caso de los indicadores de sostenibilidad, que se interpretan como un sistema de señales que facilita la evaluación de los procesos de desarrollo (Quiroga 2001).

Pero las necesidades del hombre no están dadas solo en valorar los servicios que brindan los ecosistemas, sino los bienes que proporcionan, ya que abastecen sus necesidades básicas de alimentación y bienestar. De ahí la importancia de que los modelos de producción puedan cubrir y proporcionar bienes y servicios de calidad a la población y que promuevan aspectos de conservación de los recursos naturales. Entre los modelos alternativos de producción se pueden mencionar los sistemas agroforestales, destacándose como un sistema de producción con gran importancia económica y social (García 1999). En estos sistemas ocurren efectos y funciones que contribuyen a la reducción de la presión sobre los bosques, son fuentes alternas de madera, hábitat para animales diseminadores y polinizadores y reducen el crecimiento de arvenses agresivas, entre otros aspectos (Jiménez et ál. 2001).

Lamentablemente existen vacíos de conocimientos y limitaciones sobre los SAF y sus beneficios; entre ellas, faltan análisis económicos que incluyan la valoración de los bienes y servicios, donde se debe desarrollar y probar en diferentes escenarios socioeconómicos, métodos para el manejo de incentivos financieros en la adopción o mejoramiento de los SAF para favorecer un mejor uso de la tierra (Beer et ál. 2003). Existe un limitado proceso de promoción y mejoramiento de propuestas de café sostenible sobre el aporte que tienen en la conservación de los servicios ambientales en los sistemas agroforestales, lo que nos lleva a evaluar los distintos esquemas de certificación en Costa Rica.

En el marco anterior, este estudio contribuye a determinar cuál es la contribución que tienen los sistemas agroforestales de fincas bajo diferentes sellos de certificación y con manejo convencional en Costa Rica en la provisión de servicios ambientales y a distinguir a nivel regional, cuáles son las diferencias y semejanzas de los sistemas de manejo orgánicos y convencionales en la calidad de los servicios que prestan. También contribuye a establecer el papel de los sellos de certificación en la conservación y mantenimiento de los servicios ambientales, determinando el grado de sostenibilidad que brindan a los sistemas de producción, a la toma de decisiones y a la reorientación de políticas ambientales, como también a determinar si los sistemas de producción orgánico y convencional se asemejan en la provisión de los servicios ambientales a nivel regional.

1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1.1 Objetivo general

Determinar los servicios ambientales conservación de agua, biodiversidad, suelo y almacenamiento de carbono en los sistemas agroforestales con café bajo diferentes tipos de certificación.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar los servicios ambientales, a través del índice ecológico, en fincas certificadas y no certificadas de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica.
- Comparar los servicios ambientales (conservación de agua, biodiversidad, protección del suelo y almacenamiento de carbono) brindados por sistemas agroforestales de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala.

1.1.3 Hipótesis del estudio

- Los sistemas agroforestales con certificación orgánica no se diferencian de sistemas con otras certificaciones, en cuanto a la calidad de servicio ambiental.

1.1.4 Preguntas

- ¿Cuál es la contribución de los sistemas agroforestales con café certificado y no certificado en cuanto a los servicios ambientales e índice ecológico?
- ¿Cuál es la diferencia o similitud de los servicios ambientales en los sistemas agroforestales estudiados en esta investigación con estudios realizados en Nicaragua y Guatemala?

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 SERVICIOS AMBIENTALES

Los servicios ambientales son condiciones y procesos de los ecosistemas y agroecosistemas que generan múltiples beneficios para los individuos y las comunidades (Daily 1997). Como ejemplo de estos servicios están la conservación de agua, suelo, fijación de carbono, belleza escénica, satisfacción de las necesidades culturales, espirituales y recreativas, que contribuyen a que la población tenga una vida digna (Millenium Ecosystem Assesment 2005). Estos servicios se dividen en cuatro categorías:

- 1.- **Aprovisionamiento.**- Bienes producidos por los ecosistemas como alimentos, agua limpia, combustible, madera, fibra, recursos genéticos, medicinas naturales y otros.
- 2.- **Regulación.**- Son los servicios que regulan el clima como calidad del aire, regulación, regulación hídrica, control de erosión, mitigación de riesgos, regulación de las enfermedades, control biológico, y la polinización.
- 3.- **Culturales.**- Son los beneficios no materiales que enriquecen la calidad de vida, tales como diversidad cultural, valores religiosos y espirituales, conocimientos tradicionales, valores éticos, relaciones sociales, valores de patrimonio cultural, recreación y ecoturismo.
- 4.- **Apoyo.**- Son los servicios necesarios para producir todos los otros servicios, incluyendo la producción primaria, formación de suelo, producción de oxígeno, retención de suelos, ciclaje de nutrientes.

La valoración de los servicios ambientales se convierte en un elemento relevante en los procesos de conservación y desarrollo por el hecho de reconocer socialmente su valor y por haber facilitado el entendimiento de la importancia que tiene el proteger los recursos naturales en general (Barrantes 2000).

Como ejemplos de la valoración de los servicios ambientales, en el mundo existen casos específicos de programas de compensación por conservación de los recursos naturales como es el caso de Costa Rica, donde se han reconocido servicios ambientales tales como: mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, protección del agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico, protección de la biodiversidad para su conservación y uso sostenible, científico y farmacéutico, de investigación, la protección de ecosistemas y de formas de vida y

la belleza escénica natural para fines turísticos y científicos. (FONAFIFO 2007). Este reconocimiento se hace a través del programa de pago por servicios ambientales (PSA) por parte del Estado en conjunto con FONAFIFO a los propietarios y poseedores de bosques y plantaciones forestales por los servicios ambientales que estos proveen.

Para el caso específico de esta investigación, se hace referencia a los servicios ambientales que prestan sistemas agroforestales con café en fincas con diferentes tipos de certificaciones en los cantones de Turrialba y Orosí, Costa Rica. Los servicios ambientales considerados específicamente son: conservación de agua, biodiversidad, protección del suelo y almacenamiento de carbono.

2.1.1 CONSERVACIÓN DE AGUA

El servicio ambiental hídrico se refiere a la capacidad que tienen los ecosistemas para captar agua y mantener la oferta hídrica a los individuos y a la sociedad en general (Constanza et ál. 1998); convirtiéndose en un recurso fundamental para toda forma de vida por lo que su conservación y manejo debe constituirse una prioridad a nivel global (Babbar sf).

Por tal razón, el agua, al ser un recurso natural renovable, posee múltiples beneficios para la humanidad por lo que la disponibilidad, calidad y su manejo merecen mucha atención y cuidado. Así, se constituye en un factor determinante para muchas actividades en los procesos de desarrollo del hombre (Barlow 1991 citado por Ocampo 2004). Lastimosamente el escenario no es muy alentador tomando en cuenta que el consumo de agua aumenta cada 20 años y para el 2025 tiende a incrementarse en un 56%, lo cual trae consigo consecuencias ecológicas, sociales y económicas a nivel mundial.

Debido a esta tendencia, se debe de tener presente la adopción de prácticas de conservación del recurso, y comenzar a preservar los ecosistemas que contribuyen a mantener la disponibilidad en calidad y cantidad de agua. Entre las prácticas de conservación está el mantener la cobertura forestal en las microcuencas, lo que aporta al cuidado y mantenimiento del agua, evita la erosión y la sedimentación (Stadtmuller 1994). Otras prácticas tienen que ver con mantener las áreas boscosas en las orillas de los ríos y cercas de quebradas que ayudan a evitar la erosión y sedimentación.

2.1.2 CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD

La biodiversidad o diversidad biológica se refiere a la variabilidad de todos los organismos vivos y los complejos ecológicos en los que se da (OTA 1992; Pagiola et ál. 1997 citado por Harvey 2001). La biodiversidad se puede determinar en tres niveles: genético, de especies y de ecosistemas y se mide de forma simple bajo esquemas como abundancia, número de especies y su frecuencia relativa (Harvey 2001).

A su vez la biodiversidad se puede representar como la máxima expresión de vida en el planeta. Sus funciones forman la base para el funcionamiento de los ecosistemas, por lo tanto una de las razones para mantener, restituir y aumentar la biodiversidad en los agroecosistemas es que ésta presta una serie de servicios ambientales como reciclaje de nutrientes, control de microclimas locales, regulación de procesos hidrológicos, regulación de organismos indeseables y eliminación de sustancias químicas nocivas (Altieri 1999). La mayoría de estos procesos de renovación son biológicos, y por tanto, van a depender de su permanencia.

Si la biodiversidad disminuye, tendría graves consecuencias para la humanidad, reduciéndose la capacidad de los ecosistemas de suministrar los bienes y servicios que generan como lo son beneficios económicos, agrícolas, culturales, espirituales y de salud pública (OAS 2004). La producción en sistemas de monocultivos contribuye a la pérdida de biodiversidad (Altieri 1999), por lo que una estrategia clave para conservarla es establecer sistemas sustentables diversos a nivel de los paisajes.

2.1.3 ALMACENAMIENTO DE CARBONO

La fijación y el almacenamiento de carbono es uno de los servicios ambientales de los ecosistemas forestales y agrícolas (Segura 1997). Este se genera en el proceso de fotosíntesis realizado por hojas, tallos y otras partes verdes de las plantas, con el cual se captura el CO₂ atmosférico para la producción de carbohidratos y azúcares, al tiempo que se libera oxígeno. Así se forma la biomasa y la madera de los árboles que capturan el carbono llegando a ser sumideros de carbono (Cuéllar et ál. 1999).

Una de las fuentes que contribuye a la concentración de CO₂ en la atmósfera es la quema de combustibles fósiles, que ha ocasionado en los últimos 300 años un aumento de un 35% debido a los cambios de usos del suelo impuestos por la agricultura (Foley 2005 citado por Mena 2008). Las funciones de fijación y almacenamiento de carbono de los sistemas de

producción, entonces, favorecen el ciclo global del carbono, y contrarrestan las consecuencias negativas que provocan alteraciones provocadas por el hombre o por causas naturales, como la conversión de bosques a otros usos (Ramírez et ál. 1999).

Según Fournier (1996) indica que las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales por sus estructuras complejas desempeñan un importante rol en el ciclo global de carbono, mediante su acumulación temporal de biomasa tanto aérea como radicular. Aunque el almacenamiento carbono en los sistemas agroforestales muchas veces va a depender de su ubicación, de la funcionalidad, de su composición, de los factores ambientales y socioeconómicos, como también de las especies arbóreas y su manejo (Albrecht y Kandji 2003).

Los sistemas agroforestales podrían acumular entre 1,1 y 2,2 Pg. C en los próximos 50 años a nivel mundial; una hectárea bajo uso agroforestal puede almacenar un promedio de 95 Mg C, además de suministrar bienes y servicios que pueden potencialmente evitar que se deforesten de 5 a 20 ha/ año (Albrecht y Kandji 2003 y López et ál. 1999).

2.1.4 CONSERVACIÓN DE SUELO

El suelo constituye el fundamento más importante de la producción agropecuaria y con ello de la alimentación humana (Benzing 2001). Por lo que es un componente dinámico del agroecosistema, sujeto a alteraciones que pueden degradarlo o manejarlo responsablemente (Gliessman 2002).

El suelo, además de la producción de alimentos, cumple con otras funciones en los ecosistemas terrestres, entre lo que destacan la función de hábitat para una enorme diversidad de organismos, regulación del ciclo del agua, carbono y del intercambio de radiación y calor con la atmosfera, teniendo la función de filtro y tapón para agua, ácidos y sustancias tóxicas (Benzing 2001).

Estos aspectos están ligados a la sostenibilidad de los recursos y a la provisión de los servicios que son generados por el suelo, sirviendo de sostenimiento para los demás servicios ambientales. De ahí la importancia de mantener los suelos a través de obras de conservación, entendiéndose como el conjunto de medidas para la prevención y control de la erosión o el mantenimiento de la fertilidad (Stocking y De Graaff 1993, citado por Becerra 1998).

2.2 LOS SISTEMAS AGROFORESTALES Y SU SOSTENIBILIDAD

Somarriba (1990) define a los sistemas agroforestales como formas de cultivos múltiples que satisfacen tres condiciones básicas:

- Existen al menos dos especies de plantas que interactúan biológicamente
- Al menos uno de los componentes es una leñosa y perenne
- Al menos uno de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas

Entre los propósitos que tienen los sistemas agroforestales es el de lograr sinergismo entre los componentes hombre, cultivo, agua, suelo, leñosas, y factores climáticos, que conlleve a sostener mejores características como productividad y sostenibilidad, así como beneficios ambientales y no comerciales (Burley et ál. 1998). Así, suministran al pequeño agricultor diversos productos que puede tomar cuando tiene problemas financieros (Viana et ál. 1997).

En el aspecto de provisión de servicios ambientales que proporcionan los sistemas agroforestales, Beer et ál. (2003) en concordancia con Kursten y Burschel (1993) y Muñoz et ál. (1997) explican cuáles son las principales funciones:

- Mantenimiento de la fertilidad del suelo, fijación de nitrógeno y reciclaje de nutrientes
- Conservación del agua (cantidad y calidad) al favorecer la infiltración y reducir la escorrentía superficial que podría contaminar el recurso agua.
- Captura de carbono enfatizando el potencial de los sistemas silvopastoriles
- Conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados.

Además suministran hábitats y alimento para especies animales; mantienen la conexión del paisaje; reduciendo la frecuencia e intensidad de los incendios; y contribuyen como área de amortiguación a las zonas protegidas (Kaimowitz 2003; Schroth et ál. 2004, citado por Monge et ál. 2009).

Schroth et ál. (2004) presentan tres hipótesis para explicar cómo los SAF contribuyen a la conservación de la biodiversidad en paisajes tropicales:

- Agroforestería-Deforestación: reduce la presión sobre el bosque natural al proveer recursos leñosos, o puede ayudar a la población local a desempeñarse con recursos forestales limitados.
- Agroforestería-Hábitat: los SAF pueden proveer hábitat y recursos para plantas nativas y especies animales dependientes del bosque que podrían no sobrevivir en un paisaje puramente agrícola
- Agroforestería-Matriz: paisajes que son mosaicos de áreas agrícolas y vegetación natural. El valor de conservación de los remanentes de vegetación natural es mayor si están incluidos en un paisaje dominado por elementos agroforestales que si la matriz circundante consiste solo de campos cultivados y pasturas en su mayoría sin cobertura arbórea.

2.3 SISTEMA AGROFORESTAL CON CAFÉ

Los sistemas agroforestales con café, aparte de la función de proporcionar sombra, realiza mejoras en la calidad de los suelos, propicia condiciones favorables para la biodiversidad y genera ingresos adicionales, ya sea como madera, leña u otros productos no maderables. En el caso de las leguminosas, fijan nitrógeno que reducen los requerimientos de fertilizantes nitrogenados en el cultivo, minimizando los gastos del caficultor y la contaminación ambiental (Muschler 2000).

Es importante conocer los tipos de manejo que se dan en los sistemas agroforestales, para poder identificar cada sistema en base a la densidad de cafetos, sombra y variedades, para esto Galloway y Beer (1997) identificaron tres sistemas de manejo en Costa Rica:

- Tradicional: corresponde al 10% de los cafetales del país, con baja densidad (entre 1400 a 1580 plantas/ha), trazo irregular, variedades de porte alto, híbridos Mundo Novo o Típica. Manejo poco intensivo (escaso manejo técnico, exceso de sombra) bajos niveles de fertilización, y poco uso de agroquímicos.
- Semitecnificado: corresponden al 50% de los cafetales, con variedades de porte bajo como Catuai y Caturra, densidad mayor a 4260 plantas/ha, sombra regulada o plena exposición, trazo uniforme, mayor grado de control sanitario y usos de fertilizantes, pero menos intensivos que en las fincas tecnificadas.

- **Tecnificado:** corresponde al 40% de la producción de café, utilizando variedades como Catuai y Caturra, preferentemente están a plena exposición, con densidades de siembra de 5700 plantas /ha, trazos en curvas de nivel cuando es necesario, eficiente control sanitario, uso intensivo de fertilizantes (500-1000 kg/ha/año) y control químico de malezas.

Boyce et ál. (1993) manifiestan que los sistemas agroforestales con café pueden regirse por diferentes sistemas de manejo, como orgánico, convencional y otras clasificaciones.

- El manejo convencional se basa en el uso de agroquímicos sintéticos, tales como insecticidas, fertilizantes y herbicidas para lograr altas producciones por unidad de superficie y viene asociado con un dosel de sombra monoespecífico o plantaciones a pleno sol.
- La caficultura orgánica se fundamenta en la conservación y mejoramiento de las condiciones ecológicas de los agroecosistemas, como la conservación de los suelos, el agua y la biodiversidad, logrando la sostenibilidad de la producción a largo plazo. Se caracteriza por el uso de insumos producidos muchas veces con materiales de la propia finca, y por el manejo intensivo de mano de obra.

Por las propiedades que presentan los SAF con café, en Centroamérica en los últimos años se ha venido desarrollando poco a poco la implementación de estos sistemas, por el potencial que tiene para contribuir a la sostenibilidad agrícola, forestal, y sobre todo por mejorar la calidad del ambiente y la estabilidad de los productores (Reiche y Gómez 1993).

2.4 INDICADORES AMBIENTALES

Un indicador es un parámetro cualitativo o cuantitativo que sirve para verificar el cumplimiento de un criterio. Un indicador cuantitativo se expresa y evalúa en cantidades, números, volúmenes, porcentajes, mientras que un indicador cualitativo se expresa como situación, objeto, proceso y es expresado en términos de bueno, suficiente, satisfactorio (Lammnerts van Bueren y Blom 1997, citado por Moran et ál. 2006). Para Castañeda y Samayoa (2002) cumplen con tres objetivos: proteger la salud humana y el bienestar general de la población; garantizar el aprovechamiento sustentable de los recursos; conservar la integridad de los ecosistemas.

La cantidad de indicadores debe ser la mínima posible para mantener la mayor certidumbre científica, con menos esfuerzo y costo. Los indicadores apropiados deben de tener las siguientes características:

- Significativo, pertinente
- Claro
- Específico
- Descriptivo
- Repetible para otros sistemas
- Objetivo
- Veraz, confiable y sensibles a cambios del sistema.

La elección de los indicadores es crucial para determinar la calidad del manejo del sistema, ya que estos determinan condiciones y requerimientos a tomar (Moran et ál. 2006).

2.5 CERTIFICACIÓN DE CAFÉ EN COSTA RICA

Certificar es asegurar, afirmar, fijar y señalar con conocimientos seguros y claros de algún suceso o hecho. La certificación es proporcionada por agencias certificadoras independientes, asegurando que el proceso de producción y su producto final cumplan satisfactoriamente las normas y requisitos establecidos por organizaciones y países y es garantía para los productores (Andersen 2003).

La certificación ambiental es una herramienta utilizada por los empresarios para diferenciar sus productos en el mercado nacional e internacional, con el objetivo de alcanzar mayor competitividad (Instituto Humboldt 2003). La certificación puede ser de dos tipos: la obligatoria, que es otorgada por la autoridad pública como reconocimiento al cumplimiento de normas jurídicas y relacionadas con la seguridad, sanidad y protección del medio ambiente, y la certificación voluntaria, mediante una institución certificadora que otorga garantía escrita de que un producto, proceso o servicio está en conformidad con los requisitos especificados.

En el país el 92% de los productores tienen un área sembrada de café con menos de cinco hectáreas, que en conjunto representa un 44% del área total. El 6% tiene superficies de entre 5 y 20 hectáreas y representan el 21% y, el 2% tiene plantaciones de más de 20 hectáreas representando el 35% del total de la superficie cultivada (ICAFE 2010). Predominan las

plantaciones de variedades de porte bajo y alta productividad, como Caturra y Catuai, las cuales cubren más del 90% del área nacional.

2.5.1 SELLO RAINFOREST ALLIANCE

Según las Normas para Agricultura Sostenible (2010), la norma de esta certificación se basa en los temas de factibilidad ambiental, equidad social y viabilidad económica; se basa en principios que a su vez derivan de criterios que se clasifican en críticos y no críticos.

Un criterio crítico es un criterio que requiere cumplimiento total para que la finca se certifique o mantenga su certificación. Una finca que no cumpla con un criterio de este tipo no se certificará, o bien se cancelará su certificación aunque cumpla con los demás requisitos de la certificación. Los criterios críticos son 15.

Para obtener y mantener la certificación, las fincas deben cumplir como mínimo con el 50% de los criterios aplicables de cada principio y como mínimo con el 80% del total de los criterios aplicables de *Norma para Agricultura Sostenible*. Estos principios son los siguientes: Sistema de gestión social y ambiental, Conservación de ecosistemas, Protección de la vida silvestre, Conservación de recursos hídricos, Trato justo y buenas condiciones para los trabajadores, Salud y seguridad ocupacional, Relaciones con la comunidad, Manejo integrado del cultivo, Manejo y conservación del suelo, Manejo integrado de desechos (Red de Agricultura Sostenible 2010). A continuación se describen las actividades e indicadores que toman en consideración el sello de certificación de Rainforest Alliance (Normas para Agricultura Sostenible 2010):

Agua

- Debe de tener un sistemas de tratamientos para aguas residuales
- El agua de lavado de equipos de agroquímicos deben ser recolectados y no mezclados con aguas residuales o domésticos
- La finca debe contemplar la recirculación y reúso de aguas
- Las fincas con riego deben de contar con un diseño y mantenimiento del sistema de riego para evitar desperdicios
- Las fincas que vierten o descargan aguas residuales en el ambiente deben establecer un programa de monitoreo y análisis de estas aguas

- La finca debe restringir el uso de tanques sépticos al tratamiento de aguas residuales domésticas (aguas grises y negras) y aguas residuales no industriales con el propósito de no producir impactos negativos en las aguas subterráneas o superficiales

Biodiversidad

- Mantener barreras de vegetación entre el cultivo, entre áreas de producción y orillas de caminos públicos, con vegetación nativa permanente
- 12 especies nativas/ha
- 2 doseles o estratos
- 40% densidad promedio del dosel

Carbono

- Realizar prácticas para reducir las emisiones GEI
- Incrementar la captura de dióxido de carbono

Suelo

- Tener un programa de prevención y control de erosión
- La finca debe tener un programa de fertilización de suelos o cultivos, dando prioridad a la fertilización orgánica
- La finca debe usar y expandir el uso de coberturas verdes de vegetación para reducir la erosión y mejorar la fertilidad, estructura y contenido de materia orgánica de los suelos
- La finca debe promover el uso de áreas de descanso con vegetación natural o sembrada

Uso de agroquímicos

- La finca debe ejecutar un programa de manejo integrado de plagas, fundamentado en principios ecológicos de control de poblaciones de plagas dañinas (insectos, plantas, animales y microbios)
- Tener prioridad al uso de controles físicos, mecánicos, culturales y biológicos y al menor uso posible de agroquímicos
- Registrar los productos, la dosis y el volumen aplicado
- No se permite uso de sustancias biológicas u orgánicas y agroquímicos no autorizadas en el país, así como agroquímicos restringidos en EEUU y Europa, además de sustancias que se encuentren en el listado de la docena sucia

- Reducir ingredientes activos clase Ia, Ib, y clase II.

2.5.2 SELLO UTZ CERTIFIED

UTZ CERTIFIED es un programa global de certificación que establece el estándar para la producción responsable de café y su suministro. El programa de certificación UTZ Certified se basa en un código de conducta *UTZ CERTIFIED Good Inside* que es un grupo de criterios reconocidos internacionalmente para la producción responsable de café, involucrando aspectos sociales y ambientales basándose en convenios de la OIT, incluyendo los principios de las buenas prácticas agrícolas (Utz Certified 2010).

El Código de Conducta consiste en 175 puntos de control divididos en 11 capítulos, los cuales siguen el orden de las diferentes etapas del cultivo y producción del café. Existen puntos de controles obligatorios y adicionales, donde el titular del certificado debe de cumplir con los puntos obligatorios y con un número indicado de puntos adicionales. Estos puntos de control son los siguientes: trazabilidad, identificación del producto y separación, sistema de administración, archivo de registros y auto inspección, variedades y patrones, manejo de suelos, uso de fertilizantes, irrigación, productos fitosanitarios, cosecha, manejo pos cosecha del producto, derechos, salud y seguridad de los trabajadores, recursos naturales y biodiversidad (UTZ Certified 2010). A continuación se describen las actividades e indicadores que se consideran en las normas del sello de certificación Utz.

Agua

- Realizar una evaluación anual de los riesgos de contaminación química, física o con productos fitosanitarios de las fuentes de agua
- Las aguas residuales sin tratamiento no son usadas para la irrigación
- El agua de irrigación es extraída de fuentes sostenibles
- Se implementa un plan de acción para el agua. El objetivo de este plan es (re)utilizar el agua eficientemente y minimizar la cantidad de agua usada en el proceso de beneficiado húmedo
- El productor debe proteger y conservar todas las corrientes y fuentes de agua
- El productor permite el crecimiento de una franja de vegetación nativa a lo largo de las corrientes de agua para controlar la erosión

Biodiversidad

- La finca debe tener un plan de conservación o participar en un plan regional de manejo de biodiversidad o de bosques
- Manejar posibilidades de diversificar sus productos como una manera de hacer más sostenible la producción de café
- Se prohíbe la degradación y/o deforestación del bosque primario
- El productor usa árboles de sombra si es compatible con las prácticas locales de producción de café y toma en cuenta la productividad
- La producción de café no se realiza en áreas protegidas, ni cerca (2 km) de estas áreas si no está permitido en el plan oficial de manejo del área.

Suelo

- Se evalúa el estado de la fertilidad del suelo
- Usa prácticas de conservación y recuperación de la estructura y fertilidad del suelo
- Usa técnicas para evitar la erosión del suelo

Uso de agroquímicos

- Programa de fertilización, asegurando que el fertilizante se aplique eficientemente sin que exceda las necesidades del cultivo
- No está permitido aplicar fertilizantes a menos de 5 m de las corrientes de agua
- Debe usar los subproductos del cultivo y procesamiento del café (pulpa, pergamino y cascarilla) como fertilizante, compost, mulch o fuente de energía
- Registrar el producto, dosis y volumen aplicado por ha
- El productor no usa los productos fitosanitarios que están prohibidos en la Unión Europea, Estados Unidos y/o Japón
- Todos los productos fitosanitarios son preparados, mezclados y aplicados de acuerdo a las instrucciones de la etiqueta
- La protección del café contra las plagas, enfermedades y malezas se realiza con la cantidad mínima apropiada de productos fitosanitarios
- Debe aplicar técnicas de MIP reconocidas donde es posible

Fuente: Código de conducta Utz certified Good Inside (2010)

2.5.3 SELLO ORGÁNICO

Las normas para la agricultura orgánica son creadas principalmente por agencias certificadoras privadas, pero también muchos países han creado normas nacionales. En Centroamérica, el gobierno de Costa Rica ha establecido sus propias reglas y los otros países están en el proceso de crear y poner en práctica las suyas, con el fin de apoyar al sector de la agricultura orgánica.

Las normativas de producción orgánica no están definidas solo para café, por el contrario son normas generales para todo tipo de cultivo, donde intervienen otros aspectos como un manejo mecanizado de arvenses, aprovechamiento de los recursos de la finca para la fertilización o control de plagas, realización de abonos orgánicos o elaboración de productos naturales con repelencia a insectos plagas, recurriendo a fuentes de trabajo de pequeños productores (Boyce et ál. 1993).

La producción orgánica contiene requisitos relacionados con el período de transición de la finca (que corresponde al tiempo que la finca debe utilizar métodos de producción orgánicos y que va de 2-3años). El período de transición de la finca para obtener la certificación orgánica a veces resulta costoso para el productor, ya que mientras pasan los dos o tres años, el producto se vende a su precio convencional, pero el productor tiene que cumplir con los principios de la producción orgánica, lo cual puede aumentar sus costos de producción y disminuir su productividad, al menos al principio (Andersen 2003). A continuación se describen las actividades e indicadores tomados en las normativas NOP 2000 e IFOAM 2009.

Agua

- Utilizar técnicas que conserven el agua, tales como el aumento de la materia orgánica del suelo, la programación de la plantación y un diseño apropiado, eficiente y programado de las operaciones de riego
- Aplicar agua e insumos de manera que no contaminen el agua por escurrimiento superficial o lixiviación a aguas subterráneas
- Instalar sistemas que permitan el uso responsable y el reciclaje del agua que no esté contaminada
- Diseñar sistemas que usen las fuentes de agua de manera responsable y apropiada

Biodiversidad

- Los operadores deberán tomar medidas para mantener y mejorar el paisaje y estimular la calidad de la biodiversidad
- Está prohibida la destrucción o “limpieza” de ecosistemas primarios
- La ingeniería genética está excluida de la producción y procesamiento orgánico.

Suelo

- Minimizar la pérdida de la capa superficial del suelo a través del uso de técnicas labranza mínimas, curvas de nivel, selección de cultivos, cobertura vegetal del suelo
- Tomar medidas definidas y apropiadas para prevenir la erosión
- Restringir al mínimo la preparación de terrenos a través de la quema de la vegetación
- Implementar prácticas de labranza y cultivo que mantengan o mejoren la condición física, química y biológica del suelo minimizando su erosión (NOP 2000)
- Gestionar los nutrientes para los cultivos y la fertilidad del suelo a través de rotaciones, cultivo de cobertura, materiales de origen vegetal y animal (NOP 2000)
- Implantar rotación de cultivos que incluya cultivos de cobertura que cumplan funciones de mejorar contenido, materia orgánica y proveer el control de erosión entre otros (NOP 2000)

Uso de agroquímicos

- Los problemas de plagas se pueden controlar por métodos mecánicos y físicos, y no limitando el uso de introducción de predadores o de parásitos, hábitat para enemigos naturales, señuelos, trampas y repelentes (NOP 200)
- La malezas: cobertura biodegradable, siega, pastoreo, recolección manual de malezas, llama calor, medios eléctricos, coberturas plásticas siempre y cuando se retiren del campo (NOP 2000)
- Enfermedades: propagación de organismos o enfermedades, insumos biológicos, botánicos o minerales (NOP 2000)

Fuente: Normas NOP 2000 y Normas IFOAM 2009

2.5.4 SELLO NESPRESSO

Nespresso se basa en las generalidades de la herramienta “TASQ” (la herramienta de evaluación para la calidad sostenible) por sus siglas en inglés, con la versión TASQ^{TM-1009} siendo el resultado de la homologación de la Norma de Agricultura Sostenible y criterios adicionales Abril 2009 de la RAS. Busca facilitar su aplicación en diferentes sectores del mundo manteniendo la visión inicial de Nespresso, desarrollando módulos por país que corresponden a documentos en donde se incluyen los criterios de calidad aplicables a fincas, así como indicadores y observaciones que complementan o amplían los requisitos incluidos en la herramienta TASQ.

La estructura de TASQ Genérica comprende 10 principios de sostenibilidad integrados en 42 áreas de manejo, las cuales se subdividen en 296 prácticas o criterios agrupados en tres niveles de exigencia denominados “pasos”

Paso 1: 105 criterios de cumplimiento básico, 32 de los cuales son obligatorios

Paso 2: 98 criterios

Paso 3: 92 criterios

Tomando en cuenta las siguientes variables: “Niveles de Exigencia y Nivel de Desempeño”. El nivel de exigencia refleja una estructura de escala en donde los criterios del paso 1 determinan una base mínima de cumplimiento, cuya exigencia se incrementa en los pasos 2 y 3, estableciendo también un nivel representativo “**Paso 0**” donde se ubican los productores que muestran prácticas contrarias con los 32 criterios obligatorios incluidos en el paso 1. El nivel de desempeño (Deficiente, Básico, Emergente, Avanzado) es una escala numérica determinada por el porcentaje de calificación particular que obtiene el productor al ser evaluado con la herramienta TASQ. Estas brindan orientación e información al exportador o administrador del Cluster sobre el desempeño de la finca en cuanto al cumplimiento del número de criterios distribuidos en los tres niveles de exigencia. A continuación se describen los indicadores y actividades tomados en cuenta en la norma Nespresso.

Agua

- Establecer zonas de protección en las orillas de ríos y arroyos evitando erosión y contaminación por agroquímicos
- Las fincas con riego deben contar con un diseño y mantenimiento del sistema de riego para evitar desperdicios

- No depositar en ecosistemas acuáticos ningún sólido orgánico o inorgánico, como desechos domésticos o industriales entre otros, ni verter sustancias contaminantes con pesticidas y combustibles
- Aguas residuales deben de contar con un sistema de tratamiento
- La finca debe restringir el uso de tanques sépticos al tratamiento de aguas residuales domésticas (aguas grises y negras) y aguas residuales no industriales
- Agua del lavado de equipos de agroquímicos deben ser recolectada y no mezclada con aguas residuales o domésticas

Biodiversidad

- La protección de cauces de ríos se la hace con vegetación nativa
- 12 especies nativas/ha
- Densidad promedio mínima del dosel 40%
- 2 estratos arbóreos

Carbono

- Prácticas para reducir las emisiones GEI
- Incrementar la captura de dióxido de carbono

Suelo

- Evitar descargar sustancias contaminantes al suelo
- Expandir coberturas verdes para reducir erosión y mejorar fertilidad y minimizar el uso de herbicidas
- Cobertura en los taludes en caso de establecimiento de drenajes en la finca
- Siembra en contorno, 40% cultivo café dispuesto en curvas de nivel
- No utilizar áreas para establecimiento de café con pendiente mayor a 70%
- Deben de contar con un programa de prevención de la erosión, prácticas de conservación (siembra de cobertura, barreras, canales de ladera entre otras)

Uso de agroquímicos

- Prioridad al uso de controles físicos, mecánicos y culturales y biológicos y al menor uso posible de agroquímicos
- Se permite el uso de fuego para el manejo de plagas

- Registrar que producto, la dosis, y el volumen aplicado
- Reducir ingredientes activos clase Ia , Ib , y clase II
- Prioridad a fertilización orgánica, residuos provenientes de la finca
- Aporcar o amontonar el fertilizante en áreas con pendientes > a 30%

Fuente: TASQ. Herramienta de evaluación para la evaluación sostenible

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en 36 fincas de los cantones de Turrialba y Orosi, de las cuales 24 fincas son certificadas por diferentes sellos (Orgánica, Utz, Rainforest Alliance y Nespresso) y 12 convencionales (6 en Orosi y 6 en Turrialba) (Figura 1).

Las zonas cafetaleras de Turrialba oscilan entre los 600 y 1300 msnm; se desarrollan en suelos de origen volcánico y aluviales, con una precipitación promedio anual de 2600 mm y una temperatura promedio anual de 21,5°C. Orosi produce café en fincas con altitudes que van de los 1000 a los 1400 metros; con precipitaciones promedio que superan los 2250 mm, en suelos de origen volcánico de alta fertilidad (ICAFE 2010).

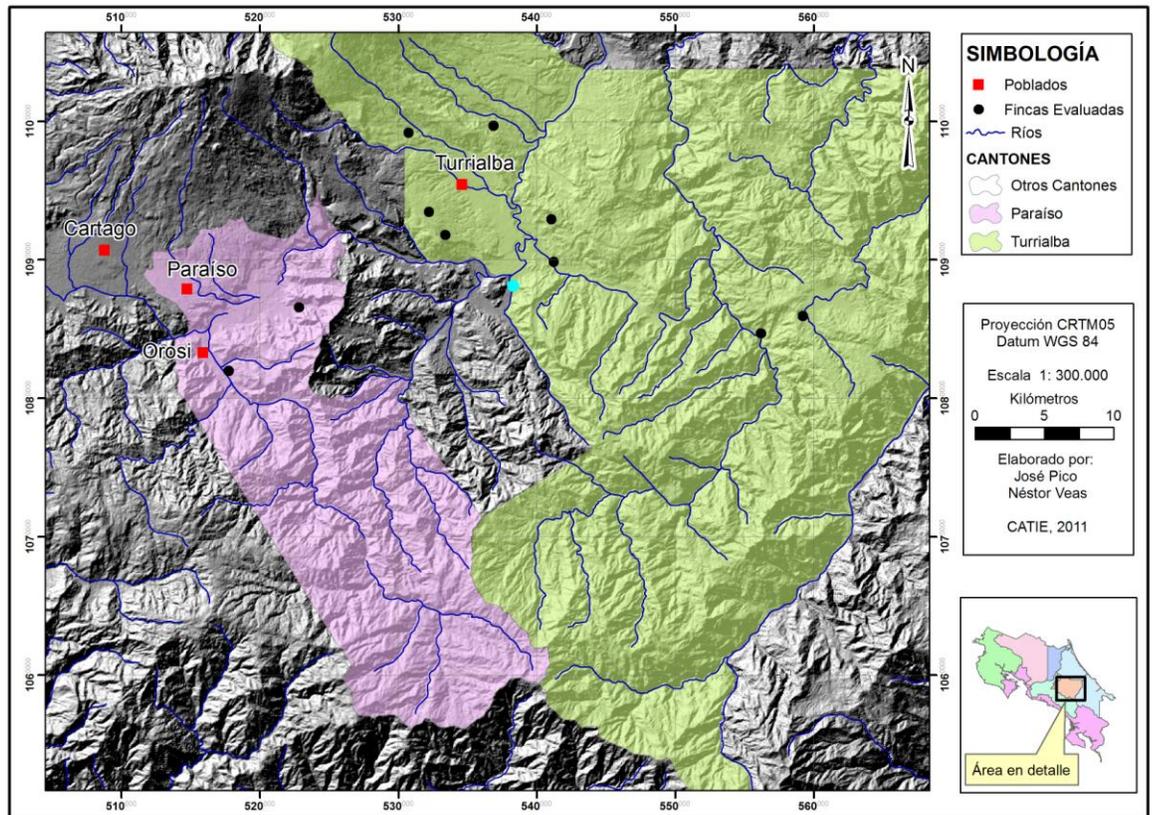


Figura 1. Ubicación de las fincas estudiadas en Turrialba y Orosí, Costa Rica

A continuación se describe la ubicación de las fincas estudiadas y sus respectivos sellos de certificación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sello de certificación de las fincas estudiadas y su ubicación

Comunidad	Cantón	Sellos de certificación	Fincas Parejas
San Juan Sur	Turrialba	Orgánico	Convencional
Paso Marcos	Turrialba	Orgánico	Convencional
Grano de Oro	Turrialba	Orgánico	Convencional
San Juan Sur	Turrialba	Orgánico	Convencional
Alto Varas	Turrialba	Orgánico	Convencional
San Pablo	Turrialba	Orgánico	Convencional
San Juan Norte	Turrialba	Utz Kapeh	
Sitio Mata	Turrialba	Utz Kapeh	
Canadá de La Suiza	Turrialba	Utz Kapeh	
Atirro	Turrialba	Utz Kapeh	
Aquiare	Turrialba	Rainforest Alliance	
La Alegría	Orosi	Nespresso AAA	Convencional
El Sitio	Orosi	Nespresso AAA	Convencional
Peñas Blancas	Orosi	Nespresso AAA	Convencional
Jucó	Orosi	Nespresso AAA	Convencional
Río grande	Orosi	Nespresso AAA	Convencional

3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE FINCAS

Las fincas que formaron parte del estudio fueron seleccionadas utilizando los siguientes criterios:

- Existencia de sistema agroforestal café
- Productoras identificadas dentro del programa CAFNET
- Certificadas por diferentes sellos: Rainforest Alliance, Utz, Nespresso, Orgánico, y fincas convencionales aledañas
- Predisposición del propietario a colaborar en el estudio
- Con al menos diez años de manejo de café con sombra
- Convencionales con iguales condiciones a las fincas certificadas (que se encuentren en el mismo sector, pendiente y altura).

Se trabajó con un total de seis fincas para cada tipo de sello y seis fincas para control convencional orgánico (Co) y seis fincas para convencional Nespresso (Cn) (Cuadro 2). En el caso de Rainforest Alliance y Utz, se trabajo con una finca en cada caso, por cuanto no hay mas fincas certificadas en la región de Turrialba y Orosi. Pero dado a que ambas fincas son extensas se realizaron seis puntos de muestreo en cada una de ellas.

Cuadro 2. Características de pendiente (%) y altitud (msnm) de las fincas seleccionadas en Turrialba y Orosi, Costa Rica

		Fincas seleccionadas					
Fincas	Variables	1	2	3	4	5	6
Orgánico	Altura	959	1000	611	800	1139	722
	Pendiente	38	41	45	44	60	42
Convencional orgánico	Altura	950	1025	613	700	1127	740
	Pendiente	60	42	33	40	42	45
Nespresso	Altura	1361	1060	1000	1150	1270	1100
	Pendiente	70	20	40	44	62	34
Convencional Nespresso	Altura	1340	1070	1000	1160	1250	1120
	Pendiente	70	15	30	44	53	38
Rainforest Alliance	Altura	700- 1200					
	Pendiente	22	38	40	25	40	39
Utz Kapeh	Altura	700- 1110					
	Pendiente	42	50	42	21	40	44

La altitud fue determinada a través de un GPS (instrumento de posicionamiento geográfico) y la pendiente con un clinómetro.

Se realizó un análisis de comparaciones de medias mediante una prueba *t* entre las fincas seleccionadas CAFNET y las convencionales para las variables altura y % de pendiente. Las comparaciones que se realizaron fueron fincas orgánicas vs convencionales orgánicas, Nespresso vs convencionales Nespresso y Rainforest Alliance vs Utz (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de altitud y pendiente entre fincas certificadas y no certificadas incluidas en este estudio

Variables	Sellos		Valor de p
Pendiente	Orgánico	Convencional	0,8332
Altura	Orgánico	Convencional	0,9147
Pendiente	Nespresso	Convencional	0,7367
Altura	Nespresso	Convencional	0,9999
Pendiente	Rainforest A.	Utz	0,2914
Altura	Rainforest A.	Utz	0,1546

La finca certificada por Rainforest Alliance tiene un área de 700 ha en una sola extensión de terreno mientras que las fincas certificadas por Utz, son cinco fincas que pertenecen a un solo dueño y están ubicadas en diferentes sitios de Turrialba. En ambas fincas se establecieron seis parcelas de estudio.

Algunos datos son constantes en las seis parcelas ya que el manejo establecido es igual para toda la finca. Por esta razón, para algunas variables no se tienen análisis estadísticos para

este contraste. En el caso de la finca Rainforest Alliance las parcelas se ubicaron en tres diferentes sistemas encontrados dentro de la finca: a pleno sol, sombra monoespecífica y sombra diversificada.

3.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES

La metodología utilizada corresponde a “Metodología de Evaluación de Servicios Ambientales”, la cual fue desarrollada por ANACAFE (Medina et ál. 2008); la cual valora los servicios ambientales conservación de agua, suelo, biodiversidad y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café. Para evaluar los servicios ambientales se utilizaron criterios e indicadores definidos por Medina et ál (2008). Un criterio corresponde a un aspecto considerado importante para la evaluación de un servicio ambiental; un indicador, por su parte, es una característica cuantitativa, cualitativa o descriptiva, que se puede medir o controlar periódicamente, y permite indicar la dirección de los cambios producidos (Medina et ál. 2008).

Cada servicio ambiental puede estar conformado de uno o dos criterios, y cada criterio puede estar conformado de dos hasta cinco indicadores (Cuadro 4).

Cuadro 4. Servicios ambientales, criterios e indicadores considerados en el estudio

<i>Servicio ambiental</i>	<i>Criterio</i>	<i>Nº indicadores</i>	<i>Indicadores</i>
Conservación de agua	Agua	3	Manejo de contaminación de agua
			Evidencia erosión, deslizamientos
			Obras de prevención
Biodiversidad	Calidad hábitat	5	Nº estratos arbóreos
			Nº árboles nativos/ha
			Nº árboles <5 dap
			Incidencia de epífitas en árbol
			% cobertura sombra
	Uso de agroquímicos	3	Nº aplicaciones herbicidas
Nº aplicaciones pesticidas			
Nº aplicaciones fertilizantes			
Carbono	Toneladas de C almacenado	2	Toneladas C fijado/árboles/ha
			Toneladas C fijado/cultivos /ha
Conservación de suelo	Conservación de suelo	4	% cobertura suelo
			Incidencia erosión
			Acciones correctivas de erosión

Fuente: (Medina et ál. 2008).

En la metodología se adicionó un indicador en el criterio de conservación de suelo, que es el número de lombrices por m², pues la abundancia de lombrices es un indicador muy importante y relevante que ayuda a determinar la calidad y salud de los suelos (Büchs 2003).

A continuación se presenta un diagrama de la estructuración de la metodología para la evaluación del servicio ambiental agua, compuesto por criterios, indicadores y actividades (Figura 2).

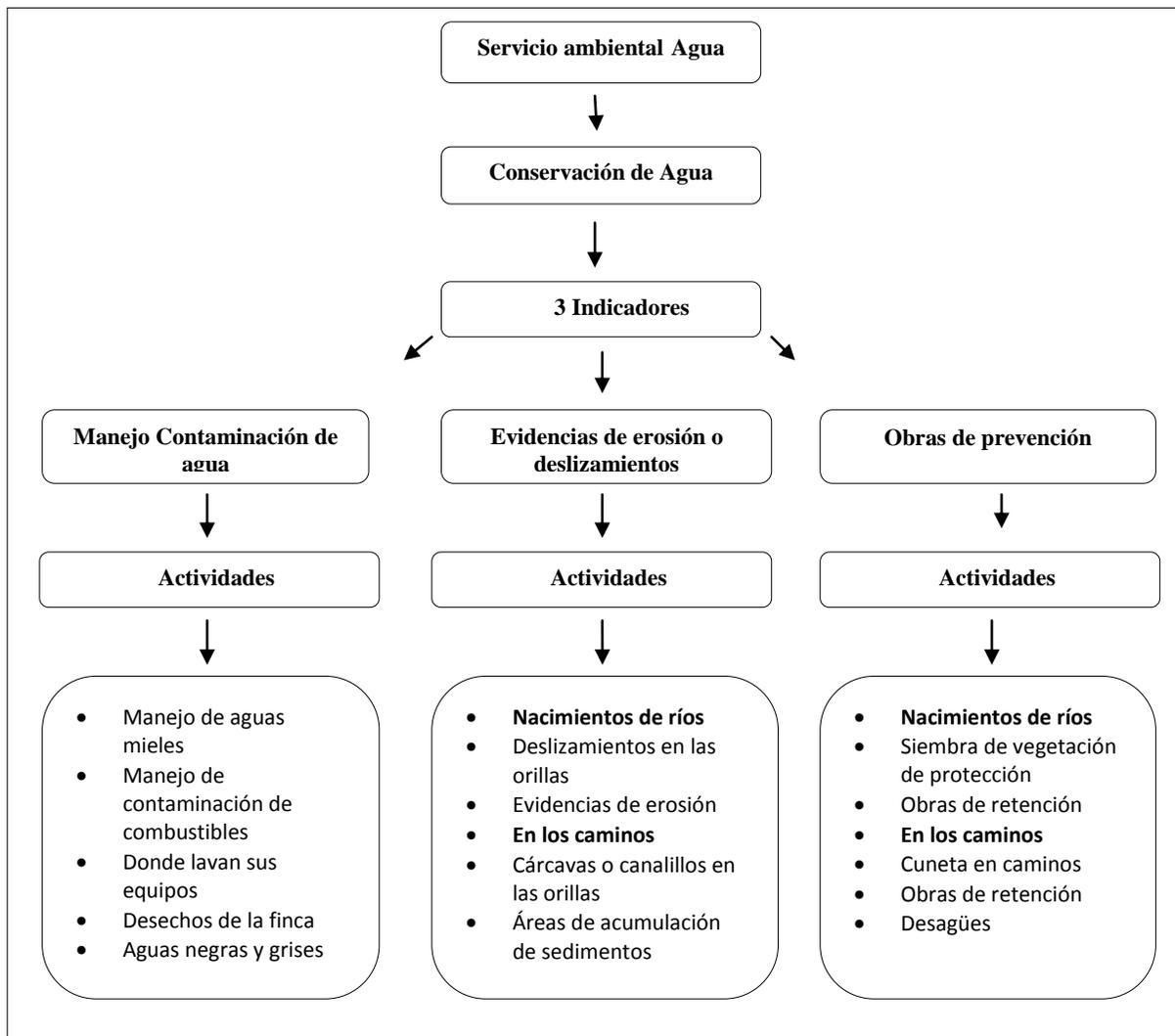


Figura 2. Estructura de la metodología, definición de criterios, indicadores y variables
Fuente: (Medina et ál. 2008).

Bajo el mismo esquema estructural se presentan los otros servicios ambientales como biodiversidad, fijación de carbono y conservación de suelo (Medina et ál. 2008).

3.4 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE FINCAS

El procedimiento para llevar a cabo la evaluación de las fincas se describe a continuación:

- Se contactó al propietario o administrador de la finca para una entrevista y obtener información de la finca; posteriormente se realizó un recorrido por la finca, observándose cómo se realizaba el manejo de las fuentes de agua, identificando cuántas fuentes tiene la propiedad, y si existían obras de conservación de suelos y agua, o en su defecto erosión.
- Se levantó un croquis de la finca, donde se identificó el lote donde se establecieron las parcelas de evaluación y el recorrido de ríos y fuentes de agua.
- Las parcelas de evaluación se establecieron en un área de 2000 m², dentro de las cuales se ubicaron cuatro subparcelas de 500 m² cada una. Para cuadrar las subparcelas se localizó una esquina y con la ayuda de una brújula y una cinta métrica se procedió a cuadrar el área, dejándose bordes de 20 m hacia los extremos y 10 m entre subparcelas.
- En fincas más pequeñas o donde el área de café no era cuadrada las subparcelas fueron ubicadas de forma continua, una detrás de la otra.

3.5 TOMA DE DATOS DE CAMPO

3.5.1 SERVICIO AMBIENTAL: CONSERVACIÓN DE AGUA

Criterio: Conservación de agua - 3 indicadores

En los indicadores de la conservación del agua se buscó identificar las acciones que la contaminan además de las que la protegen. Al inicio se realizó un inventario de las fuentes de agua identificando las que utilizaban las fincas y sus habitantes (Medina et ál. 2008). Los indicadores para este servicio ambiental son:

- *Manejo de contaminación de agua.*- Incluye acciones de manejo de aguas mieles, combustibles y aceites, lavados de equipos, desechos de la finca, aguas negras y aguas grises. Lo anterior se determinó a través de una entrevista con el productor. En caso de productores que no benefician el café en fincas se valoro esta variable con cero que es equivalente a un no aplica
- *Evidencia de erosión o deslizamiento en los nacimientos de ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos.*- Incluye los caminos vehiculares internos o senderos

peatonales de la finca. La información se recolectó durante los recorridos por las fincas con el productor.

- *Obras de prevención de contaminación de las fuentes de agua.*- Se evaluó si existían evidencias de siembras de vegetación para proteger las fuentes de agua y los ríos; si existían cunetas para llevar el agua o desagües que condujeran el agua a zonas de infiltración para que no contaminaran los ríos. A continuación se detalla las obras de prevención de contaminación (Cuadro 5).

Cuadro 5. Lugar de evaluación y obras de prevención

Lugar de evaluación	Obras de conservación o recuperación
En los nacimientos y los ríos	Siembra de vegetación protectora
	Obras de retención
En los caminos	Cunetas en los caminos
	Desagües que llevan el agua

Fuente: (Medina et ál. 2008).

La calificación de este criterio corresponde al promedio de las calificaciones de las acciones de manejo aplicables en la finca. El manejo inadecuado se calificó con 0 y un manejo adecuado con 1 (Medina et ál. 2008). Los contrastes realizados fueron Nespresso vs convencional y orgánico vs convencional. Rainforest no se comparó porque por tratarse de una sola finca, estas variables no variaron entre parcelas.

3.5.2 SERVICIO AMBIENTAL: CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Se estimaron los dos criterios para poder evaluar la biodiversidad en un sistema: calidad de hábitat con 5 indicadores y uso de agroquímicos con tres indicadores.

Criterio 1: Calidad de hábitat- 5 Indicadores

- *Número estratos arbóreos.*- Se contabilizaron los estratos de acuerdo a rangos en altura: bajo (< 5 m); medio - bajo (5-10 m); medio - alto (10-15 m) y alto (>15 m). La determinación se hizo dentro de las subparcelas de 20 x 25 m, utilizando un clinómetro para determinar la altura de los árboles; posteriormente se estableció un promedio de los estratos de las 4 subparcelas (Medina et ál. 2008).
- *Número de especies de árboles nativos/parcela.*- Se contabilizó el número de especies arbóreas nativas por cada subparcelas. Se asignó un punto por cada especie encontrada

dentro de las subparcelas, y se sumaron las cuatro subparcelas. Las especies exóticas no se tomaron en cuenta por el supuesto de no ofrecer hábitat ni alimentación para insectos, aves y reptiles (Medina et ál. 2008). El número de especies nativas solo fue contabilizada en las parcelas internas (2000 m²).

- *Número de árboles y arbustos mayores a 5 cm de dap/parcela.*- En este indicador se incluyeron las especies exóticas (Medina et ál. 2008). Se contabilizó el número de árboles por subparcela, sumando posteriormente las especies de las cuatro subparcelas.
- *Valoración cualitativa de la incidencia de epífitas en los árboles.*- Se contabilizó el número de árboles con presencia de epífitas o lianas dentro de la subparcela y se dividió entre el número total de árboles por parcela; este procedimiento se repitió para las cuatro subparcelas. El resultado de cada una se sumó y se obtuvo un promedios para las cuatro subparcelas, obteniéndose así el valor de incidencia de epífitas por parcela (Medina et ál. 2008).
- *Porcentaje cobertura de sombra.*- Para estimar esta cobertura se utilizó el densímetro de espejo cóncavo; las lecturas se tomaron desde el centro de la parcela hacia cada uno de los puntos cardinales. Este procedimiento se repitió en cada una de las cuatro subparcelas; el resultado obtenido se promedió, se dividió entre 100 y se multiplicó por 1,04 para obtener el porcentaje de sombra. La identificación del tipo de sombra se obtuvo de una clasificación previa que se basó en la proporción de árboles dentro de la finca. La clasificación de los tipos de sombra que se utilizó fue propuesta por Medina et ál. (2008), a la cual se le adicionó la densidad mínima de árboles considerada en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Clasificación de los sistemas agroforestales con sombra

Clasificación de sistema agroforestal	Descripción
Café a pleno sol, menos de 10% sombra	Café con menos de 10 árboles por ha y menos del 10% de cobertura sombra.
Café con sombra leguminosa	Café con 90% o más de árboles leguminosos, usados para sombra (<i>Inga</i> , <i>Erythrina</i> o <i>Glicicidia</i>), a una distancia mínima de 8x8 m.
Café con sombra diversificada	Mezcla de al menos tres tipos de sombra: ingas, musáceas y maderables, al menos a una distancia mínima de 8x8.

Fuente: (Medina et ál. 2008).

- *Cálculo de criterio Calidad de hábitat:* es la suma de los 5 indicadores (Medina et ál. 2008).

Criterio 2: Uso de agroquímicos- 3 Indicadores

- *Número de aplicaciones de herbicidas.-* Se multiplicó el número de aplicaciones por el grado de toxicidad del producto.
- *Número de aplicaciones de pesticidas.-* Se multiplicó el número de aplicaciones por la calificación de toxicidad del producto.
- *Número de aplicaciones de fertilizantes.-* Si se realizaban fertilizaciones químicas se asignaba el valor de -1, por dañar en cierto grado la biología del suelo (Medina et ál. 2008). Aunque la metodología señala que estos valores se dividen por 10, no se tomó en cuenta por no tener incidencia al momento de hacer el cálculo.

Este criterio busca integrar la frecuencia anual de aplicación de productos sintéticos y el grado toxicológico de estos productos, estableciendo tres indicadores que corresponden a tres categorías de productos (herbicidas, plaguicidas y fertilizantes); ubica el nombre del producto y el grado toxicológico. A este valor se le denomina toxicidad estimada.

Los productos con etiqueta verde califican con (-1); los de etiqueta azul (-2); los de etiqueta amarilla (-3) y los de etiqueta roja (-4). Si el producto pertenece a la docena sucia automáticamente se califica con -4 independientemente de su toxicidad. Posteriormente para cada producto empleado se multiplicó la frecuencia de aplicación anual por la toxicidad estimada. La suma de dichas multiplicaciones constituyó el valor final del indicador; el valor final del criterio “uso de agroquímicos” se calculó sumando las tres calificaciones de los tres indicadores.

En las comparaciones establecidas, solo se compararon las fincas Nespresso con las convencionales; Rainforest presenta datos constantes por darse el mismo tratamiento a toda la finca, y el sistema orgánico no se contrastó con el convencional por no permitir la aplicación de insumos sintéticos.

3.5.3 SERVICIO AMBIENTAL: ALMACENAMIENTO DE CARBONO

En la evaluación de este servicio se midió la cantidad de carbono almacenada por árboles, arbustos y cultivo agrícola. Los cálculos realizados para determinar el

almacenamiento de carbono consideró solamente la biomasa aérea, a pesar de que el componente suelo es el que más carbono almacena dentro de un sistema (Ávila et ál. 2001).

Criterio único.- Carbono almacenado por árboles, arbustos y cultivos; tiene dos indicadores:

1. Toneladas de carbono por hectárea fijado por árboles; las variables de medición considerada en el campo son dap, altura y densidad de individuos por hectárea.
2. Toneladas de carbono fijado por hectárea por los cultivos.

Para determinar el carbono almacenado en los cultivos agrícolas se consideraron parcelas internas de 20x25 m y se midieron las mismas variables que en el caso de las estimación del carbono almacenado por árboles y arbustos. Entre las variables a medir por cultivo y/o especies para el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) están la medición del diámetro a 15 cm de la base del suelo y la altura de 20 plantas (5 plantas en 4 filas) en cada una de las parcelas internas, para un total de 80 cafetos medidos.

El modelo que se aplicó para calcular la biomasa aérea en café (Cuadro 7) fue desarrollado por Segura et ál.(2006).

Cuadro 7. Modelo alométrico aplicado para estimar la biomasa en café

Modelo	Parametros			R2	MSE	RMSE	PRESS	FI
	a	b	c					
$\text{Log}_{10}(\text{BT}) = a + b * \text{Log}_{10}(\text{d15}) + c * \text{Log}_{10}(\text{h})$	-1,11	1,578	0,581	0,94	0,02	0,15	2,21	0,98

Los modelos utilizados para determinar el cálculo de biomasa aérea en las diferentes especies arbóreas encontradas en las fincas se presentan a continuación (Cuadro 8 y 9).

Cuadro 8. Modelos alométricos aplicados para estimar la biomasa en especies arbóreas

Especie	Modelo	R ² ajustado	Fuente
<i>Eucalyptus deglupta</i>	$B = 4,2 + 0,052*dap^2 + 1,1*h$	0,99	Andrade (1999)
<i>Pithecellobium saman</i>	$B = 10-1,54+2.05 \log (DCM) + 1,18 \log (h)$	0,92	Andrade (2007)
<i>Frutales</i>	$B = 10-1,11+2.64*\log (dap)$	0,95	
<i>Theobroma cacao</i>	$B = 10-1,625+2.63*\log (d30)$	0,98	Andrade et ál. (en preparación)
<i>Cordia alliodora</i>	$B = 10 -0,51+2.08*\log (dap)$	0,92	
<i>Inga sp.</i>	$B = 10 -1,0 + 2.3*\log (dap)$	0,94	Segura et ál. (2006)

Fuente: (Segura et ál. 2008).

Cuadro 9. Modelo alométrico aplicado para estimar la biomasa en cítricos

Árboles en cafetales	$B=-0,9578+2.3408*\log_{10}(D)$	0,94	Suárez et ál. (2004)
Cítricos	$B=-6,64+0,279(BA) + 0,000514 (BA^2)$		(Schroth et ál. 2002) IPCC, Good Practice Guidance for LULUCF, 2003)

Fuente: (Medina et ál. 2008).

3.5.4 SERVICIO AMBIENTAL: CONSERVACIÓN DE SUELO

En los indicadores de conservación de suelo se buscó identificar el tipo de cobertura del suelo, las evidencias de erosión y las acciones que lo protegen. En este punto se añadió un indicador más cual es la presencia de lombrices en el suelo.

Criterio único: Conservación de suelo- 4 Indicadores

Integra las evaluaciones de las acciones que protegen el recurso, las evidencias de erosión y las obras de prevención y conservación.

1. Porcentaje de cobertura del suelo. Para calcular este valor se cuantificó en términos de porcentaje el área cubierta por hierbas (zacates, hierbas de hojas anchas, helechos, rastreras) y de hojarazca y suelo desnudo; luego se sumó el porcentaje de hierbas y se le restó el porcentaje de suelo desnudo. Este método para estimar cobertura se llama punta de zapato, pues se recorre la parcela en zigzag y se mide 100 puntos dentro de la parcela para determinar el tipo de cobertura.

2. Las obras de conservación del suelo se evaluó recorriendo la finca; las obras se clasificarón en 4 tipos:
 - Barreras vivas para reducir escorrentías
 - Obras físicas de control de erosión como terrazas o muros de piedra
 - Acciones de recuperación donde hubo erosión como muros de retención en las cárcavas o siembra en zonas de deslizamientos
 - Obras de captura o intercepción de agua como acequias o cajuelas. Cada obra de conservación encontrada se calificó con 1. Si no se encontraro con 0. Al final la calificación de este indicador es el promedio de las calificaciones dadas a las cuatro obras de conservación.
3. Incidencia de erosión. Se buscó calcular un estimado de la cantidad de suelo perdido por erosión en m^3 , mediante un recorrido por la finca en el que se observó la existencia o no de cuatro diferentes evidencias de erosión: erosión laminar, surcos o cárcavas, deslizamientos, acumulación de sedimentos. Si la pérdida de suelo es menor a una tonelada por hectárea se consideró aceptable, mayor a diez toneladas alta y entre 1 a 10 media (Medina et ál. 2008).
4. Número de lombrices por metros cuadrado. Se realizó el muestreo en cuatro puntos: uno por cada subparcela de 25x25x10 cm de profundidad. La cantidad de lombrices se estableció independientemente del cálculo de criterio de suelo; se determinó y comparó la abundancia de lombrices en m^2 en fincas de diferentes sellos, haciendo una correlación con el porcentaje de hojarasca.

3.5.5 CÁLCULO DE CRITERIO DE LOS DIFERENTES SERVICIOS AMBIENTALES

Este cálculo tiene el propósito de integrar en un solo valor las calificaciones dadas a los diferentes indicadores por cada servicio ambiental evaluado (conservación de suelo, agua, biodiversidad y fijación de carbono).

3.5.5.1 Cálculo criterio de servicio ambiental agua

El cálculo del criterio de conservación de agua se realizó sumando los valores de los tres indicadores; es decir el manejo de contaminación de agua + evidencias de erosión o

deslizamientos en los nacimientos de ríos, caminos y sedimentación y las obras de prevención de contaminación de las fuentes de agua (Medina et ál. 2008).

3.5.5.2 Cálculo criterio de servicio ambiental biodiversidad

Para el cálculo de este criterio se determinó primero los dos criterios que conforman el cálculo de servicio ambiental biodiversidad. En el caso de la calidad de hábitat, se sumaron cinco indicadores: número de estratos arbóreos, número de especies de árboles nativos/parcela, número de árboles y arbustos mayores a 5 cm de dap/parcela, valoración cualitativa de la incidencia de epífitas en los árboles y el porcentaje de cobertura de sombra. Para el segundo criterio, uso de agroquímicos se sumaron tres indicadores que son: número de aplicación de herbicidas, número de aplicación de pesticidas y número de aplicación de fertilizantes. El cálculo del criterio biodiversidad se sumó el valor para calidad de hábitat + el de uso de agroquímicos (Medina et ál. 2008).

3.5.5.3 Cálculo criterio de servicio ambiental almacenamiento de carbono

El cálculo de este criterio se realizó sumando el almacenamiento de carbono de la plantación de café más el almacenamiento de carbono de las otras especies que están dentro del sistema (Medina et ál. 2008).

3.5.5.4 Cálculo criterio de servicio ambiental suelo

Para realizar el cálculo del criterio suelo se procedió a realizar la siguiente suma: Indicador 1 + Indicador 2 - m^3 de suelo perdido (Medina et ál. 2008).

3.6 METODOLOGIA DE ANALISIS COMPARATIVOS

3.6.1 Análisis Costa Rica

Los datos obtenidos en la evaluación fueron sometidos a los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Se estandarizaron y transformaron a rangos, donde se asignó a los datos originales la posición que cada uno ocupa en la serie ordenada en forma ascendente, el menor dato tiene el rango 1, el segundo más pequeño tiene el rango 2 y así sucesivamente donde se pudo realizar los respectivos ANOVAS (Balzarini et ál. 2008).

Para realizar el cálculo de los criterios, se estandarizaron los resultados a escalas de 0-1, donde se realizó un análisis de modelos generales mixtos.

3.6.2 Análisis entre países

Las evaluaciones de las fincas situadas en el departamento de Jinotega y Matagalpa, al norte de Nicaragua, se realizaron en la Reserva Natural Macizo de Peñas Blancas. Las condiciones climáticas predominantes son húmedas y sujetas a las variaciones altitudinales que van desde los 800 a 1745 msnm, con una humedad de 80% en épocas lluviosa, temperaturas promedio de 26°C y precipitaciones anuales entre 1200 y 2500mm (Jerez 2007, citado por Cuadra 2008).

En Guatemala las fincas están situadas en la cordillera Sierra de las Minas, al sureste de Guatemala, con una longitud de 130 km y ancho de 15 a 30 km. La altitud va desde los 150 a 3015 msnm (UNESCO 2010). Esta reserva ubicada en la zona oriental del país, es una región húmeda al norte y seca al sur. Sus diferencias en altitud y orientación de las montañas determinan el clima y las condiciones ecológicas de la región, variando las precipitaciones en distancias cortas; al norte, en las zonas altas recibe más de 4000 mm/año y al sur menos de 500 mm. La temperatura también varía considerablemente, aunque la información detallada es escasa. En el valle del Motagua la media es de 24°C, en las elevaciones intermedias el rango está entre 5°C y 25° C, mientras que por encima de los 1750 msnm se producen heladas entre diciembre y marzo (Parks Watch 2004).

Entre las comparaciones posibles realizadas entre países están las fincas orgánicas y convencionales, y entre estas fincas se tomaron en cuenta ciertos indicadores. Lo anterior obedeció a que los estudios realizados en Nicaragua y Guatemala solo consideraban fincas que estaban regidas bajo estos dos sistemas de manejo; por tanto, las comparaciones fueron hechas en fincas certificadas entre los tres países. En este caso también se aplicó un análisis de modelos generales mixtos, seleccionándose indicadores que tuvieran relación entre ellos.

En el caso de Guatemala muchas de las evaluaciones fueron calculadas en una subparcela de 500 m², y posteriormente los resultados se extrapolaron a una superficie de 2000 m² con el fin de referenciar los resultados a una misma área de evaluación. El tamaño de la muestra fue igual en Guatemala y Nicaragua con 20 fincas respectivamente, 11 convencionales y 10 orgánicas, mientras que en Costa Rica la muestra fue de 12 fincas, 6 convencionales y 6 orgánicas.

Los indicadores que se compararon entre países fueron los descritos anteriormente, pero en Guatemala no se pudieron comparar los siguientes indicadores *Incidencia de erosión, evidencias de erosión o deslizamientos en los nacimientos de ríos*, así como tampoco el

número de especies nativas, el número de árboles mayores a 5cm dap y el porcentaje sombra, por no contarse con datos.

Cuadro 10. Tamaño de fincas observadas en Nicaragua y Costa Rica

País	Fincas	ha	País	Fincas	ha
CR	No certificada	5	CR	Certificada	1.5
CR	No certificada	5	CR	Certificada	1.5
CR	No certificada	1	CR	Certificada	2
CR	No certificada	0.7	CR	Certificada	2.7
CR	No certificada	2	CR	Certificada	0.8
CR	No certificada	1	CR	Certificada	0.5
Nica	No certificada	6.3	Nica	Certificada	1.75
Nica	No certificada	35	Nica	Certificada	12.6
Nica	No certificada	18.2	Nica	Certificada	56
Nica	No certificada	7	Nica	Certificada	140
Nica	No certificada	127.4	Nica	Certificada	140
Nica	No certificada	420	Nica	Certificada	10.5
Nica	No certificada	214	Nica	Certificada	378
Nica	No certificada	21	Nica	Certificada	462
Nica	No certificada	21	Nica	Certificada	162
Nica	No certificada	1.9			
Nica	No certificada	21			

Se realizó un análisis de comparaciones de medias mediante una prueba t entre el tamaño de fincas certificadas y no certificadas. Las comparaciones que se realizaron fueron fincas orgánicas vs convencionales orgánicas (Cuadro 11).

Cuadro 11. Comparación en tamaño de fincas certificadas y no certificadas en Costa Rica y Nicaragua

Variable	Sellos		Valor p
	Certificada	No certificada	
Tamaño de fincas/ ha			0.4596

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 SERVICIOS AMBIENTALES EVALUADOS EN COSTA RICA

4.1.1 INDICADORES DE AGUA

4.1.1.1 Manejo de contaminación de agua

No existen diferencias significativas entre el manejo de este indicador en sistemas orgánicos vs convencional orgánico ($p=0,5104$) y entre Nespresso vs convencional Nespresso ($p=0,1205$).

Los productores certificados y no certificados utilizan letrinas con pozos de infiltración y las fincas orgánicas compostean sus desechos orgánicos. A continuación se indican las principales actividades que realizan los productores (Cuadro 12).

Cuadro 12. Actividades que realizan los productores en el manejo de contaminación de agua en fincas agroforestales de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica

Actividades		N	Cn	O	Co
Manejo aguas mieles	Al río		-2		
	Pozo infiltración				
	Laguna de aireación			1	
Manejo contaminación de combustibles y aceites	Se deposita lejos de fuentes de agua				
	Colectada y llevada fuera de la finca				
	Realizan en taller	1		1	3
	Al río				-1
Donde lavan los equipos usados para aplicación de agroquímicos	Se deposita lejos fuentes de agua				
	Colectada y llevada fuera de la finca				
	Filtros de piedra	2	3		2
Desechos de la finca (orgánicos)	Amontonan				
	Compostean			3	
	Al río				-2
Aguas negras y grises de los habitantes	Letrina con pozo de infiltración	5	5	6	4
	Sanitarios con tanques de tratamientos				
	Sanitario de composteo				
	Pozo de infiltración	3	1	1	
	Al río		-4	-5	-4
Total de actividades		11	3	7	2

N: Nespresso, Cn: convencional pareja de Nespresso, O: orgánico, Co: convencional pareja de orgánicos

Según una encuesta aplicada a productores, en Costa Rica por lo general no se da el manejo de agua mieles. Esta actividad se centraliza en los beneficios donde los productores depositan sus cosechas, quienes se encargan del manejo de agua. En el caso del manejo de la contaminación por combustibles y aceites, la mayoría de los productores dan el mantenimiento al equipo e instrumentos de trabajo en los talleres. Además, se encontraron productores que lavan sus equipos de fumigación en sitios con bajo riesgo de contaminación para ríos o vertientes de agua, tales como en filtros de piedra y arena, mientras que otros lo hacen en el suelo lejos de nacientes de agua.

Una práctica usual en fincas certificadas y convencionales es que amontonan los desechos de las cosechas entre las calles del café, donde se descomponen con el tiempo. Existen casos donde las ramas podadas del café son utilizadas para leña en hornos caseros, siendo este uno de los beneficios que obtiene el productor. Estos residuos han sido utilizados en procesos tradicionales en países en vías de desarrollo, como en la cocción de alimentos o pequeñas actividades productivas como panaderías y secado de granos entre otras actividades (FOCER 2002).

4.1.1.2 Evidencia de erosión o deslizamientos en las nacientes, ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos

El análisis de los datos mostró que no hay diferencias estadísticas en cuanto a las evidencias de erosión mostradas entre las fincas con sello Nespresso vs las convencional Nespresso ($p=0,7082$) y orgánico vs convencional orgánico ($p=0,5117$).

Como se puede apreciar en el Cuadro 11, las fincas certificadas con el sello Nespresso mostraron seis evidencias de erosión, mientras que las fincas convencionales con las que se comparó mostraron cinco evidencias. Las fincas con manejo orgánico mostraron tres evidencias de erosión y las convencionales cinco. Las evidencias que se presentaron en las fincas estudiadas corresponden en su mayoría a la formación de cárcavas o canalillos la las orillas de los caminillos. En el Cuadro 13 se muestran las evidencias encontradas en las fincas certificadas y no certificadas.

Cuadro 13. Evidencias de erosión presentadas en fincas agroforestales de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica

Sitios de evaluación	Descripción	Nespresso	C. Nespresso	Orgánico	C. orgánico
En los nacimientos de ríos	Deslizamientos en las orillas	1	1		1
	Evidencias de erosión (arrastre de suelo en las orillas)	1	1		
En los caminos	Cárcavas o canalillos en orillas de caminos	3	3	2	3
	Acumulación de sedimentos	1		1	1
Total de evidencias		6	5	3	5

Muchas de las fincas evaluadas tenían caminos para el tránsito de vehículos, y las evidencias de erosión encontradas en ellas dependían del tamaño de estos. Así por ejemplo, en las fincas de sello Utz, Rainforest Alliance y Nespresso se pudo determinar con mucha facilidad las evidencias de erosión a nivel de caminos. Estos resultados concuerdan con los reportados por Gómez (2010) quien encontró que un 95% de la erosión en cafetales proviene de caminos, ríos y otros y el 5% proviene de parcelas.

4.1.1.3 Obras de prevención de contaminación de las fuentes de agua

No se encontraron diferencias significativas entre los resultados de las comparaciones realizadas: las fincas con el sello Nespresso vs las convencional Nespresso ($p=0,0901$) y las fincas con manejo orgánico vs convencional orgánico ($p=0,5395$).

Las fincas certificadas por Nespresso presentaron dos obras de prevención y las convencionales Nespresso presentaron siete. Las fincas orgánicas presentaron seis obras de prevención y las convencionales cuatro. Las obras de prevención encontradas se detallan en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Obras de prevención encontradas en fincas agroforestales de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica

Sitios de evaluación	Descripción	Nespresso	C. Nespresso	Orgánico	C. orgánico
En los nacimientos de ríos	Siembra vegetación de protección	1	4	1	2
	Obras de retención	1		1	
En los caminos	Cunetas en los caminos vehiculares			1	
	Obras de retención en los senderos peatonales		1	3	
	Desagües de agua a zonas de infiltración.		2		2
Total de obras		2	7	6	4

4.1.2 INDICADORES DE BIODIVERSIDAD

4.1.2.1 Número de estratos arbóreos

El número de estratos arbóreos en las fincas objeto de comparación no reflejaron diferencias significativas: Nespresso vs convencional Nespresso ($p=0,4045$) orgánico vs convencional orgánico ($p=0,1045$) y Rainforest A. vs Utz ($0,8437$).

El número de estratos encontrados en las fincas Nespresso fue de 1,92; mientras que en las convencionales Nespresso fue de 1,67. Las fincas orgánicas reportaron 2,67 estratos y las convencionales 1,92 y Rainforest presentó 0,96 mientras que Utz reportó 1,13.

4.1.2.2 Número de especies de árboles nativos

No se encontraron diferencias significativas en el número de especies nativas presentes entre las fincas objeto de comparación: con sello Nespresso vs convencionales Nespresso el nivel de significancia fue ($p=0,8064$); entre las fincas orgánicas vs las convencionales el nivel de significancia fue ($p=0,2085$) y entre las fincas con sellos Rainforest Alliance vs Utz fue ($p=0,5684$). En el Cuadro 15 se muestran el número de especies encontradas en las fincas.

Cuadro 15. Número de especies nativas/ parcela, encontradas en fincas agroforestales de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica

Especies Nativas	Nespresso	C. Nespresso	Orgánico	C. orgánico	Rainforest A.	Utz
Número de especies/parcela	0,5	0,6	5,67	4,67	5,5	1,5

Como se puede observar en el cuadro 13, el número de especies nativas en las fincas variaron de acuerdo a los diferentes sellos de certificación. Nespresso reportó 0,5 especies y las fincas convencionales Nespresso 0,6; las fincas orgánicas alcanzaron 5,67 y las convencionales 4,67 especies; Rainforest reportó 5,5 y Utz 1,5 especies. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Linkimer (2001) en fincas evaluadas en diferentes distritos de los cantones de Turrialba y Jiménez.

4.1.2.3 Número de árboles y arbustos mayores a 5 cm de dap

El número de árboles mayores a 5 cm dap varió en las diferentes fincas y no se encontró diferencias significativas entre las comparaciones realizadas: Nespresso vs convencional Nespresso ($p=0,4302$); orgánico vs convencional ($p=0,2587$) y Rainforest A. vs Utz ($p=0,2587$). A continuación se presenta el número de árboles encontrados en las fincas evaluadas (Cuadro 16).

Cuadro 16. Número de árboles > 5 cm dap/parcela (2000 m²), encontrados en fincas agroforestales de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica

Número de árboles > 5 cm dap	Nespresso	C. Nespresso	Orgánico	C. orgánico	Rainforest A.	Utz
Número de árboles > 5cm dap/parcela	48,4	41,2	71	44	22,5	29,33

Datos similares fueron observados por Cerdan (2007), quien reportó un promedio de 48 árboles en fincas orgánicas por parcela (1000 m²) en el Corredor Biológico Central Talamanca, a partir de un diámetro igual o mayor a 10 cm dap. Al igual que los reportados por Quispe (2008) donde en fincas orgánicas presentan 59 árboles por parcela (1000 m²), Rainforest Alliance 22 árboles, y Utz 27 árboles.

Los árboles dentro de los sistemas tienen gran valor por los beneficios que proporcionan a los agricultores, como el mejorar la calidad del café, y proporcionando madera

para leña. Además, ayuda al ciclaje de nutrientes a través de la biomasa aportada de podas y hojarascas, y a través de la fijación biológica la incorporación de nutrientes (Kass et ál.1998). Por consiguiente el efecto de los árboles es beneficiosa para aves insectívoras, que pueden reducir los insectos dañinos, pero está asociada a la prevalencia de síntomas de hongos en las hojas (Johnson et ál.2009).

4.1.2.4 Valoración cualitativa de la incidencia de epífitas en árboles

En la valoración cualitativa de la presencia de epífitas en los árboles de la parcela no se encontraron diferencias significativas en los análisis de las fincas comparadas: Nespresso vs convencional Nespresso ($p=0,4441$); orgánicos vs convencional ($p=0,3500$) y Rainforest Alliance vs Utz ($p=0,4212$). Los resultados encontrados se describen en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Presencia de epífitas, lianas y bejucos en árboles (%) en fincas agroforestales de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica

Incidencia de epífitas en árboles (%)	Nespresso	C. Nespresso	Orgánico	C. orgánico	Rainforest A.	Utz
Incidencia (%)	24	47	45	39	31	39

La presencia de epífitas está dada en su mayoría en árboles de poró (*Erythrina poeppigiana*) por ser la especie más común en las fincas cafetaleras. Estos resultados respaldan los encontrados por Porras (2006) quien encontró una mayor riqueza de especies en sistemas agroforestales de *Erythrina – Cordia* del Corredor Biológico Turrialba-Jiménez, Costa Rica.

Pero existen otros factores que influyen en la abundancia de epífitas como la presencia de aves y mamíferos. Estudios reportados por Jones et ál. (2000) citados por Cruz (2007) demuestran que el nivel de epífitas encontrados en plantaciones de café está correlacionado positivamente con la diversidad de aves tanto insectívoras como nectarívoras y que un factor importante en la diversidad y abundancia de epífitas es el grado de conectividad de los sistemas agroforestales con remanentes de bosques.

Un estudio realizado en Veracruz, México, en dos fragmentos de bosques y 10 cafetales con diferentes manejos, encontró que el número de especies y la abundancia de epífitas entre cafetales y bosques variaban indistintamente de su manejo y de la ubicación geográfica. La disminución de epífitas en cafetales se debe a la falta de dispersión de propágulos, a la poca susceptibilidad del componente arbóreo utilizado como sombra en

cafetales, a condiciones inadecuadas para la germinación y el crecimiento de las semillas de las parásitas, y a las labores de mantenimiento de los cafetales que eliminan o merman la presencia de las epífitas (García et ál. 2008).

4.1.2.5 Porcentaje cobertura de sombra

Según los resultados obtenidos, no hubo diferencias significativas entre las fincas objeto de comparación: Nespresso vs convencional Nespresso ($p=0,4640$); orgánico vs convencional orgánico ($p=0,4826$) y Rainforest A. vs Utz ($p=0,1745$) (Figura 3). Dentro de las fincas evaluadas es común encontrar árboles como el poró (*Erythrina poeppigiana*) como árbol de sombra.

En estudios realizados por Soto et ál. (2004) y Beer (1988) mencionan que la preferencia de los productores a la utilización de esta especie se debe a las bondades que presta tales como aporte de materia orgánica, rápido crecimiento, buen rebrote, y resistencia a podas severas. Además de reducir el estrés hídrico, reducir pérdidas de frutos, y sobre todo proteger los recursos naturales como agua, suelo, y Biodiversidad (Muschler 2004). Otras especies encontradas en asociación con el café son el laurel (*Cordia alliodora*), el banano (*Musa sp.*), guabas (*Inga sp.*), cítricos (*Citrus sp.*) y otras especies maderables, lo cual coincide con los resultados indicados por Porras (2006).

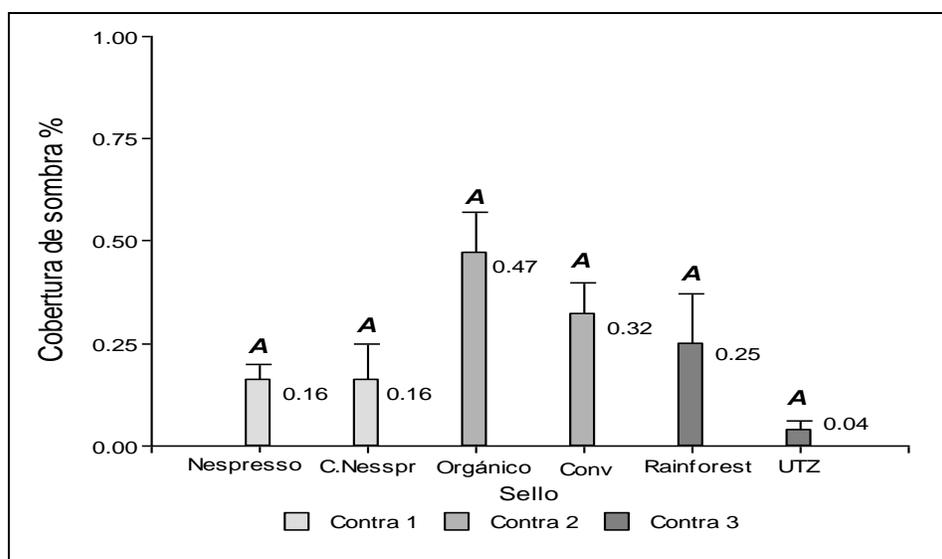


Figura 3. Porcentaje de cobertura de sombra en fincas de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica. Análisis comparativos realizadas: Nespresso vs convencional; Nespresso; orgánico vs convencional y Rainforest A. vs Utz. Letras iguales indican que no hay diferencias estadística significativa ($p=>0,05$)

Los niveles de sombra coincidieron en las fincas Nespresso y convencionales Nespresso con un 16% de cobertura; mientras que en las fincas orgánicas alcanzan un nivel de sombra del 47% , coincidiendo con los reportados por Chavarría (2010) y 32% en las fincas convencionales, Rainforest presentó un 24% y las fincas Utz un nivel bajo de sombra igual al 3%. Los resultados encontrados por Quispe (2008) indican que las fincas Utz presentan 37% de sombra, valor mucho más alto al encontrado por este estudio.

La diferenciación de resultados en fincas Utz se da debido a que en Costa Rica se manejan alrededor de cuatro podas al año, y el trabajo de campo de esta investigación coincidió con la fecha de poda de los árboles de sombra. Porras (2006) indica que las podas se realizan en los meses de diciembre a enero o de mayo a junio. En las primeras podas se dejan de 3 a 4 ramas ligeras horizontales y en la segunda se cortan los hijos y ramas livianas que se formaron en el primer arreglo.

4.1.2.6 Uso de agroquímicos

El criterio dos del servicio de biodiversidad es el uso de agroquímicos. El análisis realizado comparó las fincas con sello Nespresso vs convencional Nespresso, para el que se encontraron diferencias significativas ($p=0,0016$) y orgánico vs convencional donde también se encontraron diferencias significativas ($p<0,0001$) (Figura 4). Las fincas convencionales Nespresso presentaron una toxicidad estimada mayor que las fincas certificadas Nespresso y las convencionales con las que se compararon las fincas orgánicas. Estas fincas, ubicadas en el cantón Orosi, presentaron una aplicación de insumos de mayor toxicidad que el resto de fincas.

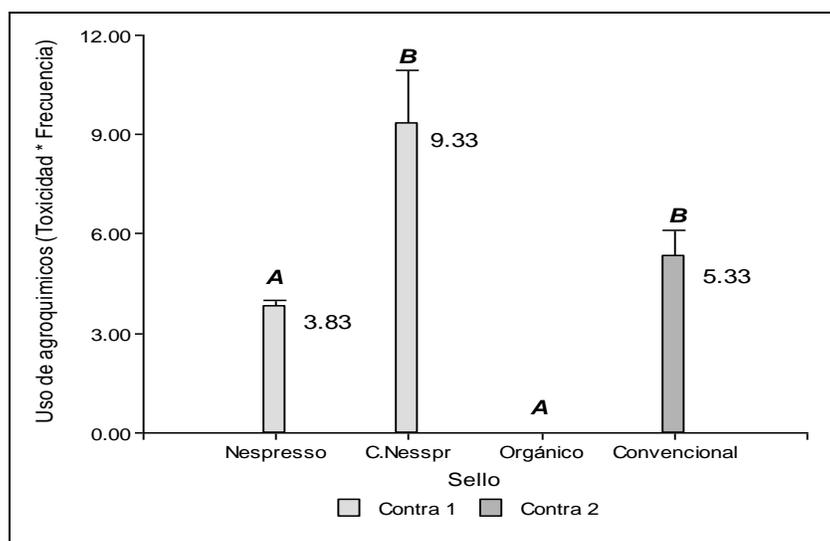


Figura 4. Uso de agroquímicos en fincas de Turrialba y Orosi, Costa Rica. Análisis comparativos realizados: Nespresso vs convencional Nespresso, orgánico vs convencional. Barras con diferentes letras indican que hay diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$)

Las fincas Nespresso alcanzaron 3,83 puntos en cuanto a la toxicidad del producto aplicado * frecuencia de aplicación; mientras que las convencionales Nespresso alcanzan 9,33. Estos resultados corresponden al grado de afectación del ambiente.

Si bien, la aplicación de insumos sintéticos es mayor en las fincas convencionales por lo que originan una mayor degradación de la biodiversidad y contaminación de agua. Nesme et ál. (2005) afirman también que el uso de fertilizantes nitrogenados, se convierten en una fuente de contaminación de las aguas subterráneas.

A continuación se muestra un listado de los productos químicos utilizados en las fincas convencionales en Turrialba (Cuadro 18).

Cuadro 18. Productos químicos utilizados en las fincas convencionales de Turrialba, Costa Rica

Fincas	Productos	Toxicidad	Frecuencia	Cálculo	Tox * Fre	Resultado
1	Gramoxone (Paraquat)	-4	1	-4		-5
	Fórmula completa	-1	1	-1	-5	
2	Gramoxone (Paraquat)	-3	2	-6		-9
	Mirex (N-etil perfluorooctano sulfonamida)	-1	2	-2		
	Fórmula completa	-1	1	-1	-9	
3	Roundup (Glifosato)	-1	2	-2		-6
	Atemi (Ciproconazol)	-1	1	-1		
	Úrea (46% N)	-1	3	-3	-6	
4	Evigras (Glifosato)	-1	2	-2		-5
	Roundup (Glifosato)	-1	2	-2		
	Nutran	-1	1	-1	-5	
5	Roundup (Glifosato)	-1	2	-2		-4
	Nutran	-1	2	-2	-4	
6	Roundup (Glifosato)	-1	2	-2		-4
	Fórmula completa	-1	2	-2	-4	

4.1.3 INDICADORES DE CARBONO

4.1.3.1 Almacenamiento de carbono en café

Según los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las fincas comparadas en el análisis: Nespresso vs convencional Nespresso ($p=0,6897$); orgánico vs convencional ($p=0,5884$) y Rainforest A. vs Utz ($p=0,6689$) (Figura 5).

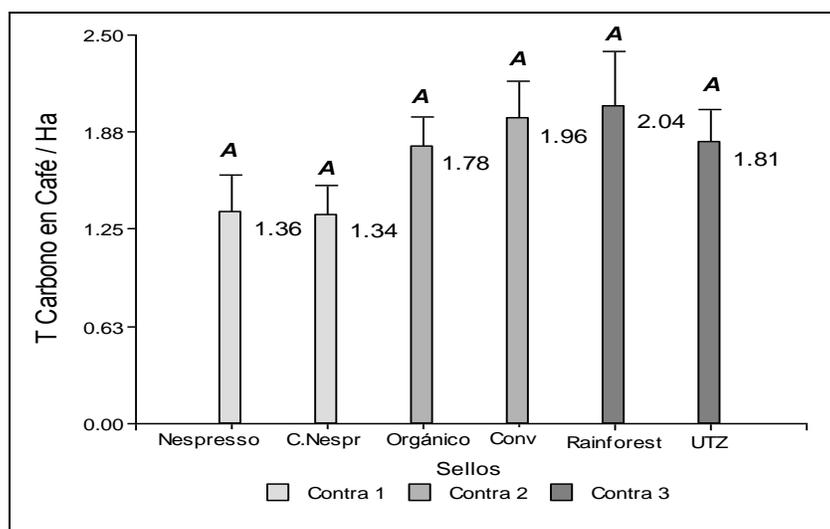


Figura 5. Almacenamiento de carbono en plantas de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica. Análisis comparativos realizados: Nespresso vs convencional, orgánico vs convencional y Rainforest A. vs Utz. Barras. Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$)

El almacenamiento de carbono en plantas de café en fincas Nespresso fue de 1,36 t C/ha y en las convencionales Nespresso fue de 1,34 tC/ha; en las fincas orgánicas y convencionales el almacenamiento fue de 1,78 y 1,96 t C/ha, y en Rainforest y Utz fue de 2,04 y 1,81 t C/ha respectivamente.

Estos valores coinciden con las afirmaciones de Montagnini et ál. (2004) donde manifiestan que para los pequeños sistemas agroforestales en los trópicos, la tasa de secuestro de carbono oscila entre 1.5 a 3.5 Mg C ha, y con lo expuesto por Oelbermann et ál. (2004) donde manifiestan que el potencial se secuestrar carbono en los componentes sobre la superficie de los sistemas agroforestales se estima a 2.1 – 109 Mg C ha al año en las mismas regiones.

4.1.3.2 Almacenamiento de carbono en árboles

Según los resultados obtenidos de las comparaciones realizadas (Nespresso vs convencional Nespresso, orgánico vs convencional orgánico y Rainforest A. vs Utz), no se encontraron diferencias significativas ($p=0,4381$, $p=0,4539$ y $p=0,4700$ respectivamente) (Figura 6).

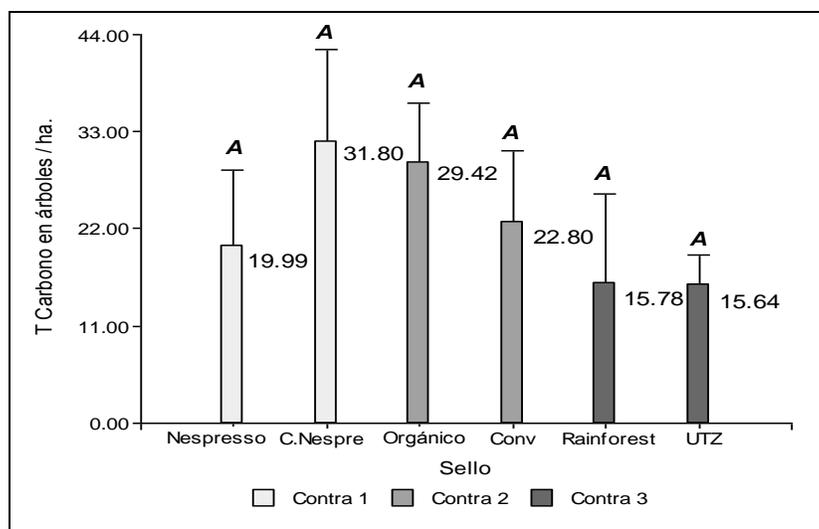


Figura 6. Almacenamiento de carbono en árboles en fincas de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica. Análisis comparativos realizados: Nespresso vs convencional, orgánico vs convencional y Rainforest A. vs Utz. Barras. Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$)

El almacenamiento de carbono en el componente arbóreo en fincas Nespresso es de 19,99 tC/ha y en las convencionales Nespresso fue de 31,80 tC/ha; las fincas orgánicas almacenaron 29,42 tC/ha, mientras que las fincas convencionales almacenaron 22,80. Rainforest y Utz, almacenaron 15,78 y 15,64 tC/ha concordando con los resultados encontrados por Ávila et ál. (2001) y Mena (2008) quienes indican que el sistema agroforestal café-poro almacenó 21,45 tC/ha. A continuación se detalla la cantidad de carbono almacenado en plantas de café como en el componente arbóreo (Cuadro 19).

Cuadro 19. Almacenamiento de carbono en plantas de café y árboles en fincas de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica

Carbono	N	Cn	O	Co	R.A.	Utz
Toneladas C/café/ha	1,36	1,34	1,78	1,96	2,04	1,81
Toneladas C/árboles/ha	19,99	31,80	29,42	22,80	15,78	15,64

N: Nespresso, Cn: convencional parejas de Nespresso, O: orgánico, Co: convencional parejas de orgánico, R.A: Rainforest Alliance, Utz: Utz Kapeh

Por lo consiguiente Montagnini et ál. (2004) afirman que el almacenamiento de carbono a través de prácticas agroforestales se estima entre 20 y 50 Mg C ha en regiones subhúmedas y húmedas, datos semejantes a los reportados en el presente estudio.

4.1.4 INDICADORES DE SUELO

4.1.4.1 Cobertura viva de suelo

En la cobertura viva del suelo se encontraron diferencias significativas entre los resultados de la comparación de las fincas manejadas orgánicamente vs las de manejo convencional ($p=0,0001$), las cuales se explican porque en las fincas orgánicas el porcentaje de cobertura del suelo fue de 73,38% mientras que las convencionales de 24,33%. Además porque en las fincas orgánicas se procura mantener cobertura de hoja ancha que ayuda a evitar procesos de degradación como la erosión, evitando el crecimiento de arvenses que compiten por nutrientes con el cultivo. Al mismo tiempo la cobertura de hoja ancha reduce el impacto de las gotas de lluvia así como la velocidad de la escorrentía, contribuyendo a mejorar la estructura, aumentando el contenido de N y la retención de nutrientes en el suelo (Beer et ál. 1998).

Las fincas con certificaciones Rainforest Alliance mostraron un 37,8% de cobertura mientras que las Utz 16,7%, existiendo diferencias estadísticas significativas ($p=0,0175$). Las fincas certificadas con el sello Nespresso y las que tienen un manejo convencional Nespresso mostraron un nivel de cobertura del suelo de 29,2 y 38,3% respectivamente y no existieron diferencias significativas ($p=0,2020$).

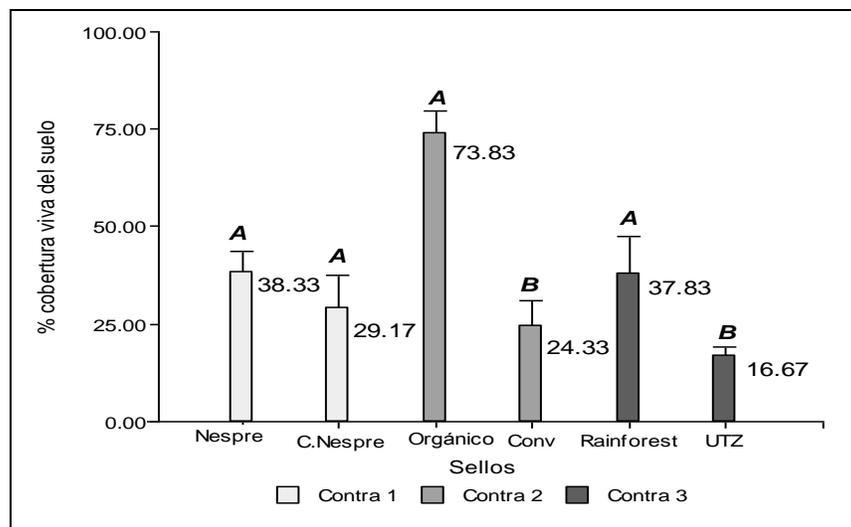


Figura 7. Porcentaje de cobertura viva del suelo en fincas de café certificadas y no certificadas en Turrialba y Orosí, Costa Rica. Análisis comparativos realizados: Nespresso vs convencional, orgánico vs convencional y Rainforest vs Utz. Barras con diferentes letras indican diferencias estadísticas significativa ($p<0,05$)

Dentro de este indicador se evaluó todo tipo de cobertura viva (zacates, helechos, bejucos y hoja ancha) abarcando todo el componente herbáceo de las fincas. Si se desglosan los valores por componentes, se tiene que la cobertura de hoja ancha en fincas orgánicas es mayor que en el resto de las fincas (47%). Estos resultados difieren de los encontrados por Quispe (2007) quien reporta 34% de cobertura de especies de hoja ancha en fincas manejadas orgánicamente, pero mantienen relación con la cantidad reportada para fincas con otros sellos de certificación, donde se presentaron coberturas similares o menores al 20%. Los valores de cobertura de suelo se presentan en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Promedio de diferentes coberturas de suelo en fincas cafetaleras en Turrialba y Orosí, Costa Rica

Cobertura de suelo (%)	Nespresso	C. Nespresso	Orgánico	C. orgánico	Rainforest A.	Utz
Zacates	3,5	4,5	22,5	9,22	13,66	0,6
Hoja ancha	26,68	17,68	47,33	11,5	17,16	8
Rastreras	1,66	6,5	1,66	1,3	6,36	2,6
Hojarascas	48	49,66	21,5	57	51	73,52
Helechos	7	0,5	2,35	3,85	0,66	5,5
Suelo desnudo	13,16	21,16	4,66	17,13	11,16	9,8

4.1.4.2 Acciones correctivas de suelo

En los análisis realizados para este indicador, no hubo diferencias significativas entre fincas certificadas bajo el sello Nespresso vs convencional Nespresso ($p=0,7418$) y orgánicos vs convencional orgánico ($p=0,1028$). Las fincas que contaban con sellos de Rainforest Alliance y Utz, no fueron sujetas a este análisis por no cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Las diferentes acciones de correcciones de erosión se presentan a continuación (Cuadro21).

Cuadro 21. Número de acciones correctivas de la erosión en fincas de café en Turrialba y Orosí, Costa Rica

Acciones correctivas de la erosión	Nespresso	C. Nespresso	Orgánico	C. orgánico
Barreras vivas para reducir escorrentías	5	3	3	2
Obras físicas de control de erosión: terrazas o muros de piedra	7	3	0	0
Acciones de recuperación donde hubo erosión: muros de retención en cárcavas o siembra en zonas de deslizamientos	0	2	2	0
Obras de captura o intercepción de agua : acequias y cajuelas	2	3	1	1
Total de acciones	14	11	6	3

Según el cuadro anterior, entre las obras de conservación de suelo que se destacan en las fincas evaluadas están las barreras vivas, construcción de terrazas, intercepción de agua en acequias o cajuelas, siembra de árboles donde hubo deslizamientos y construcción de muros de piedras. Estas obras coinciden con las encontradas por ICAFE (1998) y Quispe (2007) quienes citan obras de conservación de suelo, siembra en contorno, canales de desviación o desague, barreras rompevientos y barreras como suplemento de comida de animales en un 75%.

4.1.4.3 Incidencia de la erosión

Las fincas certificadas bajo el sello Nespresso vs manejo convencional ($p=0,7003$) y manejo orgánico vs convencional ($p=0,0670$) no presentaron diferencias estadísticamente significativas, mientras que las fincas certificadas bajo los sellos Rainforest Alliance y Utz no se pudieron comparar por no cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de la variancia. La cantidad de suelo perdido a nivel de fincas se presenta en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Suelo perdido en m^3/ha en fincas agroforestales con café en Turrialba y Orosi, Costa Rica

Suelo perdido en m^3/ha	Nespresso	C. Nespresso	Orgánico	C. orgánico
Promedio	40,67	40	7,75	85,65

Las fincas con el sello de certificación Nespresso presentaron una pérdida de suelo de $40,67 m^3/ha$, valor estimado en tres fincas que tienen formación de cárcavas y canalillos con pérdidas de suelo de $48 m^3$, $96 m^3$ y $100 m^3$ respectivamente. Estos valores contribuyen a aumentar la media general en la pérdida de suelos en las seis fincas evaluadas. Las fincas convencionales Nespresso presentaron una pérdida de suelo de $40 m^3/ha$; las fincas orgánicas $7,75 m^3/ha$, mientras que las convencionales orgánicas perdieron $85,65 m^3/ha$ de suelo. Este valor proviene de tres fincas que tienen formaciones de surcos, cárcavas y canalillos donde se originan pérdidas de suelo de $120 m^3$, $150 m^3$ y $243 m^3$ respectivamente.

Ambos grupos de fincas convencionales que se compararon con las fincas con sellos Nespresso y orgánicas, mostraron altos niveles de pérdida de suelo y bajos niveles de cobertura, lo que favorece los procesos de degradación de suelo. Lo anterior coincide con el estudio realizado por Quispe (2007) quien encontró que la falta de cobertura incide en la presencia de erosión laminar y demás tipos de erosión. También con resultados encontrados

por Ataroff y Monasterio (1997) que encontraron mayor erosión en plantaciones de café a pleno sol.

El hecho de que los suelos en fincas orgánicas presenten mayor cobertura, hace que los suelos se pierdan por diferentes tipos de erosión, evitando la formación de cárcavas y deslizamientos. Además, las asociaciones de cultivos que presentan las fincas orgánicas, permiten tener la mayor parte del área cubierta, contribuyendo a proteger los suelos evitando su degradación. La pérdida de suelo va a depender de las acciones correctivas de erosión que se apliquen, entre las más frecuentes están las barreras vivas para reducir escorrentías, construcciones de terrazas y muros de retención en las cárcavas. Estas prácticas concuerdan con las citadas por Shultz et ál. (1997) en el proyecto RLC en El Salvador.

4.1.4.4 Conteo lombrices

Este indicador no mostró diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los contrastes analizados (Figura 8).

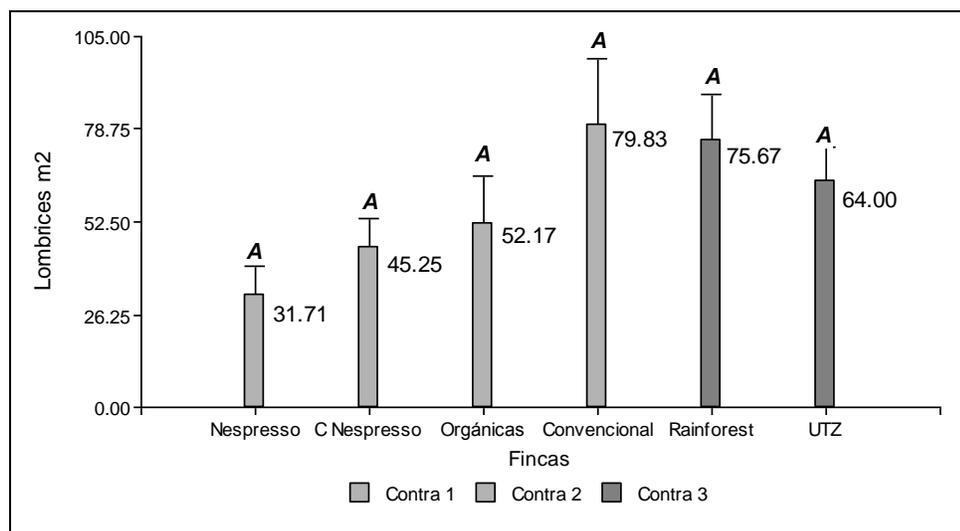


Figura 8. Número de lombrices/m² en fincas agroforestales de café certificadas y no certificadas en Turrialba y Orosi, Costa Rica. Comparaciones realizadas: Nespresso vs convencional Nespresso, orgánico vs convencional y Rainforest A. vs Utz. Barras con igual letra indican que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$)

El hecho de que no existieran diferencias estadísticas radica en la alta variabilidad que existe entre unidades muestrales del mismo tratamiento. Sin embargo, esperaríamos que con tamaño de muestra mayor la variabilidad disminuya; razón necesaria para aumentar el número de sub-muestra dentro de las parcelas.

Las poblaciones más bajas se observaron en Orosi, Nespresso presentaron 31 y las convencionales Nespresso 45 lombrices/m², y las poblaciones más altas las tienen las fincas convencionales orgánicas y Rainforest Alliance reportando 79 y 75 lombrices/m² respectivamente. Estos resultados difieren de los observados por Porras (2006) en la misma región, reportando en fincas orgánicas 195 lombrices/m² en época seca, pero manteniendo relación con los datos en fincas convencionales que promediaron 69 lombrices/m².

Hairiah et ál. (2006) reportaron datos similares (150 lombrices/m²) en sistemas agroforestales con café en Indonesia.

Las poblaciones de lombrices y su abundancia también dependen de factores como la disponibilidad de nutrientes, condiciones ambientales y de la relación con el asocio de las especies en el sistema (USDA 1999). Además de materia orgánica, textura, profundidad, PH, precipitación, temperatura, residuo de cultivos, y predación (Jiménez et ál. 2003).

Se realizó un análisis de correlación entre lombrices y hojarasca ($p=0.71$) (Figura 4) y uso de agroquímicos ($p=0.30$), observándose que no hubo relación estadística.

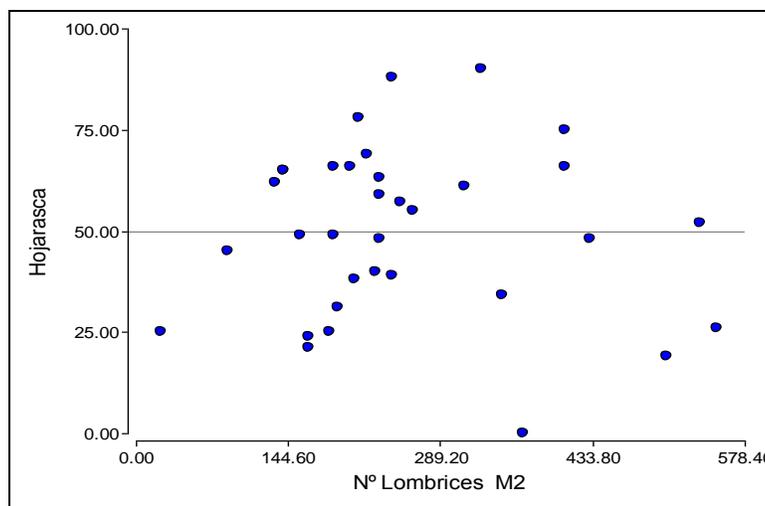


Figura 9. Correlación entre lombrices y hojarasca en las fincas certificadas y no certificadas en Turrialba y Orosí, Costa Rica

Cuadro 23. Resumen de los resultados obtenidos de las evaluaciones sobre servicios ambientales realizados en fincas agroforestales de café en Costa Rica

Criterios e indicadores	Costa Rica					
	N	Cn	O	Co	RA	Utz
<u>AGUA</u>						
Manejo de aguas mieles (# actividades)	11	3	7	2	x	x
# evidencias de erosión	6	5	3	5	x	x
# obras de prevención y contaminación de fuentes de agua	2	7	6	4	x	x
<u>BIODIVERSIDAD</u>						
Número estratos arbóreos	1,92	1,67	2,67	1,92	0,96	1,13
Número especies nativas/parcela	0,5	0,6	5,67	4,67	5,5	1,5
Número árboles >5cm dap/ parcela	48,4	41,2	71	44	22,5	29,3
Incidencia de epífitas %	24	47	45	39	31	39
Cobertura de sombra %	16	16	47	32	25	4
Uso de agroquímicos. Toxicidad * frecuencia	3,83	9,33	0	5,33	x	x
<u>CARBONO</u>						
Carbono almacenado en café (toneladas/ha).	1,36	1,34	1,78	1,96	2,04	1,81
Carbono almacenado en árboles (toneladas/ha).	19,99	31,80	29,42	22,80	15,78	15,64
<u>SUELO</u>						
Cobertura viva de suelo %	38,33	29,17	73,83	24,33	37,8	16,7
# acciones correctivas de erosión	14	11	6	3	x	x
Incidencia de erosión. Suelo perdido (m ³ /ha).	40,67	40	7,75	85,65	x	x
Abundancia de lombrices/m ²	31	45	52	79	75	64

N: nespresso, Cn: convencional parejas de Nespresso, O: orgánico, Co: convencional parejas de orgánico, R.A: rainforest Alliance, Utz: Utz Kapeh, X: no se contrastó

4.2 CÁLCULOS DE CRITERIOS DE CONSERVACIÓN

Se realizó el cálculo de los criterios de los diferentes servicios ambientales de forma integral, es decir sumando todos los indicadores que corresponde a cada criterio y haciendo los respectivos análisis comparativos: Nespresso vs convencional, orgánico vs convencional y Rainforest vs Utz.

4.2.2 Criterio de conservación de agua

Para el cálculo del criterio de conservación de agua se realizaron dos comparaciones: las fincas con sello Nespresso vs convencional Nespresso y las fincas con manejo orgánico vs convencional orgánico. En ninguno de los casos se encontraron diferencias significativas ($p=0,9413$ y $p=0,2287$ respectivamente) (Figura 10).

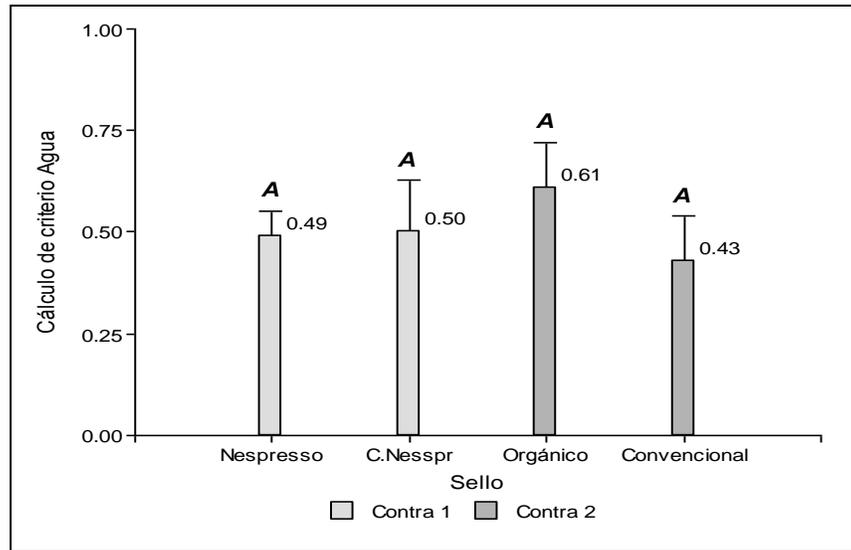


Figura 10. Cálculo de criterio agua en fincas de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica. Comparaciones: fincas con sello Nespresso vs manejo convencional, fincas con manejo orgánico vs convencional. Barras con iguales letras indican que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$)

4.2.3 Criterio biodiversidad

En el cálculo del criterio de biodiversidad se realizaron las comparaciones que incluyen fincas con sello Nespresso vs convencionales Nespresso, fincas manejadas orgánicamente vs convencionales orgánico y Rainforest Alliance vs Utz. En ninguno de los casos se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p=0,4849$, $p=0,3217$ y $p=0,1125$ respectivamente) (Figura 11). Los aportes de los indicadores a la formación del cálculo del criterio en fincas Nespresso fueron de 0,33 puntos, mientras que las de manejo convencional y con certificación Nespresso aportaron con 0,43 puntos. La contribución de los indicadores en las fincas orgánicas fue mayor a la de las convencionales (0,65 y 0,50 respectivamente) y los de Rainforest aportaron con 0,52 y las de las fincas Utz 0,28 puntos.

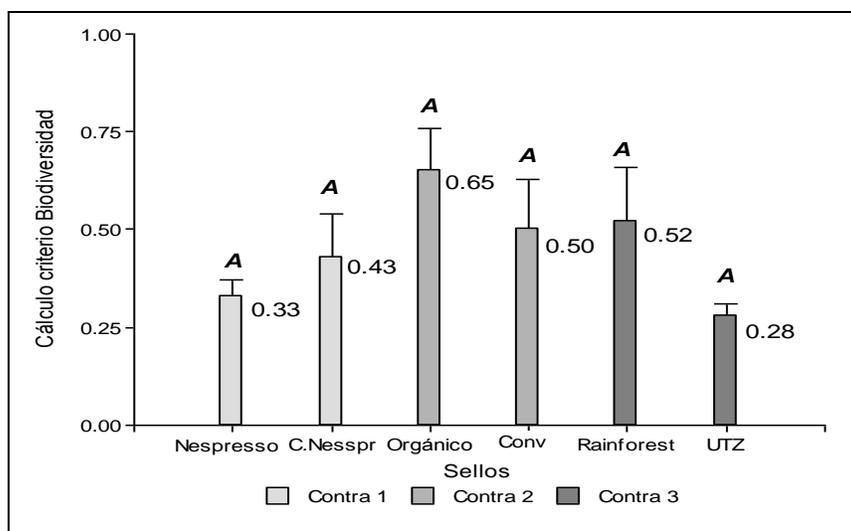


Figura 11. Cálculo de criterio biodiversidad en fincas de café en Turrialba y Orosi, Costa Rica. Comparaciones realizadas: fincas con certificación Nespresso vs convencional, orgánico vs convencional y Rainforest A. vs Utz. Barras con igual letra indican que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$)

4.2.4 Criterio de carbono

Para el análisis correspondiente a este criterio, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las comparaciones realizadas: fincas con sello Nespresso vs con manejo convencional Nespresso ($p = 0,3911$), con manejo orgánico vs convencional orgánico ($p = 0,8151$) y con sello Rainforest Alliance vs Utz ($p = 0,7120$) (Figura 12). Los valores aportados al cálculo de este criterio en las fincas con sello Nespresso fueron de 0,35 y 0,49 pintos para las fincas convencionales, 0,57 para las fincas orgánicas, 0,53 para las fincas convencionales, 0,47 para las fincas con sello de Rainforest Alliance y 0,40 para las fincas con sello Utz 0,40.

4.2.1 Criterio de conservación de suelo

El cálculo del criterio de conservación de suelo realizados para las fincas manejadas orgánicamente vs convencional fue estadísticamente significativo ($p = 0,0004$); mientras que no hubo diferencias significativas entre los resultados encontrados en las fincas con sello

Nespresso vs con manejo convencional Nespresso ($p=0,3363$) y entre Rainforest A. vs Utz ($p=0,5434$) (Figura 12).

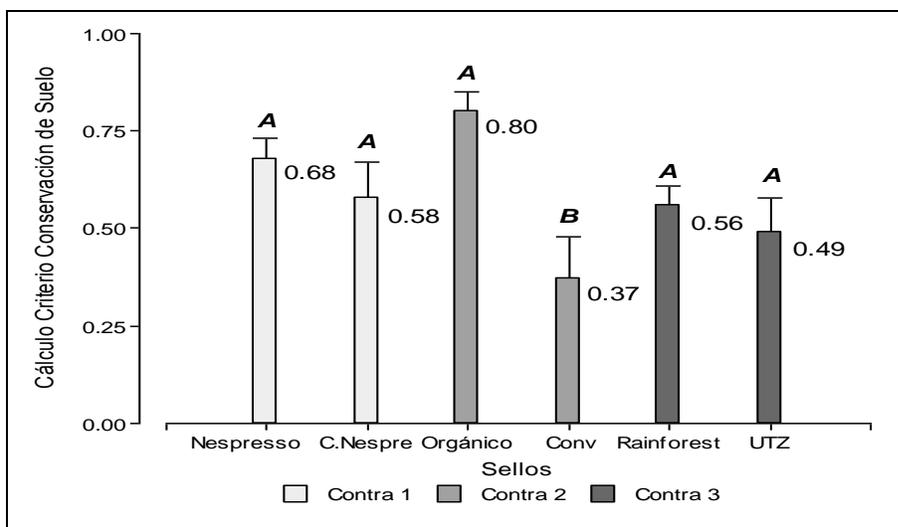


Figura 12. Cálculo de criterio de conservación de suelo en fincas de café de Turrialba y Orosi, Costa Rica. Comparaciones entre fincas con sello Nespresso vs manejo convencional, manejo orgánico vs manejo convencional, y con certificación Rainforest Alliance vs Utz. Barras con letras distintas indican que hay diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$)

La contribución de los indicadores de suelo a la formulación del cálculo del criterio de conservación de suelo en fincas con sello Nespresso fue de 0,68 puntos, mientras que las fincas convencionales aportaron 0,58 puntos; las fincas orgánicas aportaron con 0,80 y las convencionales 0,37 (debido al aporte en el indicador cobertura viva del suelo), y las fincas con el sello Rainforest aportaron 0,56 puntos y las fincas Utz 0,49.

4.3 ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTOS DE LOS REQUISITOS DE NORMAS DE CERTIFICACION

Este cuadro resume los hallazgos de este estudio en comparación con los requisitos establecidos por las normas de cada uno de los sellos estudiados (Cuadro 24). En el caso de la producción orgánica, se puede observar que aunque muchos temas no están específicamente incluidos en la norma (número de árboles /ha, epifitas, % cobertura de sombra) estas prácticas se realizan. Esto por cuanto los árboles son fundamentales en estos sistemas para el manejo de productividad, las malezas o arvenses, la nutrición y biodiversidad. Esto podría indicarnos, que en algunos casos, la visión de manejo del sistema puede ser más útil que el detalle específico de los requisitos.

Cuadro 24. Relación entre los requisitos de certificación de los sellos orgánicos (NOP e IFOAM) Utz, Nespresso y Rainforest Alliance con los indicadores de servicios ambientales cuantificados en fincas de café en las zonas de Turrialba y Orosi, Costa Rica

Servicio Ambiental	Indicadores	RA. 2010	Nespresso 2009	Utz 2010	Orgánico 2006
CONSERVACIÓN DE AGUA	Manejo de contaminación de agua	Aa	Aa	Aa	Ab
	Evidencia erosión, deslizamientos en ríos y caminos	Aa	Ba	Ba	Ab
	Obras de prevención	Aa	Aa	Ba	Aa
BIODIVERSIDAD	Nº estratos arbóreos	Ba	Ba	Ab	Ab
	Nº árboles nativos/Ha	Ba	Ba	Bb	Ab
	Nº árboles <5 DAP	Ba	Ba	Bb	Ab
	Incidencia de epifitas en árbol	Ab	Ab	Ab	Ab
	% cobertura sombra	Ba	Ba	Bb	Ab
	Nº aplicaciones herbicidas	Aa	Aa	Aa	Ab
	Nº aplicaciones pesticidas	Aa	Aa	Aa	Ab
CARBONO	Nº aplicaciones fertilizantes	Aa	Aa	Aa	Ab
	Toneladas C fijado/árboles/ha	Bb	Bb	Bb	Bb
CONSERVACIÓN DE SUELO	Toneladas C fijado/cultivos /ha	Bb	Bb	Bb	Bb
	% cobertura suelo	Aa	Ba	Ba	Aa
	Incidencia erosión	Ba	Ba	Ba	Aa
	Acciones correctivas de erosión	Ba	Ba	Ba	Ab

A: cumple con el indicador. a: requisito está en la norma. B: no cumple el indicador. b: no está en la norma

Por otro lado, no se observaron diferencias entre fincas convencionales y Nespresso y entre Rainforest Alliance y Utz en variables como el número de estratos o número de árboles de sombra, aunque son temas detallados en las normas Rainforest y Nespresso. Se debe de recordar que la comparación entre fincas Rainforest y Utz es en realidad una comparación dos fincas.

En cuanto al uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes, los cuatro sellos lograron mejorar los indicadores, como era de esperarse en cumplimiento de sus normativas. Mientras que el tema de secuestro de carbono, es un tema en que solo Rainforest y Nespresso ha incluido en sus normativas, con alusiones a estrategias para el cambio en sus normativas, pero que todavía debe mejorarse, si quieren ver cambios a nivel de fincas.

4.4 COMPARACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES BRINDADOS POR ECOSISTEMAS AGROFORESTALES DE COSTA RICA, NICARAGUA Y GUATEMALA

4.4.1. INDICADORES DE AGUA

El análisis realizado indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de los indicadores de conservación de agua en las fincas consideradas en los tres países.

4.4.1.1 Manejo de contaminación de agua

Según los resultados obtenidos, no existen diferencias estadísticamente significativas ($p=0,1411$) en el manejo de aguas mieles, la contaminación de combustibles y aceites, en los lugares donde lavan los equipos de aplicación de insumos, desechos de las fincas (basura orgánica, pulpa de café, desechos de otros cultivo) y en el manejo de aguas negras y grises.

En el caso de las fincas orgánicas, no se da el lavado de equipos utilizados en la aplicación de agroquímicos pues esta es una actividad no permitida. Además, muchos productores no dan un manejo adecuado de los desechos orgánicos de sus fincas y los amontonan dentro de los cultivos.

En Guatemala se dan actividades de empozar el agua y no verterlas a las quebradas (López et ál. 1991 citado por Galloway et ál. 1997) en el marco de un esfuerzo de manejo sostenible para modificar el proceso del beneficiado, con el fin de reducir el uso del agua y manejar de forma adecuada los desechos, lo cual es ampliamente respaldado por Galloway et ál. (1997).

En Nicaragua se está empezando a trabajar en los subproductos del café, específicamente en la pulpa, pero por los grandes volúmenes de agua que se usan en el beneficiado, este sigue siendo un problema que pocos han podido o han querido resolver (López 2009); a pesar de que cuentan con una Norma Técnica Obligatoria (NTON 05-027-058) para regular los sistemas de tratamientos de las aguas residuales y de reúso que establece que el que genera residuos líquidos es responsable del tratamiento de los mismos (MIFIC 2006 citado por López 2009). En este país, el 68% de la contaminación de los ríos la genera el beneficiado del café, lo cual impacta al 40% de la población que vive cerca de los ríos contaminados (Bonilla 2003, citado por López 2009).

4.4.1.2 Evidencias de erosión y deslizamientos en los nacimientos de ríos caminos y sedimentación en partes bajas de los caminos

Este análisis indica que no hubo diferencias significativas entre Costa Rica y Nicaragua a nivel de fincas trabajadas orgánicamente y convencionales ($p=0,0711$). Entre las principales evidencias de erosión encontradas están los deslizamientos en las orillas de ríos, formación de cárcavas y canalillos en las orillas de los caminos y acumulación de sedimentos en las partes bajas. En Costa Rica las fincas convencionales tienen un promedio de evidencias de 0,83 (cinco en total) y las orgánicas 0,5 (tres en total); es decir que en cada finca convencional se puede determinar mínimo una evidencia. En Nicaragua las fincas convencionales y orgánicas presentan 2 y 1,1 evidencias respectivamente.

4.4.1.3 Obras de prevención de contaminación de las fuentes de agua

Para este indicador no se observaron diferencias significativas a nivel de países ($p=0,1146$) (Figura 13). Entre las principales obras destacan la siembra de vegetación para protección en las nacientes de ríos y caminos y obras de retención en los senderos peatonales. En Costa Rica, las fincas orgánicas mostraron seis obras de prevención y las convencionales

cuatro, en Nicaragua las fincas orgánicas mostraron 27 obras y las convencionales 23 Y en Guatemala se contabilizaron 12 obras en las fincas orgánicas y 11 en las convencionales.

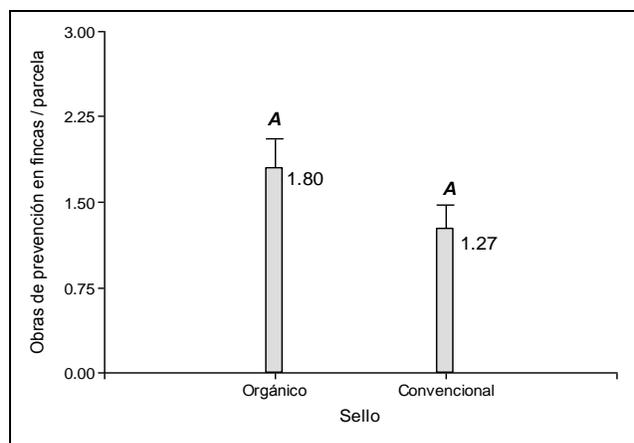


Figura 13. Obras de prevención de contaminación de fuentes de agua a nivel de fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala. Barras con letras iguales indican que no hay diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$)

4.4.2 INDICADORES DE BIODIVERSIDAD

4.4.2.1 Número de estratos arbóreos

Los resultados encontrados indican diferencias estadísticas en el número de estratos entre países ($p=0,0346$) (Figura 14). Estas diferencias radican en que la mayoría de las asociaciones de cultivos de las fincas orgánicas están dadas por una combinación de especies forestales, frutales, musáceas, etc. que permiten mantener una diversificación del dosel; mientras que las fincas convencionales manejan un estrato muy parecido que denota homogeneidad en el dosel.

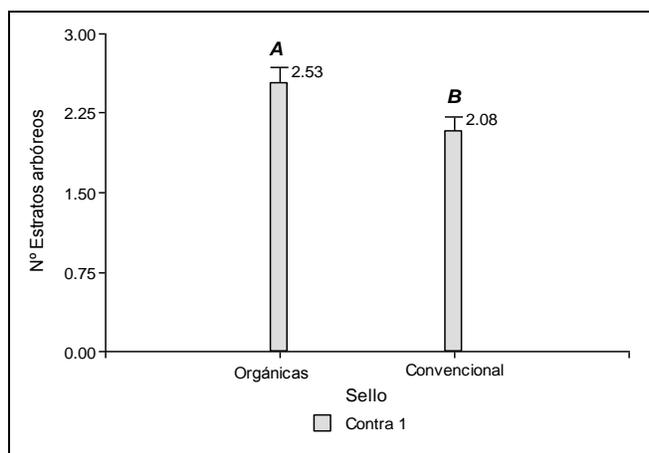


Figura 14. Número de estratos arbóreos en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala. Barras con letras distintas indican que hay diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$)

En las fincas orgánicas en Costa Rica se reporta un promedio de 2,66 estratos y en las convencionales 1,91; en Nicaragua las fincas orgánicas tienen 2,32 estratos mientras que las convencionales 1,98 y en Guatemala las fincas orgánicas muestran 2,66 estratos mientras que las convencionales 2,3 estratos. Lo anterior refleja que las fincas orgánicas a nivel de los tres países presentan en promedio 2,53 estratos y las convencionales 2,08.

4.4.2.2 Número de especies de árboles nativos

Respecto a este indicador, no se encontraron diferencias significativas en los resultados presentados por las fincas de Costa Rica y Nicaragua ($p = 0,2090$) (Figura 15). Guatemala no entró en el análisis por no presentar datos.

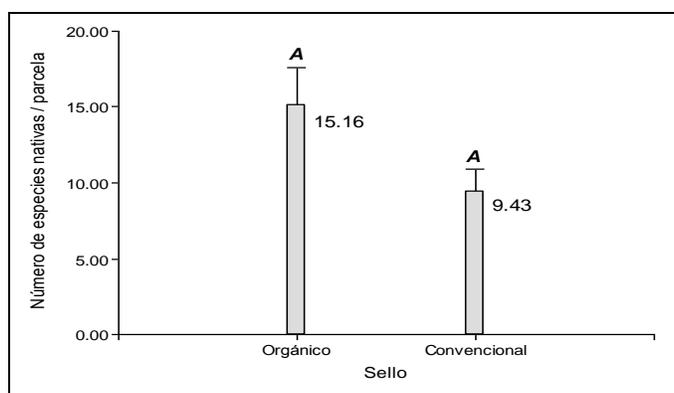


Figura 15. Número de especies de árboles nativos en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica y Nicaragua. Barras con letras iguales indican que no hay diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$)

Las fincas orgánicas en Costa Rica mantienen un promedio de 5,6 especies nativas por finca (34 árboles en total), mientras que las convencionales 4,66 (28 árboles en total). En Nicaragua las fincas orgánicas mantienen un promedio de 13,7 especies nativas (137 árboles en total) mientras que las convencionales 7,92 especies (111 árboles en total).

4.4.2.3 Número de árboles y arbustos mayores a 5 cm de dap

Existen diferencia significativa en el presente indicador al compararse los resultados de fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica y Nicaragua ($p= 0,0243$) (Figura 16). Esta diferencia se da porque en las fincas orgánicas hubo un mayor número de individuos que superaban los 5 cm dap que en las fincas convencionales, encontrándose especies como poró, ingas o guabas, laurel, cítricos y en menos grado cedros.

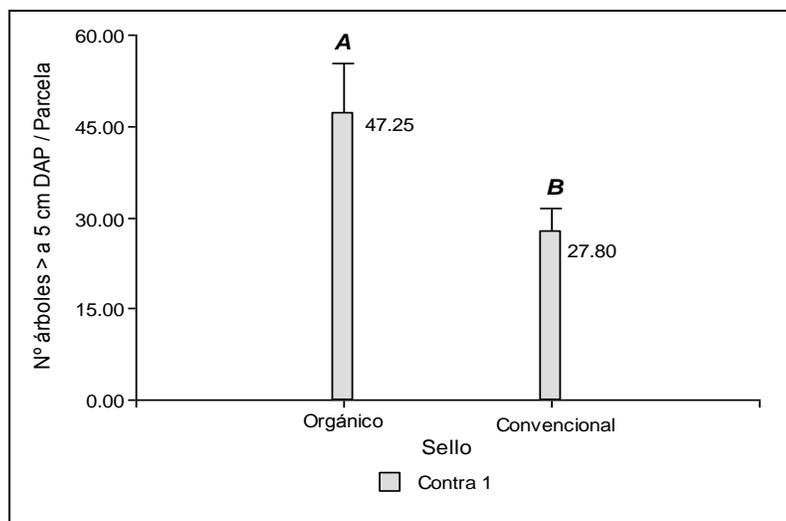


Figura 16. Número de árboles > 5 cm de dap /parcela en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica y Nicaragua. Barras con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p<0,05$)

En Costa Rica el promedio de árboles/parcela en fincas orgánica es de 71 árboles, mientras que en las convencionales es de 44 árboles. En Nicaragua las fincas orgánicas presentaron un promedio de 33 árboles y las convencionales de 20,85 árboles/ parcela.

4.4.2.4 Valoración cualitativa de la incidencia de epífitas en árboles

No se encontraron diferencias significativas en la presencia de epífitas en árboles de fincas agroforestales de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala ($p=0,3615$). A pesar de que las fincas convencionales aplican insumos sintéticos, esto no influye al momento de cuantificar las epífitas en árboles. La aplicación de estos insumos podría tener efectos negativos en la presencia de aves, mamíferos y reptiles. Si bien esto no se contempló dentro de la presente investigación, se puede presumir que el efecto del manejo de las fincas puede causar una disminución de biodiversidad en fincas convencionales con respecto a las orgánicas.

En Costa Rica las fincas orgánicas presentan en promedio un 45% de incidencia de epífitas en árboles y las convencionales un 39%; en Nicaragua las fincas orgánicas presentan un 31% de incidencia de epífitas en árboles y las convencionales un 40%; en este país hay dos fincas orgánicas que no reportan incidencia de epífitas en árboles, y dos fincas con valores inferiores a 11%, por lo tanto ambos resultados inciden en el cálculo de la media general. En Guatemala se da una incidencia de epífitas del 48% en fincas orgánicas y del 22,8% en fincas orgánicas.

4.4.2.5 Porcentaje cobertura de sombra

Según los resultados obtenidos, no existe diferencias significativas en la cobertura de sombra de fincas de Costa Rica y Nicaragua ($p=0,1768$) (Figura 17). Guatemala no se consideró en el análisis porque los métodos de medición de este parámetro diferían del de Costa Rica y Nicaragua.

El no haber diferencias en la cobertura de las fincas indica que el dosel para estimar la sombra tuvo poca variabilidad. En Costa Rica las fincas orgánicas manejan un 45% de cobertura de sombra mientras que las convencionales un 31%; en Nicaragua las fincas orgánicas presentan un 21% de cobertura de sombra y las convencionales un 19%.

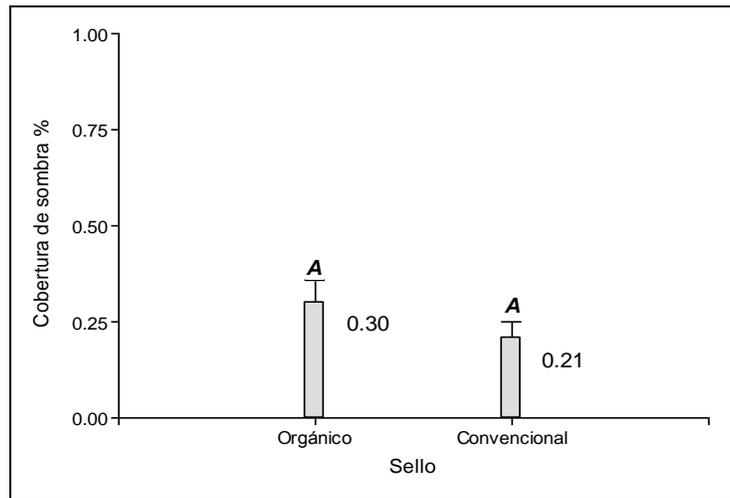


Figura 17. Porcentaje de cobertura de sombra en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica y Nicaragua. Barras con letras iguales indican que no existe diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$)

4.4.2.6 Uso de agroquímicos

Se realizó la comparación entre fincas certificadas y no certificadas, reportando que existen diferencias estadísticas ($p=0.003$). La fincas certificadas tuvieron una toxicidad estimada de 1.28 y las fincas no certificadas de 10.13.

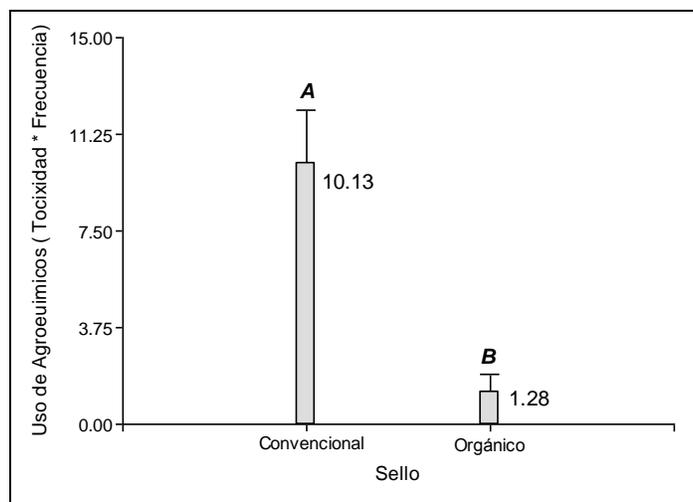


Figura 18. Uso de agroquímicos en fincas certificadas y no certificadas en países Costa Rica, Nicaragua, Guatemala. Barras con letras distintas indican que existe diferencias estadísticas significativas ($p<0,05$)

4.4.3 INDICADORES DE CARBONO

4.4.3.1 Almacenamiento de carbono en café

No se encontraron diferencias significativas entre los resultados de las fincas de Costa Rica y Nicaragua ($p=0,8643$) (Figura 18). Las toneladas de carbono almacenado en las plantas de café de las fincas orgánicas de Costa Rica alcanzaron 1,78 t C/ha y las convencionales 1,96. En Nicaragua, las fincas orgánicas almacenaron 2,33 t C/ha y las convencionales 2,12. El almacenamiento de carbono depende de la densidad y de la edad del cultivo.

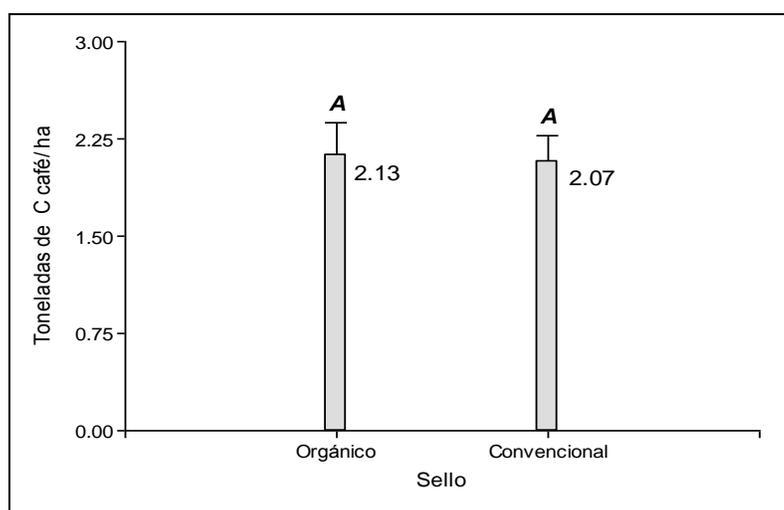


Figura 19. Toneladas de carbono almacenado en plantas de café en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala. Barras con letras iguales indican que no existe diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$)

4.4.3.2 Almacenamiento de carbono en árboles

Los resultados obtenidos indican que no existen diferencias estadísticas en el contenido de carbono en árboles de las fincas agroforestales consideradas en Costa Rica, Nicaragua y Guatemala ($p=0,0516$) (Figura 17).

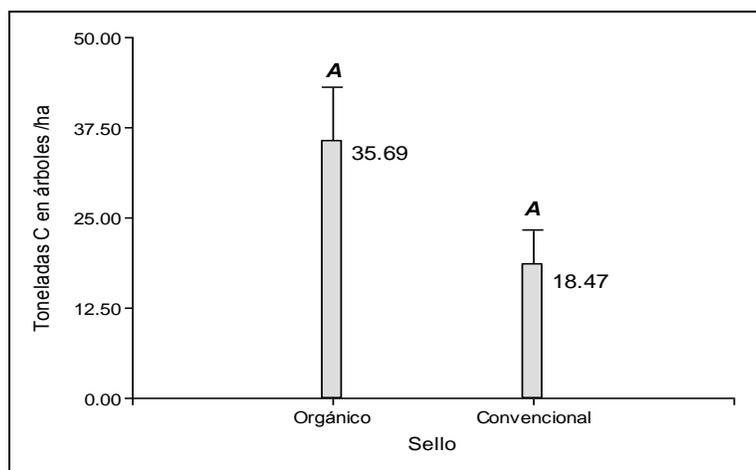


Figura 20. Toneladas de carbono almacenado en árboles en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala. Barras con letras iguales indican que no hay diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$)

En Costa Rica el almacenamiento de carbono en el componente arbóreo en las fincas orgánicas fue de 29.42 t C/ha; mientras que en las fincas convencionales fue de 22,80 t C/ha. En Nicaragua el componente arbóreo de las fincas orgánicas alcanzó 39,46 y las convencionales de 16,61 t C/ha. Estos resultados se asemejan a los reportados por Suarez (2002) en un estudio realizado en Matagalpa, Nicaragua, quien reporta valores de carbono entre 33 y 35 t C/ha en cafetales con sombra diversificada. El almacenamiento de carbono en árboles en sistemas agroforestales depende del número de árboles, la altura y la edad y de la densidad de la madera.

En estudios realizados por Benavides et ál. (2009) en la Comarca Palo de Sombrero, Jinotega Nicaragua, concluyen que el mayor almacenamiento de carbono lo tuvieron las fincas de café variedad Catimor, en asociación con *Inga vera*, almacenando 19.86 t C/ ha, manteniendo relación con los resultados expuestos en el presente trabajo.

4.4.4 INDICADORES DE SUELO

4.4.4.1 Cobertura de suelo

No se encontraron diferencia significativa ($p = 0,9915$) entre los resultados de coberturas que se calcularon en sistemas agroforestales con café en Costa Rica, Nicaragua y Guatemala (Figura 20).

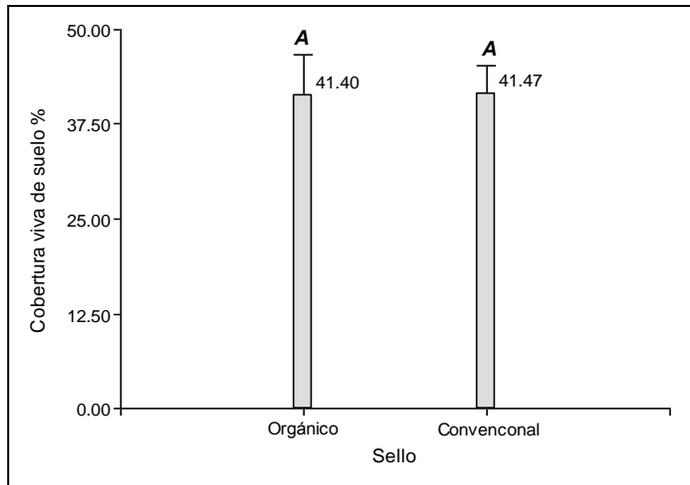


Figura 21. Porcentaje de cobertura viva de suelo en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala. Barras con letras iguales indican que no hay diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$)

Los datos de cobertura viva fueron muy similares en las fincas orgánicas y convencionales estudiadas. En las fincas orgánicas el resultado de cobertura viva obtenido fue de 41,40%, mientras que en las fincas convencionales fue de 41,47%.

4.4.4.2 Acciones correctivas de suelo

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los resultados de las acciones correctivas al suelo en las fincas agroforestales estudiadas en los tres países considerados ($p = 0,0297$) (Figura 21).

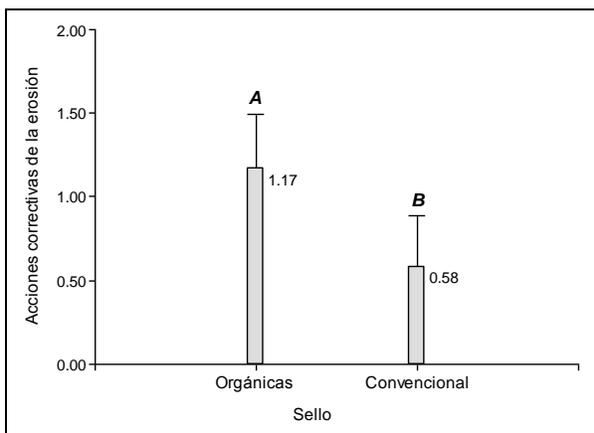


Figura 22. Obras correctivas de la erosión en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala. Barras con letras distintas indican que hay diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$)

Dentro de los análisis realizados en las diferentes fincas y entre países, la mayoría de las fincas orgánicas tenían mayores obras de conservación en relación a las convencionales, siendo la recuperación donde hubo deslizamientos y las barreras vivas, unas de las principales acciones de correcciones de erosión.

En Costa Rica las fincas orgánicas presentaron siete obras de conservación, mientras que las convencionales tres. Nicaragua presentó cinco obras de conservación en fincas orgánicas y 3,5 en fincas convencionales y Guatemala presentó 17 obras de conservación en las fincas orgánicas y 9 en las convencionales.

4.4.4.3 Incidencia de la erosión

En el análisis de estimación de erosión no se encontró diferencias estadísticas entre los resultados de las fincas de Costa Rica y Nicaragua ($p= 0,4675$) (Figura 22). En el caso de Guatemala no se reportaron datos de pérdidas de suelo en las fincas evaluadas, por lo que no pudo ser considerado en la evaluación de este indicador.

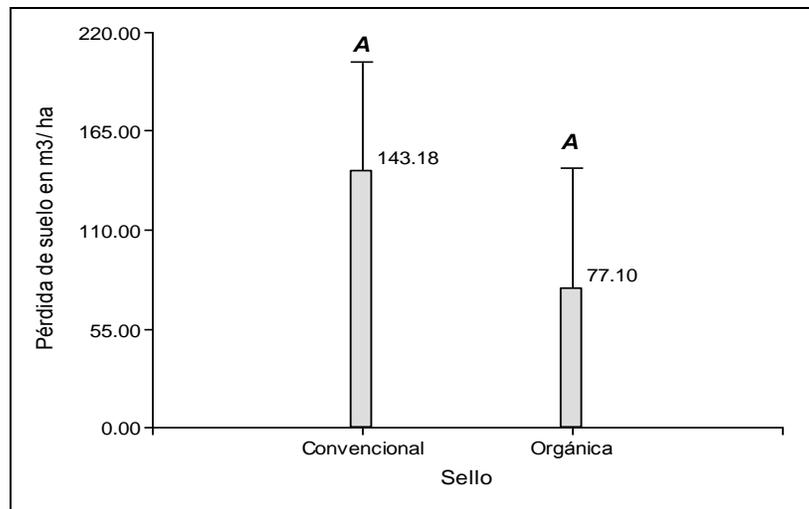


Figura 23. Pérdida de suelo en fincas orgánicas y convencionales de Costa Rica y Nicaragua. Barras con letras iguales indican que no hay diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$)

Aunque no existen diferencias estadísticamente significativas, se pudo notar que en las fincas convencionales existe mayor pérdida de suelo que en las orgánicas en los dos países considerados. En las fincas orgánicas de Costa Rica se presentaron pérdidas de $7,75\text{m}^3/\text{ha}$,

mientras que en las convencionales se reportaron 85,65 m³/ ha de suelo perdido. En Nicaragua las fincas orgánicas presentaron pérdidas de 119 m³ de suelo, y las convencionales 168 m³/ha.

En el Cuadro 25 se presenta un resumen de los resultados encontrados en la evaluaciones de los servicios ambientales brindados por fincas agroforestales de café en los tres países considerados en el estudio.

Cuadro 25. Resumen de evaluaciones de servicios ambientales en Costa Rica, Nicaragua y Guatemala

Criterios e indicadores	Costa Rica		Nicaragua		Guatemala	
	O	C	O	C	O	C
<u>AGUA</u>						
Manejo de aguas mieles (# actividades)	12	9	28	24	29	30
# evidencias de erosión	3	5	2	1,1	x	x
# obras de prevención y contaminación de fuentes de agua	6	4	27	23	12	11
<u>BIODIVERSIDAD</u>						
Número estratos arbóreos	2,66	1,91	2,32	1,98	2,66	2,3
Número especies nativas/parcela	5,6	4,66	15	7,92	x	x
Número árboles >5cm dap/parcela	71	44	33	20,85	x	x
Incidencia de epífitas (%)	45	39	31	40	48	22,8
Cobertura de sombra (%)	45	31	21	19	x	x
Uso de agroquímicos toxicidad *frecuencia	x	x	X	x	x	x
<u>CARBONO</u>						
Carbono almacenado en café (toneladas/ha)	1,78	1,96	2,33	2,12	x	x
Carbono almacenado árboles (toneladas/ha)	29,42	22,80	39,46	16,61	x	x
<u>SUELO</u>						
Cobertura viva de suelo (%)	73,3	24,3	41,2	57	29	20
#acciones correctivas de erosión	7	3	5	3,5	17	9
Incidencia de erosión. Suelo perdido (m ³ /ha)	7,5	85,65	119	168	x	x

O: orgánico, C: convencional, X: sin datos

5 CONCLUSIONES

Hipótesis de estudio:

Los sistemas agroforestales con certificación orgánica no se diferencian en la provisión de servicios ambientales de los demás sistemas con otras certificaciones

- Ambientalmente las fincas orgánicas proporcionan mejores condiciones en la calidad de los servicios ambientales que las fincas con otras certificaciones y las no certificadas.
- Las fincas orgánicas y las certificadas bajo el sello Nespresso, realizan un mejor manejo en contaminación de agua que las fincas convencionales.
- Las fincas orgánicas presentan menos evidencias de erosión o deslizamientos en los nacimientos de ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos. Las fincas bajo el sello Nespresso y convencionales presentaron mayores evidencias de erosión.
- Las fincas orgánicas presentaron mayores obras de prevención y contaminación de fuentes de agua que las fincas convencionales en Turrialba.
- Las fincas orgánicas presentaron mayor número de estratos arbóreos que las fincas convencionales y que las fincas con otros sellos de certificación.
- El número de especies nativas/parcela fue mayor en las fincas orgánicas y en las certificadas por Rainforest Alliance en comparación con las convencionales y demás sellos de certificación.
- El número de árboles mayores a 5 cm dap/parcela fue mayor en las fincas orgánicas en relación a las fincas convencionales y certificadas por otros sellos.
- La cobertura de sombra fue mayor en las fincas orgánicas en relación a las fincas convencionales y certificadas por otros sellos. La menor proporción de sombra la tuvieron las fincas certificadas bajo el sello Utz.
- La toxicidad estimada por la aplicación de insumos sintéticos fue menor en las fincas certificadas con el sello Nespresso que en las fincas convencionales Nespresso.

- Los mayores porcentajes de cobertura viva del suelo lo presentaron las fincas orgánicas respecto a las fincas convencionales y fincas con otros sellos de certificación, debido a que mantienen cobertura de hojas anchas en el suelo.
- Las fincas certificadas con el sello Nespresso presentaron mayores acciones correctivas de la erosión de suelo, seguidas de las fincas convencionales ubicadas en Orosi.
- Las fincas orgánicas mostraron pérdidas de suelo menores que las fincas convencionales y fincas con otros sellos de certificación.

Preguntas de investigación:

¿Cuál es la contribución de los sistemas agroforestales certificados y no certificados en cuanto a los servicios ambientales en la formulación del índice ecológico?

- En el servicio ambiental conservación de la biodiversidad, los análisis realizados indican que las fincas certificadas y no certificadas mostraron no diferencias estadísticas significativas.
- De igual forma, la contribución para la construcción del cálculo del criterio conservación de agua, los grupos de fincas certificadas y no certificadas no mostraron diferencias debido a que los productores, en su mayoría, benefician su café pertenecientes a asociaciones.
- La contribución que tuvieron los grupos de fincas en el almacenamiento de carbono para la conformación del índice fue similar en todas, donde no se diferenció el almacenamiento de carbono en café ni en el componente arbóreo.
- El cálculo del criterio conformado por los indicadores de suelo, mostraron que las fincas orgánicas aportan mejores niveles de conservación del recurso que las fincas certificadas por otros sellos y no certificadas, mostrando mayor cobertura de suelo y menor incidencia de erosión.

¿Cuál es la diferencia o similitud de los servicios ambientales en los sistemas agroforestales entre los países Costa Rica, Nicaragua y Guatemala?

- Aunque estadísticamente en el criterio de manejo de contaminación de agua no se presentaron diferencias, las fincas orgánicas a nivel de los tres países mostraron mayor número de prácticas de conservación que las convencionales, proporcionando más actividades de prevención de la contaminación.
- A nivel de conservación de biodiversidad, las diferencias estuvieron marcadas en los indicadores de número de estratos y número de árboles mayores a 5 cm de dap.
- A nivel de prácticas de acciones correctivas de la erosión del suelo, las fincas orgánicas se diferenciaron de las convencionales a nivel de los tres países estudiados.
- En el almacenamiento de carbono en el componente arbóreo, las fincas orgánicas presentaron mayores valores que las convencionales a nivel de los tres países.

6 RECOMENDACIONES

- **Recomendaciones metodológicas**
- Para estudios posteriores en base a la *METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES* de ANACAFE (Medina et ál. 2008) se debería ajustar los indicadores para tener mayor precisión en la toma de datos, y se recomienda estandarizar los valores para un mejor análisis e interpretación.
- Para el indicador de suelo *cobertura viva* realizar el cálculo sumando los valores correspondientes a cada tipo de cobertura y dividir por 100 directamente para obtener los valores de cada componente en porcentaje.
- Realizar una **estandarización y transformación** de datos a escalas para su análisis sin tener datos negativos.
- En los indicadores de biodiversidad: **número de especies nativas y número de árboles mayores a 5 cm dap**, no promediar ni calcularlos por ha sino por el tamaño de la parcela (2000 m²).
- En el uso de agroquímicos, **determinarlo sin dividir ese valor para 10**, y transformar el resultado a través de rangos.
- Para determinar el almacenamiento de carbono en el cultivo del café y en la vegetación arbórea, **aplicar modelos alométricos actualizados**.
- Aumentar el tamaño de la muestra, para disminuir la varianza de las muestras.
- Trabajar en estudios donde se sigan integrando los valores de los servicios ambientales.
- **Recomendaciones para mejorar el impacto de las certificaciones**
- Ver cuán flexibles son las normas de los diferentes sellos de certificación, aplicando sus indicadores en las fincas con respecto a los requerimientos establecidos en su normativa.
- Las fincas certificadas por sellos Nespresso al mantener pérdidas de suelo similar o mayores a las fincas convencionales con las que se comparó, deben de optar por mejorar las prácticas de conservación de suelo.

- Aumentar el número de unidades observacional en cada sub parcela dentro de la parcela de estudio, para lograr menos variabilidad y homogenizar las muestras y lograr un mejor análisis en la valoración del indicador abundancia de lombrices.
- Integrar criterios e indicadores en las normativas, y su cumplimiento sea más efectivo

7 BIBLIOGRAFÍA

- Albrecht, A; Kandji, T. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99, 15-27.
- Altieri, M. 1999. AGROECOLOGIA, Bases científicas para una agricultura sustentable. 338p.
- Andersen, M. 2003. ¿Es la certificación algo para mí? Una guía práctica sobre por qué, cómo y con quien certificar productos para la exportación. RUTA-FAO. San Jose, CR, unidad regional de asistencia técnica. 32p.
- Ataroff, M; Monasterio, M. 1997. Soil erosion under different management of coffee plantations in the Venezuelan Andes. *Soil Technology* 11. P.95-108.
- Ávila, G; Jiménez, F; Beer, J; Gómez; Ibrahim, M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforesteria en las Américas*. 8(30):32-35.
- Babar, L. sf. Pago por servicios ambientales en los sistemas agroforestales, Costa Rica. Consulta en línea accesado el 20 jul 2011. Disponible en: <http://www.una.ac.cr/inis/docs/suelos/Liana%20Babar.pdf>.
- Balzarini, M; Gonzales, L; Tablada, M; Casanoves, F; Di Rienzo, J; Robledo, C. 2008. Manual del usuario, INFOSTAT. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.
- Barrantes, G. 2000. Aplicación de incentivos a la conservación de la biodiversidad en Costa Rica. San José, CR. 28p.
- Becerra, A. 1998. Conservación de suelos y desarrollo sustentable ¿Utopía o Posibilidad en México? *Terra Latinoamericana*. Abril-Junio. Vol. 16, número 002. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 171-179p.
- Beer, J. 1988. Litter production and nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cacao (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees. *Agroforestry systems* p 103-114.
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*. 38: 139-164.
- Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmand, J.M; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Funciones de servicios de los sistemas de agroforesteria, documento sometido al XI Congreso forestal Mundial, Quebec City-Canadá, 2003. Consulta en línea, accesado el 18 de agosto del 2010, disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/WFC/XII/MS20-SHTM>

- Beer, J; Harvey, C.A; Ibrahim, M; Harmand, J.M; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforesteria en las Américas*. Vol.10 (37):80-87.
- Benzing, A. 2001. *Agricultura Orgánica. Fundamentos para la región andina*. Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen. 682 p.
- Boyce, J; Fernández, A; Furst, E; Segura, O. 1993. Crisis e innovación cafetalera en Costa Rica: el café orgánico como opción de desarrollo sostenible. Simposio Internacional. Modernización Tecnológica, cambio social y crisis cafetalera. Universidad Nacional –ICAFE 20 p.
- Büchs, W. 2003. Biodiversity and agri-environmental indicators-general scopes and skills with special referent to the habitat level. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 98:35-78.
- Burley, J; Speedy, A. 1998. Investigación agroforestal, perspectiva globales. In: conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforesteria para la producción animal en Latinoamérica.
- Castañeda, L; Samayoa, M. 2002. Bases para el Diseño de Sistemas de Monitoreo Ambiental para Guatemala: Identificación Preliminar de Indicadores Ambientales. Universidad Rafael Landivar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Instituto Incidencia Ambiental. Serie Coediciones, N° 01. Guatemala.
- Cerdan, C. 2007. Conocimiento local sobre servicios ecosistemicos de cafecultores del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca. Tesis de grado para la obtención del título de Magister Scientiae en Agricultura Ecológica. Catie Turrialba, Costa Rica.
- Chavarría, N; 2010. Efecto de diferentes sistemas de manejo sobre la calidad del suelo, en fincas cafetaleras de la zona de Turrialba y Orosi. Tesis de grado en Licenciatura Agronómica con Énfasis en Fitotecnia. Universidad de Costa Rica. Turrialba Costa Rica. p.92
- Constanza, R; Ralph d' Arge, Rudolf de Groot, Stephen F. 1998. The value of the worlds ecosystem services and natural capital. En *Ecological Economics*, Vol. 25. No. 1. 67-72p.
- Cruz, A. 2007. Evaluación experimental sobre la importancia de las epífitas para la conservación de la biodiversidad en plantaciones de café. Tesis Ph.D, Xalapa, Veracruz, México, Instituto de Ecología AC.
- Cuadra, M, L. 2008. Evaluación de los servicios ambientales en los sistemas agroforestales con café, con diferente tipo de sombra y manejo y fincas de diferentes tamaños. Reserva macizo de peñas blancas. Jinotega-Matagalpa. Nicaragua. Tesis de pre grado.
- Cuéllar, N; Rosa, H; Gonzalez, M. 1999. Los servicios ambientales del agro: El caso del Café de Sombra en El Salvador. *PRISMA*. N°.34:1-16.

- Dayli, G. 1997. Introduction: what are ecosystem services? In: Daily, G, C.Ed. 1997. Nature's Services, Societal Dependence on Natural Ecosystems Island Press, Washington, DC, pp.1-10.
- Di Rienzo, J; Casanoves, F; Balzarini, M; Gonzales, L; Tablada, M; Robledo, C. 2008. InfoStat, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- FONAFIFO 2007, servicios ambientales (en línea) consultado el 26 de abril del 2010, Disponible en www.fonafifo.com/ servicios ambientales/invierta en bosque.
- Fournier, L. 1996. Fijación de carbono y diversidad biológica en el agroecosistema cafetero. Boletín PROMECAFE. (IICA). No. 71:7-13.
- Fortalecimiento de la Capacidad de Energía Renovable para América Central, FOCER 2002. Manual sobre energía renovable. BIOMASA. Users Network (BUN-CA). 1 Ed. San José, Costa Rica.
- Galloway, G; Beer, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. Serie técnica. Informe Técnico N°285. Proyecto agroforestal CATIE-GTZ. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 168 p.
- García, R. 1999. Agroforestería. Documento para el Magister "Gestión en Desarrollo Rural y Agricultura Sustentable" de la Universidad Católica de Temuco, Chile.
- García, J; Toledo, T. 2008. Epífitas Vasculares: Bromelias y Orquídeas. Mehltreter, K; Manson, R; Gallina, S, Hernández, V. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Veracruz, México. Cap. 5. Pág. 69-82.
- Gliessman, S, R. 2002. Agroecología, Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. Cap. 8. Pág. 101-119.
- Gómez, F. 2010. Hydrological, ecophysiological and sediment processes in a coffee agroforestry basin: combining experimental and modelling methods to assess hydrological environmental services. PhD thesis, specialité "Eaux Continentales et Société", Centre International d'Etudes Supérieures en Sciences Agronomiques (Montpellier SUPAGRO); Ecole doctorale "Systèmes Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosciences, Environnement (SIBAGHE) p. 249.
- Harvey, C. 2001. Agroforestería y biodiversidad. In: Jiménez F; Muschler R; Köpsell E. Ed. Funciones y aplicaciones de los sistemas agroforestales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Modulo de enseñanza agroforestal. n° 6. pp 95-138.
- Hairiah, K; Sulistyani, H; Suprayogo, D; Widiyanto; Purnomosidhi, P; Widodo, H; Van Noordwijk, M. 2004. Litter layer residence time in forest and coffee agroforestry systems in Sumberjaya, West Lampung. Forest Ecology and Management 224. 45-57.

- Herramienta TASQ Genérica. 2009. Versión 1009. Programa AAA Nespresso. Nespresso AAA Sustainable Quality™ Program.
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) 1998. Manual de Recomendaciones para el cultivo del café. San José, Costa Rica. 193p.
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) 2010. Consulta en línea, accesado el 19 de noviembre del 2010, Disponible: http://www.icafe.go.cr/nuestro_cafe/estructura%20del%20sector/productores.html
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos ‘‘Alexander von Humboldt’’ 2003. Biocomercio Sostenible. Guía Del Empresario Para el Acceso a la Certificación de los Productos de Biocomercio Sostenible. Fondo Mundial Ambiental GEF, Banco Mundial y la Embajada Real de los Países Bajos. 120 p.
- Jiménez, F; Muschler, R; Köpsell, E. 2001. Modulo de Enseñanza Agroforestal N° 6, Funciones y Aplicaciones de Sistemas Agroforestales. CATIE-GTZ. Turrialba, Costa Rica.
- Jiménez, J; Decaëns, T; Thomas, RJ; Lavalley, P. 2003. La macrofauna del suelo: un recurso natural aprovechable pero poco conocido. In El arado natural: las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las sabanas Neotropicales de Colombia. Ed. Jiménez, JJ; Thomas, RJ. CIAT. 444p.
- Johnson, M; Levy, N; Kellermann, J; Robinson, D. 2009. Effects of shade and bird exclusion on arthropods and leaf damage on coffee farms in Jamaica’s Blue Mountains. *Agroforest Syst.* 76. p: 139-148.
- Kass, D; Thurston, H; Schlather, K. 1998. Sustainable Mulch Based. Cropping Systems with Tree. In Buck, L; Lassoie, J; Fernandes, E. Eds. *Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems.* USA, Lewis Publishers: 361379.
- Kursten, E; Burschel, P. 1993. CO₂- mitigation by agroforestry. *Water, Air AND Soil. Pollution* 70:533-544.
- Linkimer, M. 2001. Árboles nativos para diversificar cafetales en la zona atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 132 p.
- López, D. 2009. Efecto del vertido directo de las aguas mieles en la calidad físico-químico del agua de la Subcuenca del Río Jigüina, Jinotega –Nicaragua. Tesis de Grado para la obtención del título de máster en Medio Ambiente y Recursos Naturales con Mención en Gestión Urbana y Rural. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAM- FAREM-Estelí. Universidad

Autónoma de Barcelona, UAB- España, Universidad Nacional Autónoma de Querétaro UAQ- México. Pág. 124.

- López, A; Schlönvoigt, A; Ibrahim, M; Kleinn, C; Kanninen, M.1999. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. *Agroforesteria en las Américas* 6(23) 51-53.
- Medina, B; Muñoz, C; Hagggar, J; Aguilar, R. 2008. Propuesta metodológica para la evaluación de servicios ambientales. Adaptado de: *Metodología para la evaluación de servicios ambientales* julio de 2006. ANACAFE. Catie, octubre 2008.
- Medina, B; Muñoz, C; Hagggar, J; Aguilar, R. 2006. Metodología para la evaluación de servicios ambientales, ANACAFE. Julio 2006.
- Medina, C; Calero, C; Hurtado, H; Vivas, E. 2009. Cuantificación de carbono en la biomasa aérea de café (*Coffea arábica* L.) con sombra, en la comarca Palo de Sombrero, Jinotega, Nicaragua. P28-34. Vol. 12, N° 12. LA CALERA. Nicaragua.
- Mena, V. 2008. Relación entre el carbono almacenado en la biomasa total y la composición fisionómica de la vegetación en los sistemas agroforestales con café y en los bosques secundarios del Corredor Biológico Volcánica Central –Talamanca, Costa Rica. Turrialba, CR.CATIE. Tesis Mag.SC.88P.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) 2005. *Ecosystems and human well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC. 86 p.
- Monge, J; Ruso, R. 2009. *Agroforestería, Sostenibilidad y Biodiversidad. Una necesidad para la conservación* (en línea). Editorial EARTH. Serie documentos técnicos N° 2009-7. Consulta el 16 sep. 2011. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/21970378/Agroforesteria-y-biodiversidad>
- Morán, M; Campos, J; Louman, B. 2006. *Uso de Principios, Criterios e Indicadores para monitorear y evaluar las acciones y efectos de políticas en el manejo de los recursos naturales*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (Serie técnica. Informe Técnico. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales. Publicación N° 32).
- Montagnini, F; Nair, P. 2004. *Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. *Agroforestry systems* 61. P 281-295.
- Muschler, R. 2000. *Árboles en Cafetales*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 139 p. (Módulo de Enseñanza Agroforestal N° 5).

- Muschler, R. 2004. Shade management and its effect on coffee growth and Quality. In: Wintgens, JN. Ed. Coffee: growing, processing, sustainable production. Wiley- VCH verlag. P 339-353.
- Muñoz, G; Alvarado, J. 1997. Asociación Nacional de Café en Guatemala (ANACAFE) 1995. Importancia de la sombra en el cafetal. Agroforesteria en las Américas 4 (13): p.25-27.
- Nesme, T; Bellon, S; Lescourret, F, Senoussi, R; Habib, R. 2005. Are agronomic models useful for studying farmers' fertilisation practices? Agricultural systems 83. P.297-314.
- Normas IFOAM para la Producción y el Procesamiento Orgánico, versión 2005.
- Normas Ordenadas Permanente (NOP Español) 2000.
- Ocampo, F. 2004. Gestión del agua y Sustentabilidad de los sistemas de pequeño riego. El caso del canal San Félix, Atlixco, México. Universidad de Cordoba. España .20p.
- OAS, Organización de los Estados Americanos, 2004. Series sobre elementos de políticas, Fascículo 1. Mayo 2004. Conservación y manejo de la biodiversidad. Consulta en línea, disponible en http://www.oas.org/dsd/policy_series/1_spa.pdf. Accesado el 15 de noviembre del 2011.
- Oelbermann, M; Voroney, P; Gordon A. 2004. Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada. Agriculture, Ecosystems and environment 104. P. 359-377.
- Porras, C. 2006. Efectos de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el Corredor Biológico Turrialba-Jiménez, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Quiroga, R. 2001. Indicadores de Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible: Estado del Arte y perspectivas. CEPAL. División de Medio Ambiente y Recursos Humanos. Serie Manuales N°16. Santiago de Chile. Proyecto NET/00/063 "Sustainability Assessment in Latin América and the Caribbean" apoyado por el gobierno de Holanda. Consulta en línea, accesado el 20/Nov./2010. Disponible en: http://www.eclac.org/Publicaciones/xml/8/9708/1c11607e_ind.pdf
- Quispe, J. 2007. Caracterización del impacto ambiental y productivo de las diferentes normas de certificación de café en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Ramírez, O; Rodríguez, L; Finegan, B; Gomez, M. 1999. Implicaciones económicas del secuestro de CO₂ en los bosques naturales. Revista Forestal Centroamericana 2(27):10-16.
- Red de Agricultura Sostenible. Normas para Agricultura Sostenible, Versión Julio 2010. Rainforest Alliance.

- Reiche, C; Gomez, M. 1993. Costo de establecimiento y manejo de plantaciones forestales y sistemas Agroforestales en Costa Rica. In semana científica CATIE (8-10DIC 1993). Memorias Ed. Rodolfo Salazar. Turrialba .CR. (2). P.79-81.
- Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas (Park Watch) 2004. Consultado 14 jul. 2011. Disponible en: <http://www.parkswatch.org/parkprofile.php?l=spa&country=gua&park=snbr&page=phy>
- Retamal, R; Madrigal, R; Alpizar, F; Jiménez, F. 2008. Metodología para valorar la oferta de servicios ecosistémicos asociados al agua de consumo humano, Copán, Ruinas, Honduras. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (Serie Técnica. Informe Técnico n° 362).
- Rivera, S. 2008. Una aproximación al análisis de la provisión de capitales como determinante en la adopción de sistemas agroforestales de café certificado en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 200 p.
- Segura, M. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en *Quercus costaricensis*, en un bosque de altura en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis Lic. Heredia, Costa Rica, UNA. 127 p.
- Segura, M; Kanninen M; Suárez, D. 2006. Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together. *Agroforest Syst.* (2006)68:143-150.
- Segura, M; Andrade, H. 2008. ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes? *Agroforestería en las Américas* N° 46: p 86-96.
- Schroth, G; G.A.B. da Fonseca; Harvey, C; Vasconcellos, H; Gascon, C and Izac, A .M.N. 2004. Introduction: the role of agroforestry in biodiversity conservation in tropical landscapes. In G. Schroth, G; da Fonseca, G.A.B; Harvey,C; Vasconcellos,C; Gascon and A.M.N. Izac (eds). *Agroforestry and Biodiversity Conservation in tropical landscapes*. Island Press, Washington. Pp 1-12.
- Shultz, S; Faustino, J; Melgar, D. 1997. Adopción y rentabilidad de la agroforestería y conservación de suelo en El Salvador. *Avances de investigación* 5(20)
- Somarriba, E. 1990. ¿Qué es Agroforestería? *El Chasqui* 24: 1-10.
- Soto, J; Murillo, J; Mora, A; Mora, E. 2004. Manual del curso manejo y producción de café. Instituto de café. Instituto del café de Costa Rica (ICAFE) Región Coto Brus. 32 p.
- Suarez, D. 2002. Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café de la Comarca Yassica Sur, Matagalpa Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 117 p.

- Stadtmüller, T. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales: medidas para mitigarlo. Una revisión bibliográfica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales N°. 10. 62 p.
- UNESCO. 2010. MAB Biosphere Reserves. Directoy. Biosphere Reserve Information. Guatemala Sierra de las Minas. Consultado 14 jul. 2011. Disponible en: <http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/biores.asp?code=GUA+02&mode=all>
- USDA (United States Department of Agriculture) 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Traducido por: Lutens, A; Salazar Lea P; JC. CRN-CNIA-INTA, Argentina. 2000. 82 p.
- Utz CERTIFIED 2010. Código de Conducta (en línea). Consultado el 19 nov. 2010. Disponible en: <http://www.utzcertified.org/index.php?pageID=107>
- Viana, VM; Matos, JC; Amador, DB. 1997. Sistemas Agroflorestais e o desenvolvimento rural sustentável no Brasil. XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Anais. EMBRAPA. Río de Janeiro, Brasil.

ANEXOS

Anexo 1. CONTRATOS REALIZADOS EN EL ESTUDIO

AGUA

Manejo de contaminación de agua

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RANG_agua1	24	0,15	0,03	67,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Contrastes

Sello	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	305,02	1	305,02	2,63	0,1205
Contraste2	52,08	1	52,08	0,45	0,5104
Total	357,10	2	178,55	1,54	0,2388

Evidencias de erosión

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RANG_agua2	24	0,05	0,00	41,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Contrastes

Sello	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	13,02	1	13,02	0,14	0,7082
Contraste2	40,33	1	40,33	0,45	0,5117
Total	53,35	2	26,68	0,30	0,7475

Obras de prevención

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RANG_agua3	24	0,16	0,03	52,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Contrastes

Sello	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	196,02	1	196,02	3,17	0,0901
Contraste2	24,08	1	24,08	0,39	0,5395
Total	220,10	2	110,05	1,78	0,1942

SUELO

Cobertura del suelo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RANG_suelo1	36	0,54	0,46	41,87

Cuadro Análisis de Varianza (SC tipo III)

Contrastes

Sello	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	102,08	1	102,08	1,70	0,2020
Contraste2	1190,02	1	1190,02	19,84	0,0001
Contraste3	379,69	1	379,69	6,33	0,0175
Total	1671,79	3	557,26	9,29	0,0002

Pérdida de suelo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
RANG suelo2	24	0,42	0,33	34,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Contrastes

<u>Sello</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Contraste1	6,02	1	6,02	0,11	0,7418
Contraste2	157,69	1	157,69	2,92	0,1028
Total	163,71	2	81,85	1,52	0,2434

Incidencia de erosión

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
RANG suelo3	24	0,16	0,04	49,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Contrastes

<u>Sello</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Contraste1	14,08	1	14,08	0,15	0,7003
Contraste2	346,69	1	346,69	3,75	0,0670
Total	360,77	2	180,39	1,95	0,1680

BIODIVERSIDAD

Número de estratos

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
RANG biod1	36	0,40	0,31	47,06

Contrastes

<u>Sello</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Contraste1	54,19	1	54,19	0,71	0,4045
Contraste2	212,52	1	212,52	2,80	0,1045
Contraste3	3,00	1	3,00	0,04	0,8437
Total	269,71	3	89,90	1,19	0,3317

Sp. nativas

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
RANG biod2	36	0,28	0,16	47,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Contrastes

<u>Sello</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Contraste1	4,69	1	4,69	0,06	0,8064
Contraste2	126,75	1	126,75	1,65	0,2085
Contraste3	25,52	1	25,52	0,33	0,5684
Total	156,96	3	52,32	0,68	0,5700

Número de árboles >5 cm dap

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RANG biod3	36	0,37	0,27	48,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Contrastes

Sello	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	52,08	1	52,08	0,64	0,4302
Contraste2	108,00	1	108,00	1,33	0,2587
Contraste3	108,00	1	108,00	1,33	0,2587
Total	268,08	3	89,36	1,10	0,3657

Incidencia de epífitas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RANG biod4	36	0,09	0,00	58,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Contrastes

Sello	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	70,08	1	70,08	0,60	0,4441
Contraste2	105,02	1	105,02	0,90	0,3500
Contraste3	77,52	1	77,52	0,67	0,4212
Total	252,63	3	84,21	0,72	0,5464

Cobertura de sombra

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RANG biod5	36	0,33	0,21	50,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Contrastes

Sello	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	48,00	1	48,00	0,55	0,4640
Contraste2	44,08	1	44,08	0,51	0,4826
Contraste3	168,75	1	168,75	1,93	0,1745
Total	260,83	3	86,94	1,00	0,4078

Uso de agroquímicos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RANG UAgro	24	0,77	0,74	18,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1304,53	3	434,84	22,88	<0,0001
Sello	1304,53	3	434,84	22,88	<0,0001
Error	380,13	20	19,01		
Total	1684,66	23			

Contrastes

Sello	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	432,00	1	432,00	22,73	0,0001
Contraste2	553,52	1	553,52	29,12	<0,0001
Total	985,52	2	492,76	25,93	<0,0001

CARBONO

Carbono en café

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RANG t C café	36	0,22	0,09	54,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Contrastes

Sello	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	16,33	1	16,33	0,16	0,6897
Contraste2	30,08	1	30,08	0,30	0,5884
Contraste3	18,75	1	18,75	0,19	0,6689
Total	65,17	3	21,72	0,22	0,8845

Carbono en árboles

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RANG T C/ Fha	36	0,12	0,00	57,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Contrastes

Sello	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	70,08	1	70,08	0,62	0,4381
Contraste2	65,33	1	65,33	0,58	0,4539
Contraste3	60,75	1	60,75	0,54	0,4700
Total	196,17	3	65,39	0,58	0,6350

CÁLCULOS DE LOS CRITERIOS

Conservación de Suelo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R ² 0
36	8,70	18,51	2,65	0,19	0,39

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

Num DF	F-value	p-value
(Intercept)	1	355,01 <0,0001
Sello	5	3,89 0,0078

Pruebas de hipótesis para contrastes

Sello	F	gl (num)	gl (den)	p-valor
Ct.1	0,95	1	30	0,3363
Ct.2	16,12	1	30	0,0004
Ct.3	0,38	1	30	0,5434
Total	5,82	3	30	0,0029

Criterio Conservación de Agua

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
24	19,78	24,76	-4,89	0,26	0,07	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Num DF	F-value	p-value
(Intercept)	1	92,95	<0,0001
Sello	3	0,54	0,6610

Pruebas de hipótesis para contrastes

Sello	F	gl (núm.)	gl (den)	p-valor
Ct.1	0,01	1	20	0,9413
Ct.2	1,54	1	20	0,2287
Total	0,77	2	20	0,4746

Criterio Conservación Biodiversidad

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
36	27,67	37,48	-6,83	0,25	0,22	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Núm DF	F-value	p-value
(Intercept)	1	113,32	<0,0001
Sello	5	1,74	0,1568

Pruebas de hipótesis para contrastes

Sello	F	gl (num)	gl (den)	p-valor
Ct.1	0,50	1	30	0,4849
Ct.2	1,02	1	30	0,3217
Ct.3	2,67	1	30	0,1125
Total	1,40	3	30	0,2631

Criterio Carbono

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
36	34,24	44,05	-10,12	0,28	0,08	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Núm. DF	F-value	p-value
(Intercept)	1	98,15	<0,0001
Sello	5	0,51	0,7691

Pruebas de hipótesis para contrastes

Sello	F	gl (num)	gl (den)	p-valor
Ct.1	0,76	1	30	0,3911
Ct.2	0,06	1	30	0,8151
Ct.3	0,14	1	30	0,7120
Total	0,32	3	30	0,8127

Contrastes entre países

AGUA

Manejo contaminación de agua

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
55	13,85	19,76	-3,93	0,24	0,04	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Núm.	DF	F-value	p-value
(Intercept)	1		327,56	<0,0001
Sello	1		2,23	0,1411

Evidencias de erosión

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
36	28,63	33,21	-11,31	0,31	0,09	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Núm.	DF	F-value	p-value
(Intercept)	1		39,89	<0,0001
Sello	1		3,47	0,0711

Obras de conservación

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
55	37,81	43,72	-15,91	0,31	0,05	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Núm.	DF	F-value	p-value
(Intercept)	1		83,12	<0,0001
Sello	1		2,57	0,1146

SUELO

Cobertura de suelo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
55	8,81	14,72	-1,41	0,23	2,1E-06	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Núm.	DF	F-value	p-value
(Intercept)	1		176,82	<0,0001
Sello	1		1,1E-04	0,9915

Acciones correctivas de suelo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
55	19,78	25,69	-6,89	0,26	0,09	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Núm. DF	F-value	p-value
(Intercept)	1	34,34	<0,0001
Sello	1	4,99	0,0297

Incidencia de erosión

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
36	13,95	18,53	-3,97	0,25	0,02	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Núm. DF	F-value	p-value
(Intercept)	1	6,50	0,0155
Sello	1	0,54	0,4675

BIODIVERSIDAD

Número de estratos

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
55	-10,98	-5,07	8,49	0,19	0,08	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Núm. DF	F-value	p-value
(Intercept)	1	477,15	<0,0001
Sello	1	4,70	0,0346

Sp. nativas

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
36	-1,95	2,63	3,98	0,20	0,05	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Núm. DF	F-value	p-value
(Intercept)	1	35,26	<0,0001
Sello	1	1,64	0,2090

Árboles mayores a 5 cm de dap

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
36	5,20	9,78	0,40	0,22	0,14	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Núm. DF	F-value	p-value
(Intercept)	1	78,97	<0,0001
Sello	1	5,55	0,0243

Incidencia de epífitas

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
55	23,76	29,67	-8,88	0,27	0,02

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Núm. DF	F-value	p-value
(Intercept)	1	104,50	<0,0001
Sello	1	0,85	0,3615

Cobertura de sombra

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
36	20,76	25,34	-7,38	0,28	0,05

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Núm. DF	F-value	p-value
(Intercept)	1	60,33	<0,0001
Sello	1	1,90	0,1768

CARBONO

Carbono en café

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
36	-51,98	-47,41	28,99	0,09	8,7E-04

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	Num DF	F-value	p-value
(Intercept)	1	84,60	<0,0001
Sello	1	0,03	0,8643

Carbono en árboles

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
36	14,53	19,10	-4,26	0,25	0,11

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	NumDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	37,94	<0,0001
Sello	1	4,07	0,0516

Anexo 2. FORMATO DE EVALUACIÓN CONSERVACIÓN DE AGUA.

INDICADOR UNO	ACCIONES	
Manejo de contaminación aguas	Manejo de aguas mieles	Al Río = -1
		Pozo infiltración = 0
		Laguna de aireación= 1
	Manejo de combustibles y aceites	Al río = -1
		Deposita lejos de de fuentes agua= 0
		Colectada y llevada fuera de la finca= 1
	Lavado de equipos y usados para la aplicación de agroquímicos	Se lava en el río= -1
		Deposita lejos de fuentes de agua= 0
		Colectada y llevada fuera de la finca=1
	Manejo de desechos de la finca(basura orgánica, pulpa de café, y desechos de otros cultivos)	Al río = -1
Amontonado= 0		
Compostead= 1		
Manejo de aguas negras: al río = -1, Pozo de infiltración=1, Sanitarios con tanque de tratamiento= 2		
Manejo de aguas grises: al río = -1, Pozo de infiltración = 1		
Cada una de estas acciones tienen opciones de respuestas que van desde un manejo inadecuado hasta uno adecuado. Si la respuesta es un manejo inadecuado se califica con 0, a medida que se vuelve adecuada la calificación varía de 0 a 1.		
INDICADOR DOS	ACCIONES	
Evidencias de erosión o deslizamiento en los nacimientos, ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos	Lugar de Evaluación	Evidencias de erosión
	En nacimientos de los ríos	Deslizamientos en las orillas
		Evidencias de erosión
	En caminos	Cárcavas o canalillos en orillas de caminos
Áreas de acumulación de sedimentos en las partes bajas		
Cada evidencia de erosión hallada se califica con 0 pero si no se halla, se califica con: 1 al final, el indicador se calcula al promediar las calificaciones de las 4 evidencias.		
INDICADOR TRES	ACCIONES	
Obras de prevención de erosión en las fuentes de agua. Se considera dos lugares de evaluación y dos tipos de evidencias	Lugar de evaluación	Obras de recuperación o Conservación
	Nacimientos y ríos	Siembra de vegetación protectora
		Obras de retención
	En los caminos	Cunetas en los caminos
		Desagües que llevan el agua a zonas de infiltración
Obras de retención en los senderos peatonales		
Cada obra de conservación o recuperación hallada se califica con 1 pero si no se halla se califica con 0. Al final el indicador se calcula al promediar las calificaciones de las 4 obras de conservación. Valor del criterio agua= suma de los indicadores 1-2-3.		

(Medina et ál. 2008).

Anexo 3. FORMATO DE EVALUACIÓN BIODIVERSIDAD

ESTRATOS	ESPECIES		# individuos dap mayor a 5 cm	Presencia epífitas y bejucos
	Género y especie	Nombre común		
Bajo < 5m				
Medio-bajo 5-10m				
Medio-alto 10-15m				
Alto > 15m				
Promedio de número de estratos entre parcelas	Suma de especies nativas en 4 parcelas=	Nº árboles por ha.=suma de árboles en las 4 parcelas x 5	Nº de árboles con epífitas dividido entre el número total de árboles	
Indicador 1 Nº estratos=	Indicador 2 Nº Especies nativas=	Indicador 3 Nº árboles y arbustos /100=	Indicador 4. Proporción de arboles con epífitas o bejucos=	

Para el indicador de sombra existes dos métodos el Densiómetro y el de cuadrícula

DENSIOMETRO

Puntos	Orientación de la medición				promedio

CUADRICULA

Indicador 5: Porcentaje de sombra/100

Valor del criterio calidad de hábitat: suma indicadores 1 a 5:-----

(Medina et ál. 2008).

Anexo 4. FORMATO DE EVALUACIÓN USOS DE AGROQUIMICOS

Uso	Producto	Toxicidad	Nº Aplicaciones anuales	Nº Aplicaciones x toxicidad estimada	VALOR INDICADOR (suma de las calificaciones de todos los productos)
Indicador 1 HERBICIDAS					
Indicador 2 PLAGUICIDAS					
Indicador 3 FERTILIZANTES		-1			
Valor del criterio uso de agroquímicos: suma indicadores 1 a 3/10=					
Valor biodiversidad: criterio hábitat, criterio uso de agroquímicos					
Índice Biodiversidad= criterio Hábitat +criterio uso de agroquímicos=					

(Medina et ál. 2008).

Anexo 5. FORMATO DE EVALUACIÓN CARBONO

VARIABLE	PARCELA DE EVALUACION	OBSERVACIONES
Densidad de individuos arbóreos por hectárea	Parcela de una hectárea	Esta variable se evaluó en el criterio calidad de hábitat y se requiere para extrapolar el carbono medido en las 4 parcelas internas, 2000m ² , hasta la hectárea
dap	Cuatro parcelas internas de 20x25	En sistemas donde los árboles son muy dispersos, se miden todos los árboles en la hectárea
Altura	Cuatro parcelas internas de 20x25	

(Medina et ál. 2008).