



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y EL
AMBIENTE

Trabajo de Graduación

Evaluación del impacto de la implementación de prácticas de adaptación al cambio climático en 3 fincas del municipio de San Ramón, Matagalpa, Nicaragua.

Autora

Bra. Itzá Alejandra Hernández Sequeira

Asesores

MSc. Edmundo Rafael Umaña Gómez

Dr. Carlos Ramón Zelaya Martínez

Managua, Nicaragua

Noviembre, 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y EL
AMBIENTE

Trabajo de Graduación

Evaluación del impacto de la implementación de prácticas de adaptación al cambio climático en 3 fincas del municipio de San Ramón, Matagalpa, Nicaragua.

Autora

Bra. Itzá Alejandra Hernández Sequeira

Asesores

MSc. Edmundo Rafael Umaña Gómez

Dr. Carlos Ramón Zelaya Martínez

Managua, Nicaragua

Noviembre, 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL
AMBIENTE

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la decanatura de la facultad de **Recursos Naturales y del Ambiente** como requisito parcial para optar al título profesional de:

INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Miembros del tribunal examinador:

Dra. Matilde Somarriba Chang

Presidenta

Ing. MSc. Glenda Bonilla Zúñiga

Secretaria

Dr. Domingo Rivas Cerda

Vocal

Noviembre de 2015
Managua, Nicaragua

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. HIPÓTESIS	3
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
4.1 Descripción del área de estudio	4
4.1.1 Características geográficas de la zona de estudio.....	4
4.1.2 Características socioeconómicas del municipio	5
4.1.3 Características biofísicas del municipio de San Ramón.....	6
4.2 Diseño metodológico	7
4.2.1 Diagnóstico biofísico de cuencas hidrográficas	8
4.2.2 Diagnóstico biofísico de las fincas	18
V. RESULTADOS	31
5.1 Diagnóstico biofísico de los sitios de estudio.....	31
5.1.1 Ubicación y caracterización climática de los sitios de estudio.....	31
5.1.2 Características morfológicas	33
5.1.3 Caracterización biótica y geológica.....	41
5.1.4 Clima y balance hídrico de suelo con escenarios climáticos actuales y futuros	51
5.2 Caracterización de fincas del estudio.....	58
5.2.1 Descripción de las fincas del estudio.....	58
5.2.2 Uso actual del suelo.....	60
5.2.3 Inventario de vegetación en sistemas de café bajo sombra	64

5.2.4	Muestreo de suelos	68
5.2.5	Prácticas de adaptación al cambio climático identificadas.....	73
VI.	CONCLUSIONES.....	93
VII.	RECOMENDACIONES	95
VIII.	LITERATURA CITADA	96
IX.	RECURSOS ELECTRÓNICOS	101
X.	ANEXOS	102
10.1	Hoja de campo para inventario de especies	102
10.2	Tarjeta para muestreo de suelos.....	102
10.3	Textura al tacto (USDA, 1999).....	103
10.4	Encuesta de composición familiar	104
10.5	Encuesta para medir el índice de diversidad dietética en el hogar (IDDH).....	104

DEDICATORIA

A mis hermosas, fuertes e inteligentes madres Mayra Sequeira y Gretel Sequeira. La mamá Mayra me inculcó desde pequeña el amor por la naturaleza, a ser amable con las personas y los animales, a ser agradecida, a estudiar mucho y trabajar arduamente. La mamá Gretel me enseñó sobre perseverancia y perseguir sus sueños, valorarme como mujer y ser humano.

A mi lindo apá, Róger Hernández que me mostró que siempre se puede sonreír y llevarse la vida alegremente, apoyando siempre a las personas que están a nuestro alrededor.

A mis hermanos Efraín Hernández y Gabriel Meléndez que mucho molestan, pero ni modo, así se les quiere. Efraín tiene toda la perseverancia del mundo, te demuestra que es capaz de iniciar con pocos recursos y trabajarse su camino al éxito. Gabriel tiene el carisma y el poder de persuasión, es capaz de ganar cualquier argumento y tu aprecio.

A mis perros, que más que mascotas son seres vivos, capaces de sentir emociones y logran que nos emocionemos con ellos. Especialmente al Toto que es una maravilla, amado por todos, por su energía y felicidad.

A la Pachamama, Madre Tierra, que es nuestro sustento y la creadora de la naturaleza que nos impresiona. Es la razón de nuestra existencia en la tierra y aún con muchos años de investigación sólo logramos comprender muy poco de su complejo funcionamiento.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios, a la Pachamama y a mi Familia.

Agradezco a mi tutor el profesor Edmundo Umaña, quien tuvo toda la paciencia y amabilidad de guiarme en dos temas de investigación y creer en que podía cumplir con las metas propuestas, a mi asesor Carlos Zelaya, con quién aprendí sobre Historia y Geografía de Nicaragua, Cambio Climático, Sistemas de Información Geográfica y más, ese señor es una enciclopedia.

Agradezco al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) por la oportunidad de pasantía que derivó en tema de investigación. Principalmente a Martín Mena por su apoyo en la identificación de pastos, Víctor Zuluaga y Lorena Gómez por los modelos y la ejecución de encuestas , Armando Martínez por su apoyo en Sistemas de Información Geográfica, Pablo Siles por el establecimiento de parcelas e identificación de especies arbóreas y Carla Coronado por la logística. Son excelentes profesionales y seres humanos.

Agradezco al Programa de Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS), especialmente a Deissy Martínez por la organización, José Luis Urrea por la diagramación y comunicación, a Peter Läderach por sus observaciones y a María Boa por su apoyo en campo y alegría en la oficina.

Agradezco a la Central de Cooperativas Cafetaleras del Norte (CECOCAFEN), principalmente a sus técnicos Santiago Dolmus, Carlos Tardencia y Norvin Urbina por su apoyo en la organización de las visitas y el acompañamiento en campo con los productores.

Mi agradecimiento a los productores, principalmente a doña Virginia por recibirme amablemente, a Jesús Matamoros, José Adán Pérez, Carlos Córdoba, Blanca Córdoba y Rolando Díaz por permitirnos realizar el diagnóstico en sus fincas y explicarnos el funcionamiento de las estrategias que implementan en las mismas.

Agradezco por mi formación académica a los docentes de la Universidad Nacional Agraria (UNA), principalmente a la Decana Matilde Somarriba por su apoyo en cada proyecto emprendido. A los profesores del Colegio Nicaragüense Francés por hacer de nosotros profesionales políglotas.

A todos mis amigos agrarios, por su apoyo e incondicionalidad, especialmente a Indira Castillo, Natalia Monterrey y Dinah Ipsen. Gracias por los consejos y por crecer conmigo.

Agradezco a Música en Los Barrios (MeLB), principalmente a Reyna Somarriba por sus enseñanzas y su amistad durante más de 10 años de vida, y a mis compañeros de orquesta, con los que la música adquiere sentido.

Sólo me queda decir, que estamos empezando a volar.

Gracias Totales

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las microcuencas Las Escaleras y Tapasle.....	4
Figura 2. Esquema de la metodología del estudio.....	8
Figura 3. Esquema de la metodología para el diagnóstico biofísico de las microcuencas.....	9
Figura 4. Esquema del modelo atmosférico global.....	16
Figura 5. Reducción de escala con método estadístico para GCM.....	17
Figura 6. Predicciones GCMs para Nicaragua.....	17
Figura 7. Identificación de las prácticas de adaptación al cambio climático.....	29
Figura 8. Mapa de la microcuenca de Las Escaleras.....	32
Figura 9. Mapa de la microcuenca de Tapasle.....	33
Figura 10. Mapa de distribución de pendientes de la microcuenca Las Escaleras.....	35
Figura 11. Mapa de distribución de pendientes de la microcuenca Tapasle.....	37
Figura 12. Mapa de orden de corrientes de la microcuenca Las Escaleras.....	39
Figura 13. Mapa de orden de corrientes de la microcuenca Tapasle.....	40
Figura 14. Mapa de uso de suelo de microcuenca Las Escaleras.....	41
Figura 15. Mapa de uso de suelo de la microcuenca Tapasle.....	42
Figura 16. Mapa de sub-grupo de suelos de la microcuenca de Las Escaleras.....	44
Figura 17. Mapa de sub-grupo de suelos de la microcuenca de Tapasle.....	47
Figura 18: Períodos de exceso y déficit de agua para el orden de suelos Alfisoles con clima actual de la microcuenca Las Escaleras, Municipio de San Ramón, Matagalpa.....	52
Figura 19: Períodos de exceso y déficit de agua para el orden de suelos Alfisoles con clima actual de la microcuenca Tapasle, Municipio de San Ramón, Matagalpa.....	53
Figura 20: Períodos de exceso y déficit de agua para el orden de suelos Alfisoles con clima actual y futuro de la microcuenca Las Escaleras, Municipio de San Ramón, Matagalpa. ...	55
Figura 21: Períodos de exceso y déficit de agua para el orden de suelos Alfisoles con clima actual y futuro de la microcuenca Las Escaleras, Municipio de San Ramón, Matagalpa. ...	58
Figura 22. Mapa de las fincas El Plan y La Loma.....	59
Figura 23. Mapa de la finca Las Mercedes.....	60
Figura 24. Mapa de uso actual de la finca El Plan.....	61
Figura 25. Mapa de uso actual de la finca La Loma.....	62
Figura 26. Mapa de uso actual de la finca Las Mercedes.....	63
Figura 27. Distribución de las parcelas del inventario de vegetación.....	64
Figura 28. Ubicación de los sitios muestreados.....	69

Figura 29. Curvas de infiltración básica.....	72
Figura 30. Fotografía de corral de gallinas ponedoras	77
Figura 31. Infografía de café con sombra en desarrollo (Higueras y Guabas).....	80
Figura 32. Café bajo sombra en desarrollo – izquierda.....	81
Figura 33. Café bajo sombra desarrollada de guabas y musáceas - derecha	81
Figura 34. Plantas de cacao dentro del SAF de café bajo sombra.....	84
Figura 35. Cosecha de agua en fincas ganaderas.....	86
Figura 36. Fotografías de sistemas de cosecha de agua	86
Figura 37. Fotografía de pastos mejorados, <i>Brachiaria brizantha cv Toledo</i> , <i>Panicum maximun cv Mombaça</i> - izquierda.....	89
Figura 38. Fotografía de cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) - derecha.....	89
Figura 39. Fotografías de cultivo de maíz hidropónico en cuarto oscuro	90
Figura 41. Fotografía de bovino alimentándose en época seca (abril) - derecha	90
Figura 42. Fotografía de silo tipo cincho presente en la finca.....	92

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Operacionalización de variables	7
Cuadro 2. Tamaño de la cuenca respecto al área.....	11
Cuadro 3. Índice de Gravelius (Coeficiente de Compacidad K_c).....	12
Cuadro 4. Clasificación de la distribución de pendientes (Matus, O., 2006)	13
Cuadro 5. Variables a medir en el inventario de vegetación	20
Cuadro 6. Ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea	22
Cuadro 7. Cuadro de anotación de datos de infiltración.....	24
Cuadro 8. Correlación materia orgánica y efervescencia de H_2O_2	27
Cuadro 9. Tipos de suelo según los valores de pH obtenidos	28
Cuadro 10. Tamaño y forma de la microcuenca de Las Escaleras	33
Cuadro 11. Tamaño y forma de la microcuenca de Tapasle	34
Cuadro 12. Distribución de pendientes de la microcuenca Las Escaleras.....	35
Cuadro 13. Elevación y pendiente media de la microcuenca de Las Escaleras	36
Cuadro 14. Distribución de pendientes de la microcuenca Tapasle	37
Cuadro 15. Elevación y pendiente media de la microcuenca de Tapasle.....	38
Cuadro 16. Orden de corrientes y densidad de drenaje de Las Escaleras	39
Cuadro 17. Orden de corrientes y densidad de drenaje de Tapasle	40
Cuadro 18. Usos del suelo de microcuenca Las Escaleras	41
Cuadro 19. Usos del suelo de la microcuenca Tapasle.....	42
Cuadro 20. Orden y Sub-grupos de suelo de la microcuenca de Las Escaleras	44
Cuadro 21. Orden y Sub-grupos de suelo de microcuenca de Tapasle	47
Cuadro 22: Temperatura y precipitación con datos climáticos actuales y futuros para la microcuenca Las Escaleras.....	54
Cuadro 23: Temperatura y Precipitación con datos climáticos actuales y futuros para la Microcuenca Tapasle.....	56
Cuadro 24. Distribución del uso del suelo en la finca El Plan	61
Cuadro 25. Distribución del uso del suelo en la finca La Loma	62
Cuadro 26. Distribución del uso del suelo en la finca Las Mercedes.....	63
Cuadro 27. Inventario de especies en sistemas de café bajo sombra	65
Cuadro 28. Diversidad florística basada en el índice de Shannon Wiener.....	67
Cuadro 29. Total de captura de carbono ton/ha.....	68

Cuadro 30. Nombre del lote y uso del suelo en el sitio muestreado.....	69
Cuadro 31. Datos de pH y materia orgánica.....	70
Cuadro 32. Datos de densidad aparente, textura e infiltración básica.....	72
Cuadro 33. Ficha técnica de <i>Cannaalia ensiformis</i>	75
Cuadro 34. Ficha técnica de <i>Passiflora edulis var. flavicarpa</i>	78
Cuadro 35. Ficha técnica de <i>Theobroma cacao L.</i>	83

RESUMEN

El presente estudio forma parte del trabajo conjunto del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Programa de Investigación sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS) y la Central de Cooperativas Cafetaleras del Norte (CECOCAFEN). Se identificaron las prácticas de adaptación al cambio climático que se están implementando en tres fincas del departamento de Matagalpa y se analizó el impacto de las mismas a nivel socioeconómico y ambiental. Según el estudio Tortillas en el Comal (TOR – por sus siglas en inglés), se espera un aumento en las temperaturas medias anuales (alrededor de 1° C en la década de 2020 y 2° C en la década de 2050). Las temperaturas mínimas y máximas diarias serán más altas. Habrá un déficit creciente del agua debido a una menor precipitación y altas tasas de evapotranspiración de las plantas (...) el déficit hídrico del suelo que va a empeorar el estrés por calor para las plantas, reducirá significativamente los rendimientos y representa una grave amenaza para la seguridad alimentaria. (Eitzinger et al., 2012). Sin embargo, se ha logrado determinar que las prácticas de adaptación al cambio climático implementadas por los productores han tenido un impacto positivo. A nivel social, la diversificación de los medios de vida permite el abastecimiento alimentario suficiente para contrarrestar la problemática de los meses de escasez en las zonas cafetaleras. A nivel económico, la cosecha de agua y las estrategias de alimentación de verano en bovinos aseguran la producción de lácteos y carnes aún en tiempo de sequía en las zonas ganaderas. Y, finalmente a nivel ambiental, se ha mejorado la calidad del suelo mediante el establecimiento de sistemas agroforestales en café y cacao y el uso de *Canavalia ensiformis* para la recuperación de suelos.

Palabras clave: Adaptación, Seguridad Alimentaria, Recuperación de Suelos, Cosecha de Agua, Estrategias de Alimentación de Verano.

ABSTRACT

This study is part of the joint work of the International Center for Tropical Agriculture (CIAT), the Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) and the Central Northern Coffee Cooperatives (CECOCAFEN). It aims to identify the climate change adaptation practices that are being implemented in three farms of the department of Matagalpa and analyze their impact in the socio-economic and environmental level. According to the study Tortillas On the Roaster (TOR), there will be an increase in annual mean temperatures (around +1°C by the 2020s and +2°C by the 2050s). Minimum and maximum daily temperatures will be higher. There will be an increased water deficit due to less precipitation and higher evapotranspiration rates in plants (...) the soil water deficits that will worsen the plant's heat stress, will reduce significantly yields and represents a serious threat to food security (Eitzinger et al., 2012) . However, it has been determined that the practices of adaptation to climate change implemented by producers have had a positive impact. At the social level, the diversifications of livelihoods ensure enough food supplies to counter the thin months problematic in the coffeelands. Economically, water harvesting and summer feeding strategies ensure cattle dairy and meat production even in times of drought in pastoral areas. And finally at the environmental level, soil quality has been improved through the establishment of agroforestry systems on coffee and cacao and the use of *Canavalia ensiformis* for soil recovery.

Key words: Adaptation, Food Security, Soil Recovery, Water Harvesting, Summer Food Strategies.

I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua, de acuerdo con los modelos de cambio climático (GCM), el clima en general será más estacional en términos de variación a lo largo el año con un aumento de la temperatura en las zonas cafetaleras de 0,9 grados centígrados para el año 2020 y 2,1 grados centígrados en 2050 (Läderach et al., 2010).

Ante los impactos del cambio climático en el sector agropecuario: variación en las épocas de siembra, disminución en las cosechas, mayor presencia de plagas y enfermedades los productores están implementando alternativas de adaptación al cambio climático, que sean aplicables a las condiciones edafoclimáticas y a las características socioculturales de región, y que garanticen sobre todo, su seguridad alimentaria (Chow N, 2013).

Se seleccionaron las fincas El Plan, La Loma y Las Mercedes ya que sus medios de vida son sensibles al cambio climático. “Un medio de vida se compone de las capacidades, activos (tanto recursos materiales como sociales) y actividades necesarias para vivir. Un medio de vida es sostenible cuando puede afrontar y recuperarse de rupturas y caídas bruscas, y mantener sus capacidades y activos tanto en el presente como en el futuro sin socavar las base de sus recursos naturales.” (Stewart, A. 2006)

Las fincas “El Plan” y “La Loma”, microcuenca “Las Escaleras”, municipio de San Ramón, Matagalpa tiene como medio de vida la producción de café. El cambio climático es una amenaza para la producción de café debido a los aumentos de temperatura y los cambios en los patrones de precipitación proyectados. Muy probablemente se reducirá la aptitud climática del cultivo en la mayoría de las actuales áreas productoras. Las opciones incluyen la adaptación (incluyendo las intervenciones agronómicas), las fuentes alternativas de ingresos (como la sustitución de cultivos) y la migración (por ejemplo, hacia altitudes más elevadas y apropiadas) (Läderach, P, et al. 2011).

Por otro lado, la finca “Las Mercedes”, microcuenca “Tapasle”, municipio de San Ramón, Matagalpa tiene como medio de vida la ganadería doble propósito. El cambio climático tiene efectos directos en la producción ganadera, e indirectos debido a los cambios en la disponibilidad de forraje y pastos (FAO, 2012). La opción para esta zona que tiene afectaciones por sequía es la intensificación sostenible frente al cambio climático que es el aprovechamiento de las aguas lluvia de manera eficiente (Eitzinger et al., 2012).

Se identificaron las prácticas de adaptación al cambio climático que se están implementando en las tres fincas y se analizó el impacto de las mismas a nivel socioeconómico y ambiental. Se ha logrado determinar que las prácticas de adaptación al cambio climático implementadas por los productores han tenido un impacto positivo. A nivel social, la diversificación de los medios de vida permite el abastecimiento alimentario suficiente para contrarrestar la problemática de los meses de escasez en las zonas cafetaleras. A nivel económico, la cosecha de agua y las estrategias de alimentación de verano en bovinos aseguran la producción de lácteos y carnes aún en tiempo de sequía en las zonas ganaderas. Y, finalmente a nivel ambiental, se ha mejorado la calidad del suelo mediante el establecimiento de sistemas agroforestales en café y cacao y el uso de *Canavalia ensiformis* para la recuperación de suelos.

A partir de la identificación de las prácticas de adaptación al cambio climático de productores de San Ramón se espera sistematizar las experiencias en términos de diversificación de los medios de vida, implementación de sistemas agroforestales, recuperación de suelos y cosecha de agua que han resultado exitosas y que podrían ser replicadas en fincas homólogas.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

1. Evaluar el impacto de la implementación de las prácticas de adaptación al cambio climático en la calidad de vida de los productores y la calidad ambiental de las fincas El Plan, La Loma y Las Mercedes, Municipio de San Ramón, Matagalpa, en el periodo Febrero-Julio, 2014.

2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar los componentes biofísicos de las microcuencas Las Escaleras y Tapasle y de las fincas El Plan, La Loma y Las Mercedes y su relación con las medidas de adaptación al cambio climático implementadas.
2. Describir las prácticas de adaptación al cambio climático implementadas en las fincas El Plan, La Loma y Las Mercedes y su relación con la mejora de la calidad de vida de los productores y la calidad ambiental de las fincas.

III. HIPÓTESIS

- Las prácticas de adaptación al cambio climático mejoran la calidad ambiental de las fincas y la calidad de vida de los productores.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área de estudio

Para el estudio se seleccionaron 3 fincas: “La Loma” y “El Plan” ubicadas en la microcuenca “Las Escaleras” y “Las Mercedes” ubicada en la microcuenca Tapasle. Las fincas pertenecen al municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, Nicaragua y se muestran en la figura 1 mediante una estrella.

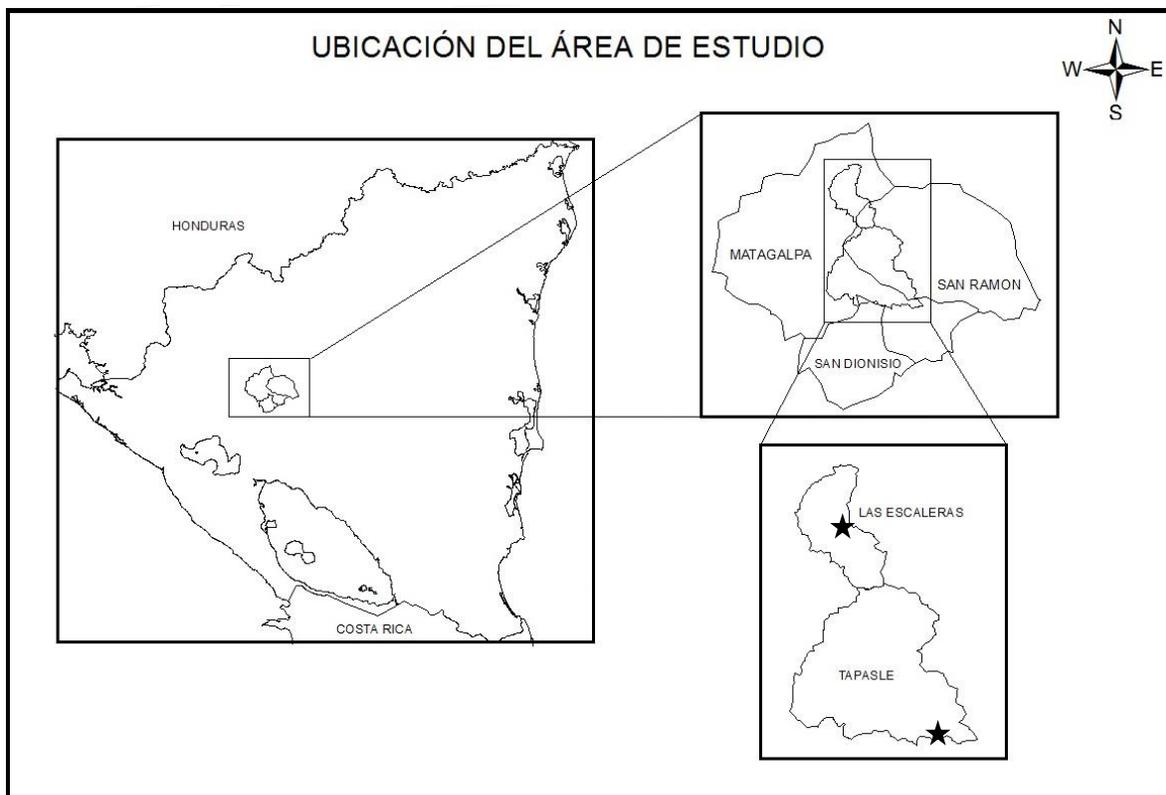


Figura 1. Ubicación de las microcuencas Las Escaleras y Tapasle

4.1.1 Características geográficas de la zona de estudio

El municipio de San Ramón cuenta con una extensión de 424.26 km² y una elevación de 640.93 msnm, se ubica entre las coordenadas geográficas 12°55' latitud norte y 85°50' de longitud oeste, limitando al norte con el municipio de El Tuma – La Dalia, al sur con los

municipios de Muy Muy y Matagalpa, al este con el municipio de Matiguás y al oeste con el municipio de Matagalpa (UNA-BM, 2013).

Los ríos de mayor caudal son: El río Wabule, Tapasle que sirve de límite con el municipio de Matagalpa y Muy Muy; el río Upá que sirve de límite con el municipio de Matiguás; el río Grande de Matagalpa, en la parte sur, sirviendo de límite con el municipio de Muy Muy. Se encuentran además, gran cantidad de quebradas de menor importancia (UNA-BM, 2013).

4.1.2 Características socioeconómicas del municipio

4.1.2.1 Actividad económica

La actividad económica predominante es la producción agropecuaria, los rubros agrícolas principales son los cultivos de arroz, café bajo sombra, frijol y maíz, y los pecuarios principalmente la ganadería doble propósito (UNA-BM, 2013).

4.1.2.2 Población

La población total es de 26,699 habitantes, con una población urbana de 2,298 habitantes (9%) distribuida en ocho barrios que son: Carlos Núñez, Damazo Blad, Silvano García, Carmelo Arauz, Alvaro Castillo, Germán Pomares, Las Marías (La leonesa), Once de Mayo (El cementerio). Y una población rural de 24,401 habitantes (91 %).

4.1.2.3 Educación

El sector educativo del municipio lo representan aproximadamente 4,548 alumnos, atendidos por 110 maestros en 58 centros educativos; 44 de estos centros corresponden a primaria incompleta ubicados en las diferentes comunidades, 11 son centros de primaria completa, un centro de educación media ubicado en la comunidad de Hilapo y un instituto de bachillerato en el casco urbano (INIFOM, 2007).

4.1.2.4 Salud

El sector salud del municipio lo componen cuatro unidades de salud, que se encuentran en buen estado físico. El personal médico que atiende estos centros está compuesto por cuatro médicos, un odontólogo, tres enfermeras, trece auxiliares y un técnico de higiene. Las causas de consulta más frecuentes son enfermedades respiratorias, diarreicas, parasitosis, control del embarazo, crecimiento y desarrollo (INIFOM, 2007).

4.1.3 Características biofísicas del municipio de San Ramón

4.1.3.1 Suelos

El área total del municipio de San Ramón, presenta suelos del orden Molisol (195.61 km²), seguidos por suelos del orden Alfisoles, (141.57 km²), que son suelos maduros o desarrollados con fertilidad media (saturación de bases mayor de 35 %), que mantienen reservas considerables de minerales primarios (contando con un horizonte argílico (Bt) o cándico rico en arcillas de carácter iluvial). Se encuentran en una buena proporción los suelos del orden Ultisol (86.94 km²) y en menor proporción los suelos Vertisoles con 9.44 km² (UNA-BM, 2013).

4.1.3.2 Uso actual del suelo

El mapa de uso de la tierra de San Ramón, generado para el año 2013 con información satelital verificada en campo, muestra que el municipio presenta 10 categorías de uso: Bosque Latifoliado Cerrado (3.88% del área total), Bosque Latifoliado Abierto (5.76%), Bosque de pino (0.32%), Café con sombra (12.71%), Café sin sombra (2.40%), Tacotales (23.99%), Matorrales/Malezas (2.34%), Cultivos Anuales (2.42%), Pastizales (45.03%), Agua (0.36%), Suelos sin vegetación (0.37%) y Urbano (0.35%), (UNA-BM, 2013).

4.1.3.3 Clima y precipitaciones

La base de datos analizada del clima comprende los años hidrológicos (1963-2010) de la estación meteorológica del municipio de San Ramón cuyos promedios de precipitaciones y temperatura para ese período es de 1,754.8 mm y 22.7 grados centígrados.

4.2 Diseño metodológico

Partiendo de la hipótesis, en el cuadro número 1 se indica la operacionalización de las variables en el estudio.

Cuadro 1. Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			
Hipótesis de investigación	Variables de estudio	Indicadores	Técnicas
Las prácticas de adaptación al cambio climático mejoran la calidad ambiental de las fincas y la calidad de vida de los productores.	1. Prácticas de adaptación al cambio climático	1. Prácticas más comunes 2. Distribución de prácticas por lotes	1. Entrevistas 2. Visitas de Campo
	2. Calidad ambiental de las fincas	1. Infiltración básica 2. Captura de carbono	1. Inventario de especies. 2. Muestreo de suelos.
	3. Calidad de vida de los productores	1. Ingresos económicos 2. Seguridad alimentaria 3. Disponibilidad del agua	1. Encuestas

La presente investigación es de enfoque mixto, se realizó un diagnóstico de las microcuencas y de las fincas, como se ilustra en el esquema de las figuras 2 y 3.

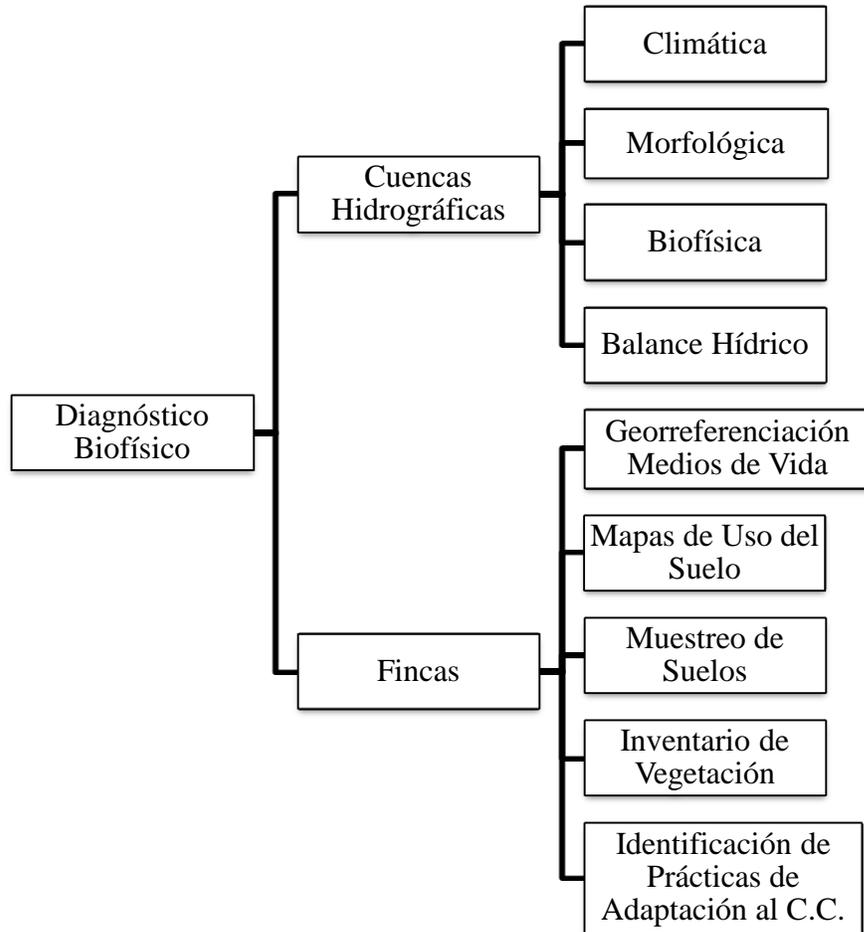


Figura 2. Esquema de la metodología del estudio

4.2.1 Diagnóstico biofísico de cuencas hidrográficas

Un diagnóstico biofísico de una cuenca hidrográfica abarca el estudio de todos los componentes bióticos y abióticos. Para llevar a cabo el diagnóstico biofísico se caracterizó la cuenca mediante la descripción de sus características biofísicas (zonas de vida, uso del suelo, precipitación, temperatura, geología y tipo de suelo), morfológicas (tamaño, forma, relieve y red de drenaje) y se calculó su balance hídrico considerando datos climáticos actuales y de clima futuro (2050). Para ello se dispuso de información secundaria elaborada por el Ministerio de Agricultura (MAG), el Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER) y el programa Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS) de la cual se hizo uso mediante métodos de consulta utilizando el software ArcGis 10.1 y análisis de datos en Cuadros de Excel.

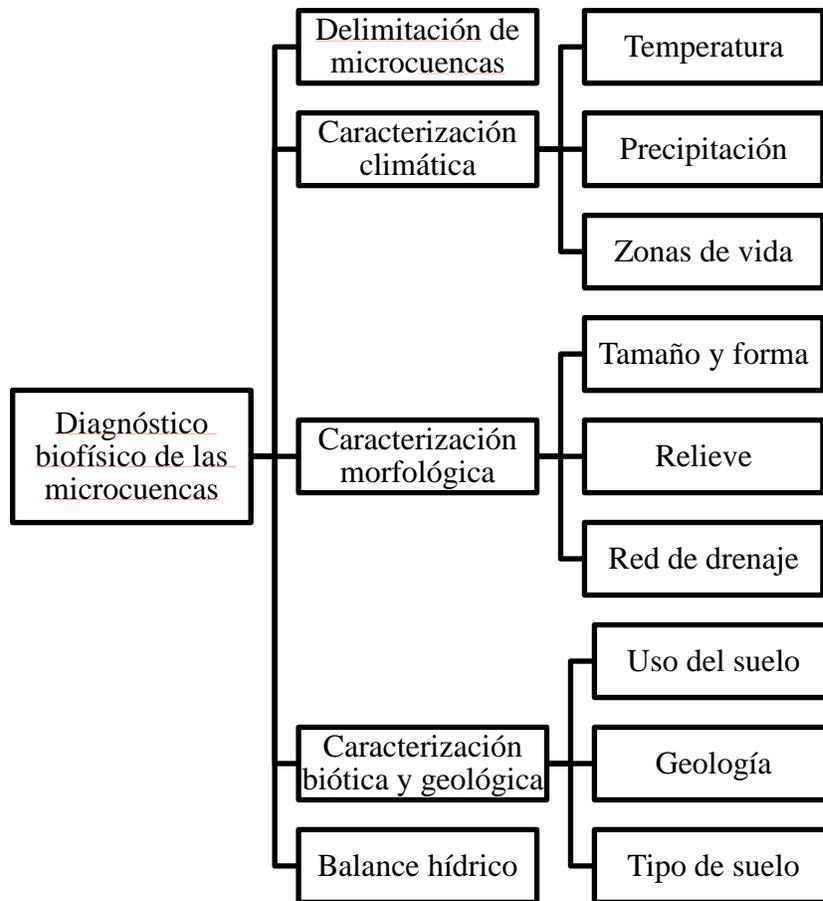


Figura 3. Esquema de la metodología para el diagnóstico biofísico de las microcuencas

4.2.1.1 Delimitación de las microcuencas hidrográficas

➤ Materiales

Se utilizó principalmente recursos electrónicos para realizar las caracterizaciones:

- Modelo de Elevación Digital (MED) de Nicaragua, resolución 30 m
- Shapefile del Atlas Sociodemográfico INIDE
- Cartas topográficas: La Fundadora (3054-IV) y Matagalpa (3055-III)
- Coordenadas GPS de las fincas La Loma, El Plan y Las Mercedes

➤ Método

El Modelo de Elevación Digital (MED) al contener la información sobre la topografía del área permite delimitar hacia dónde escurren las aguas que precipitan en la microcuenca y de esa manera delimitar las microcuencas de estudio. Se procedió a extraer del MDE de Nicaragua la topografía para la zona de estudio con la ayuda de **ArcToolbox: Spatial Analyst Tools → Extraction → Extract by Mask**. Con las coordenadas de las fincas y el mapa topográfico se determinó el río por el que escurre el agua precipitada y en base al punto de desagüe se delimitó la microcuenca haciendo uso de **ArcToolBox: Spatial Analyst Tools → Hidrology**.

4.2.1.2 Caracterización climática

➤ Materiales

- Shapefile de isoyetas (INETER, 2012)
- Shapefile de isotermas (INETER, 2012)
- Shapefile de ecosistemas de Nicaragua (Meyrat, A., Hernández, L., 2000)
- Shapefile de microcuenca de Las Escaleras y Tapasle

➤ Método

Se obtuvo respectivamente de cada uno de los mapas: las precipitaciones en milímetros anuales (mm/anuales), las temperaturas medias anuales en grados Celsius (°C) y las zonas de vida (tipos de ecosistemas). Para obtener la información, se procedió a extraer de cada uno de los mapas el área de las microcuencas con ayuda de la herramienta **Geoprocessing: Clip**. Se obtuvo el shapefile de las microcuencas, se les asignó el nombre de Tapasle y Escaleras en función del afluente principal de cada microcuenca. El reconocimiento de información contenida se realizó mediante un proceso de consulta con la herramienta **Identify** de ArcGis 10.1.

4.2.1.3 Caracterización morfológica

Las características geomorfológicas más importantes de las microcuencas son: área, perímetro, **tamaño y forma de la cuenca**, **parámetros de relieve** (elevación y pendiente) y los **parámetros relativos a la red de drenaje** (orden de corrientes y longitud).

- Materiales
 - Modelo de Elevación Digital (MDE) de Nicaragua, resolución 30 m
 - Shapefile de microcuenca de Las Escaleras y Tapasle

- Métodos

4.2.1.3.1 Tamaño de la cuenca

El tamaño de la cuenca es una característica que influye en el escurrimiento superficial, ya que al incrementarse el tamaño se aumenta el volumen escurrido y los escurrimientos máximos (Gámez, W. 2010). Las cuencas, por su tamaño se pueden clasificar como:

Cuadro 2. Tamaño de la cuenca respecto al área

Carácter	Área (km ²)
Pequeñas	< de 50
Medianas	De 50 a 150
Grandes	> de 150

4.2.1.3.2 Forma de la cuenca

Las cuencas pueden clasificarse en tres tipos de clases o formas, dependiendo del coeficiente de Gravelius:

Cuadro 3. Índice de Gravelius (Coeficiente de Compacidad K_c)

Valores de “K”	Tipos de clases o formas
de 1.00 a 1.25	Redondas
de 1.26 a 1.50	Ovaladas
de 1.51 a 1.75	Oblongas
> a 1.75	Alargadas

El coeficiente será mayor o igual a 1, de manera que entre más próximo a la 1, la forma de la cuenca se aproximará más a la de un círculo (Gámez, W. 2010). El coeficiente de Gravelius se calcula mediante la fórmula:

$$K_c = 0.28P/A^{0.5}$$

En dónde:

K_c : Coeficiente de compacidad o de Gravelius, adimensional

P: Perímetro de la cuenca, en kilómetros

A: Área de la cuenca, en kilómetros cuadrados

4.2.1.3.3 Elevación media de la cuenca

La elevación media de la cuenca es una característica que está relacionada con la temperatura y la precipitación, en hidrología se utiliza como parámetro representativo (Gámez, W. 2010).

Se obtuvo la Elevación Mínima (MIN), la Elevación Máxima (MAX) y la Elevación Media (MEAN) en metros mediante el uso de la herramienta **Spatial Analyst Tools → Zonal → Zonal Statistics As Table** de ArcGis 10.1.

4.2.1.3.4 Pendiente media de la cuenca

El relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica (...) a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores (Ibañez S., Moreno, H., Gisbert, J. 2011).

Se elaboró un mapa de pendientes valiéndose del modelo digital de elevaciones (MDE) como base, haciendo uso de la herramienta **3D Analyst Tools → Raster Surface → Slope** de ArcGis 10.1 y empleando la clasificación de Zonas Potenciales de Recarga Hídrica (ZPRH) (Matus, O. 2006).

Cuadro 4. Clasificación de la distribución de pendientes (Matus, O., 2006)

Micro relieve	Pendiente (%)	Ponderación	Posibilidad de Recarga
Plano a casi plano, con o sin rugosidad	0-6	5	Muy Alta
Moderadamente ondulado o cóncavo	6-15	4	Alta
Ondulado/Cóncavo	15-45	3	Moderada
Escarpado	45-64	2	Baja
Fuertemente escarpado	>65	1	Muy Baja

4.2.1.3.5 Red de drenaje (orden de corrientes y densidad de drenaje)

El sistema de **jerarquización de la red fluvial** (Strahler. 1952) permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca (Ibañez S., Moreno, H., Gisbert, J. 2011).

La densidad de drenaje corresponde a la mayor o menor facilidad que presenta una cuenca hidrográfica para evacuar las aguas provenientes de las precipitaciones que quedan sobre la superficie de la tierra, debido al grado de saturación de las capas del subsuelo (Gámez, W. 2010).

Se delimitó la red de drenaje empleando la herramienta **Spatial Analyst Tools → Map Algebra → Raster Calculator** de ArcGis 10.1. Para el cálculo de orden de corrientes se utiliza la herramienta **Spatial Analyst Tools → Hydrology → Stream Order**.

Se determinó la densidad de drenaje sumando las longitudes de todos los tributarios dividido entre el área total de la microcuenca.

$$D = \frac{\Sigma L_i}{A}$$

En dónde:

D: densidad de drenaje (km)

Σ: Suma de las longitudes de los cursos que se integran la subcuenca (km).

A: superficie de la cuenca (km²)

4.2.1.4 Caracterización biótica y geológica

➤ Materiales

- Shapefile de uso del suelo (MAGFOR, 2000)
- Shapefile geológico de Nicaragua (MAGFOR, 2000)
- Shapefile de microcuenca de Las Escaleras y Tapasle

➤ Método

A partir del Mapa Forestal (MAGFOR, 2000) y empleando la nomenclatura de uso del suelo de MAGFOR (Rodríguez, A. 2000) se determinaron los **usos del suelo** para las microcuencas. A partir del mapa Taxonómico de Suelos de Nicaragua (MAGFOR, 1971) y empleando la nomenclatura de suelos Soil Taxonomy (USDA, 2010) se determinó el **orden y subgrupo de suelo**. Para obtener la información, se procedió a extraer de cada uno de los mapas el área de las microcuencas con ayuda de la herramienta **Geoprocessing: Clip**. El reconocimiento de información contenida se realizó mediante un proceso de consulta con la herramienta **Identify** de ArcGis 10.1.

4.2.1.5 Balance hídrico del suelo

4.2.1.5.1 Balance hídrico del suelo con clima actual

La metodología para estimar el balance hídrico del suelo evalúa la capacidad de almacenamiento de agua por el suelo, considerando que la tipología de suelo y su profundidad radicular, determina la capacidad de almacenaje de acuerdo a la información de las precipitaciones medias mensuales y de la evapotranspiración potencial media mensual calculada a partir del método de Thornthwaite (UNA-BM, 2013).

La base de datos analizada del clima comprende los años hidrológicos (1963-2010) de la estación meteorológica del municipio de San Ramón cuyos promedios de precipitaciones y temperatura para ese período es de 1,754.8 mm y 22.7 grados centígrados (UNA-BM, 2013).

4.2.1.5.2 Balance hídrico del suelo con clima futuro

Para el cálculo de los balances hídricos con clima futuro se utilizaron datos obtenidos mediante una simulación de modelos climáticos globales (GCM) por sus siglas en inglés.

Los modelos climáticos son sistemas de ecuaciones diferenciales basados en las leyes básicas de la física, la dinámica de fluidos y la química. Para realizar un modelo, los científicos dividen el planeta en una parrilla tridimensional, aplican las ecuaciones y evalúan los resultados. Los modelos atmosféricos calculan vientos, transferencia de calor, radiación, humedad relativa e hidrología superficial en cada cuadrado de la parrilla y evalúan las interacciones entre puntos contiguos (NOAA, 2007).

Los Modelos de Circulación General Atmósfera-Océano (GCM, por sus siglas en inglés) son los modelos utilizados en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (AR4). Su función es entender la dinámica de los componentes físicos del sistema climático (atmósfera, océano, superficie terrestre y hielo marino) y realizar proyecciones basadas en las emisiones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles (Flato et al, 2013).

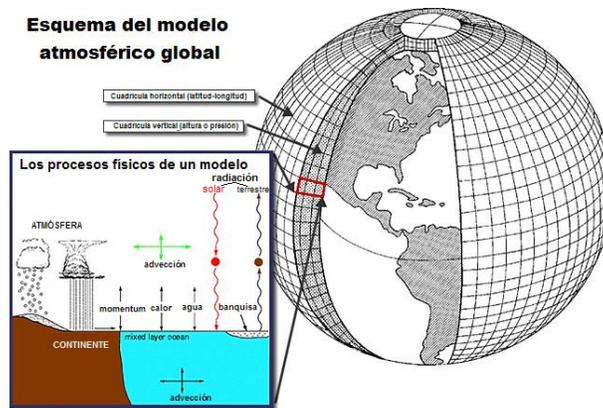


Figura 4. Esquema del modelo atmosférico global

Los modelos son capaces de simular con una fiabilidad razonable la evolución futura del clima, forzados por diversos escenarios de emisiones (hipótesis sobre cuanta cantidad de GEIs podrían seguir emitiendo las actividades humanas en el futuro, según criterios socio-económicos) (AR4-IPCC, 2007). Para el AR5 la comunidad científica ha definido un grupo nuevo de escenarios, denominados “trayectorias de concentración representativas” (RCP, por sus siglas en inglés). Estos escenarios se centran en las emisiones antropogénicas y no incluyen cambios en impulsores naturales como el forzamiento solar o volcánico o las emisiones naturales de CH₄ o N₂O (IPCC, 2007).

Por su baja resolución espacial, los escenarios de cambio climático de los modelos globales no deben aplicarse directamente para evaluar impactos a escala “regional” (IPCC, 2007). Los modelos climáticos regionales (RCM, por sus siglas en inglés) son modelos limitados a áreas específicas reducen la escala de las simulaciones de los modelos globales de manera dinámica para una región geográfica en particular, lo cual permite contar con información más detallada. Por otro lado, existen técnicas estadísticas (método Delta) para la reducción de escala de los modelos globales (Flato et al, 2013).

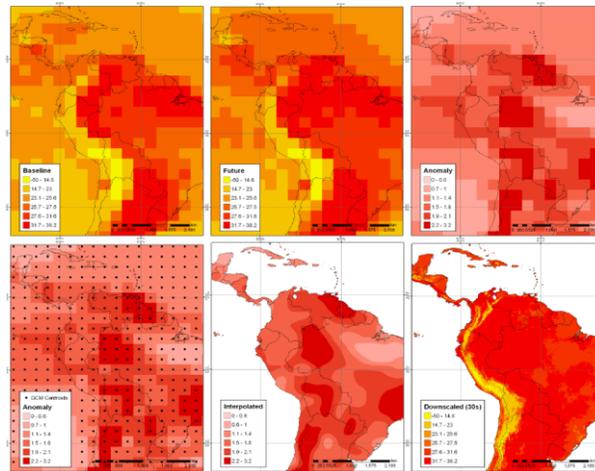
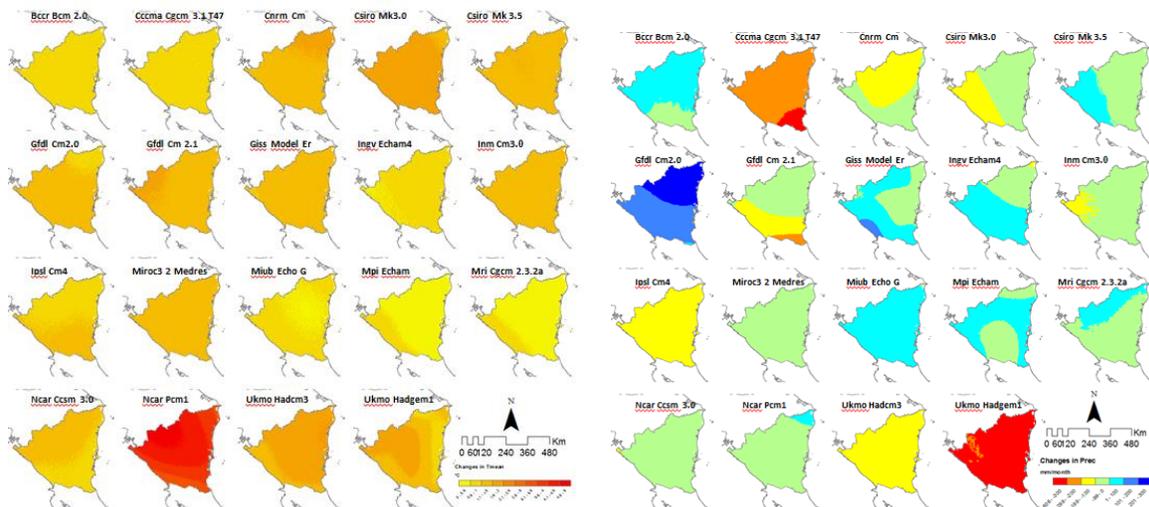


Figura 5. Reducción de escala con método estadístico para GCM

Hay incertidumbres porque los modelos son representaciones aproximadas de la realidad, por lo tanto se deben cuantificar las incertidumbres usando un conjunto de simulaciones con varios modelos. Para las simulaciones se utilizaron 19 modelos Modelos de Clima Global (GCM).



Modelos Climáticos Globales utilizados para la estimación de temperatura (izquierda) y precipitación (derecha) (CIAT-CCAFS, 2014)

Figura 6. Predicciones GCMs para Nicaragua

Se extrajo de los GCM interpolados los datos de temperatura y precipitación para 2050 de las microcuencas Las Escaleras (12° 59' 35.4'' N y 85° 51' 32.5'' O) y Tapasle (12° 50' 36.1'' N y 85° 47' 24.2'' O).

4.2.2 Diagnóstico biofísico de las fincas

Se seleccionaron las fincas El Plan, La Loma y Las Mercedes ya que sus medios de vida son sensibles al cambio climático. “Un medio de vida se compone de las capacidades, activos (tanto recursos materiales como sociales) y actividades necesarias para vivir. Un medio de vida es sostenible cuando puede afrontar y recuperarse de rupturas y caídas bruscas, y mantener sus capacidades y activos tanto en el presente como en el futuro sin socavar las base de sus recursos naturales.” (Stewart, A. 2006)

Las fincas “El Plan” y “La Loma”, microcuenca “Las Escaleras” tiene como medio de vida la producción de café. El cambio climático es una amenaza para la producción de café debido a los aumentos de temperatura y los cambios en los patrones de precipitación proyectados. Muy probablemente se reducirá la aptitud climática del cultivo en la mayoría de las actuales áreas productoras. Las opciones incluyen la adaptación (incluyendo las intervenciones agronómicas), las fuentes alternativas de ingresos (como la sustitución de cultivos) y la migración (por ejemplo, hacia altitudes más elevadas y apropiadas) (Läderach, P, et al. 2011).

Por otro lado, la finca “Las Mercedes”, microcuenca “Tapasle” tiene como medio de vida la ganadería doble propósito. El cambio climático tiene efectos directos en la producción ganadera, e indirectos debido a los cambios en la disponibilidad de forraje y pastos (FAO, 2012). La opción para esta zona que tiene afectaciones por sequía es la intensificación sostenible frente al cambio climático que es el aprovechamiento de las aguas lluvia de manera eficiente (Eitzinger et al., 2012).

A nivel de finca, para el diagnóstico biofísico se llevó a cabo una georreferenciación de los medios de vida de cada finca. Posteriormente, se elaboró el mapa de uso del suelo

utilizando el software ArcGis 10.1 y las coordenadas tomadas en campo. Se realizó inventario de las especies presentes en los SAF (Sistemas Agroforestales) de café bajo sombra en dos de las tres fincas (“El Plan y “La Loma”) y un muestreo de suelos en cada una de las fincas, para efecto comparativo se seleccionaron sitios que tuvieran diferentes tipos de uso del suelo.

Las identificación de las prácticas de adaptación al cambio climático implementadas en cada finca se determinaron en base a entrevistas realizadas a técnicos de la Central de Cooperativas Cafetaleras del Norte (CECOCAFEN) y a los productores propietarios de las fincas.

4.2.2.1 Georreferenciación de los medios de vida

- Materiales
 - GPS (Sistema de Posicionamiento Global)

- Método

Se georreferenciaron las fincas La Loma, El Plan y Las Mercedes con el uso de GPS. Para cada finca se recorrió su perímetro y se tomaron las coordenadas UTM bajo el sistema de referencia WGS84. A su vez, se identificaron y georreferenciaron los medios de vida de las fincas, anotando el nombre dado por el productor al lote y el uso actual del suelo.

4.2.2.2 Mapas de Suelo

- Materiales
 - Coordenadas de fincas
 - Imágenes satelitales Rapid Eye 2012

➤ Método

A partir de los medios de vida georreferenciados se obtuvo el **mapa de uso del suelo** para cada finca, haciendo uso del software ArcGis 10.0. Los polígonos obtenidos se verificaron y corrigieron mediante el uso de imágenes de satélite Rapid Eye.

4.2.2.3 Inventario de vegetación en sistemas de café bajo sombra

El inventario de vegetación se realizó exclusivamente para las fincas “La Loma” y “El Plan” ya que se dedican al establecimiento de Sistemas Agroforestales (SAF) de café bajo sombra. Se realizó un inventario de vegetación para determinar las principales especies forestales presentes en los SAF, la biodiversidad que presentan y la cantidad de carbono almacenado en el sistema.

Para el inventario de vegetación se establecieron:

- 4 parcelas de 25m x 20 m para la medición de árboles y musáceas (2000 m²)
- 2 parcelas de 10m x 10m para la medición de cafetos (200 m²)

Se identificaron las especies por nombre común, familia, género y especie y posteriormente se determinó su uso (sombra, leña, fijación de nitrógeno, madera o frutos).

Cuadro 5. Variables a medir en el inventario de vegetación

Tipo de vegetación	Tamaño de parcela	Variable a medir	Materiales	Observaciones
Árboles	25x20 m	DAP Especies N° individuos	Cinta diamétrica	En el caso de no tener cinta diamétrica, se utiliza un centímetro. Se toma entonces la circunferencia, posteriormente se divide entre π y se obtiene el diámetro ($D=C/\pi$).
Musáceas	25x20 m	DAP y pseudo-tallos	Cinta diamétrica	Se mide dentro de la misma parcela de los árboles. Para cada mata se contaron

				los pseudo-tallos mayores de 1m de altura y se les tomó su DAP.
Cafetos	10x10 m	D15 y Altura	Vernier Cinta métrica	Se mide el diámetro con forcípula a 15 cm del suelo o del recepo y la altura con la cinta métrica. La parcela de 10x10 debe estar dentro de la parcela de 20x25.

En dónde:

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho (1.30 m), se expresa en cm

D15: Diámetro a 15 cm del suelo o a 15 cm del recepo, se expresa en cm

Altura: Distancia de la base a la copa del cafeto, se expresa en m

4.2.2.3.1 Cálculo de biodiversidad

Se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) mediante el uso del **software EstimateS 9.1 de Robert K. Colwell**.

- El **índice de diversidad de Shannon** mide (el recíproco de) la probabilidad de seleccionar todas las especies en la proporción con que existen en la población, es decir, mide la probabilidad de que una muestra seleccionada al azar de una población infinitamente grande contenga exactamente n_1 individuos de especie 1, n_2 de especie 2,... y n_S individuos de la especie S (Greig-Smith, 1983; Hill, 1973).

4.2.2.3.2 Cálculo de la captura de carbono

4.2.2.3.2.1 Cálculo de la biomasa aérea

Para determinar el carbono capturado se calculó primeramente la biomasa de árboles, musáceas y cafetos presentes en cada parcela inventariada (kg/m^2) y se extrapolaron los resultados a toneladas/hectárea. Se estimó la biomasa aérea capturada en SAF de café con

musáceas y árboles mediante la aplicación de ecuaciones alométricas (Cuadro 6) y utilizando los datos tomados en las parcelas de inventario.

Cuadro 6. Ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea

Cultivo/Especie	Ecuación alométrica	R2	Fuente
Árboles en Cafetales	$\text{Log}_{10}Y = -0.9578 + 2.3408 \text{Log}_{10}(\text{DAP})$ <p>Y = Biomasa Aérea Total (kg/árbol) DAP = diámetro a la altura del pecho (cm)</p>	0.94	(Suárez et al., 2004)
Musaceae	$Y = 0.0155 * (\text{DAP}^{1.902})$	0.99	(Dold et al., 2010)
Cafetos	$\text{Log}_{10}Y = -1.15 + 1.66 * \text{Log}_{10}(\text{D15}) + 0.54 * \text{Log}_{10}(\text{H})$ <p>BT = Biomasa Aérea Total (kg/planta) D15 = Diámetro del tronco a 15 cm del suelo (cm) H = Altura total (m)</p>	0.95	(Suárez et al., 2004)

Fuente: Metodología para la evaluación de servicios ambientales (ANACAFÉ, 2006).

4.2.2.3.3 Estimación del carbono capturado por el SAF

En el cálculo para determinar el almacenamiento de carbono se 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). Se expresan los resultados en la medida estandarizada para captura de carbono (ton/ha) con el propósito que los resultados obtenidos sean comparables con otros estudios. De igual forma, se extrapoló el número de individuos por parcela de 500m² a número de individuos por hectárea. Para el cálculo de captura de carbono se aplicó la siguiente ecuación:

$$C = B \times FC$$

En dónde:

C: Carbono

B: Biomasa

FC: Fracción de Carbono en la biomasa (0.5 de acuerdo con IPCC (1996))

4.2.2.4 Muestreo de suelos

El muestreo de suelos en diferentes tipos de usos permite un análisis comparativo del estado del suelo dependiendo del tipo de práctica al que está destinado. Se realizaron 4 muestreos en las fincas “El Plan” y “Las Mercedes” y 2 muestreos en la finca “La Loma”, en tipos de uso del suelo diferentes, considerando SAF de café bajo sombra, recuperación de suelos, pastos, granos básicos, y potreros. Las muestras se tomaron durante los meses de marzo y abril en los que el suelo presenta el mayor déficit de agua.

La metodología empleada corresponde a Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo (USDA, 1999). Se evaluó infiltración básica, textura al tacto, densidad aparente, materia orgánica y pH en las tres fincas.

4.2.2.4.1 Infiltración básica

Infiltración es el proceso de penetración del agua en el suelo. La velocidad a la cual el agua entra en el suelo es la velocidad de infiltración, la que depende de la textura del suelo; de la estructura del suelo, o grado de agregación; y del contenido de agua en el suelo (USDA, 1999). Una vez que el suelo ha pasado un lapso de humectación continua, el régimen de infiltración se torna estable, esto se denomina como infiltración básica.

Las variables a medir en campo corresponden a los cm de agua infiltrados por minuto en el suelo seco haciendo uso de los materiales y de la metodología siguiente:

- Materiales
 - Cilindro
 - Centímetro
 - Martillo
 - Taco de madera
 - Bolsa plástica
 - Cronómetro

Cuadro 7. Cuadro de anotación de datos de infiltración

Minutos	Centímetros	cm/min	mm/hora
1	2.2	2.2	1320
2	3.5	1.3	780
3	4.6	1.1	660
4	5.2	0.6	360
(...)	(...)	(...)	(...)
10	8.3	0.3	180

En dónde:

minutos y centímetros: datos tomados en campo

cm/min: es la resta del $cm_1 - cm_2$

mm/hora: unidad estándar para infiltración básica

- Método
 - Se limpia ligeramente el área, en caso de haber vegetación no se remueve la vegetación. El suelo debe estar seco, preferiblemente el muestreo se realiza en los meses de la estación seca.
 - Se coloca el cilindro a ras del suelo y con la ayuda del martillo y el taco de madera se fija firmemente al suelo.
 - Se introduce dentro del cilindro la bolsa de agua y se llena en su totalidad.
 - Se prepara el cronómetro.

- Se remueve la bolsa y se rellena el cilindro de agua hasta el borde.
- A cada minuto, con la ayuda del centímetro se toman datos de la cantidad de agua que se ha infiltrado al suelo.
- A los 15 minutos se toma el último dato.

Para determinar la infiltración básica se calculó una regresión simple, que es un método matemático que modela la relación entre una variable dependiente Y con las variables independientes Xi. Se calculó la regresión simple lineal $Y = b * (m \wedge X)$ utilizando el software **Hidroesta** considerando las siguientes variables:

Variable X: minutos

Variable Y: mm/hora

4.2.2.4.2 Textura al tacto

La clase textural ubica al suelo en un área dentro de un diagrama triangular basado en la distribución de arena, limo y arcilla en el suelo. La textura es una característica importante porque influencia la fertilidad y ayuda a determinar la velocidad de consumo de agua, el almacenaje de agua en el suelo, la laborabilidad y la amplitud de aireación. Por ejemplo suelos arcillosos retienen más agua y nutrientes que suelos arenosos (USDA, 1999).

Posterior a la prueba de infiltración, el suelo está húmedo. Se toma una muestra de suelo en la mano y se moldea siguiendo las instrucciones en la hoja de anexos (10.3).

4.2.2.4.3 Densidad aparente

La densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con la condición estructural del suelo y su clase textural. Esta condición puede ser alterada por cultivación; pisoteo de animales; maquinaria agrícola; y clima, por ejemplo por impacto de las gotas de lluvia (Arskead et al., 1996). Estratos compactados del suelo tienen altas densidades aparentes, restringen el crecimiento de las raíces, e inhiben el movimiento del aire y el agua a través del suelo (USDA, 1999).

➤ Materiales

- Pala
- Balde
- Bolsa plástica
- Agua
- Balanza electrónica

➤ Método

- El suelo debe estar seco, preferiblemente el muestreo se realiza en los meses de la estación seca. Se remueve la cubierta vegetal procurando no remover demasiado el suelo de la superficie.
- Con la pala se hace un corte en forma de V en el suelo y se extrae la muestra. Esta se coloca en un balde y posteriormente se traslada a una bolsa plástica.
- Se coloca dentro del corte en el suelo una bolsa plástica y se le agrega agua. Cuando el agua alcance el nivel del suelo (a ras) y ocupe el mismo espacio que ocupaba la muestra de suelo se cierra.
- Se guardan las muestras para su pesaje.

Para el calcular la densidad aparente, se empleará la siguiente ecuación:

$$\text{D.A (g/cm}^3\text{)} = \text{Peso suelo seco/Peso agua}$$

La muestra de suelo se pesa en la balanza en gramos. La muestra de agua se pesa en la balanza en gramos y se procede a convertir en cm^3 utilizando la correlación:

$$1\text{g de H}_2\text{O} = 1\text{ cm}^3$$

4.2.2.4.4 Materia orgánica

La materia orgánica o componente orgánico del suelo agrupa varios compuestos que varían en proporción y estado. La materia orgánica está compuesta por residuos animales o

vegetales. Se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo y que contribuyen a su fertilidad. De hecho, para que un suelo sea apto para la producción agropecuaria, debe contar con un buen nivel de materia orgánica (USDA, 1999).

➤ Materiales

- Agua Oxigenada ó Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2), se recomienda usar al 30%.
- Jeringa graduada

➤ Método

- Se extraen 2 cc de H_2O_2 de la botella con la ayuda de la jeringa.
- Se aplica primeramente sobre la superficie del suelo y se hace una segunda medición a 10 cm de profundidad.

El nivel de efervescencia que tiene el agua oxigenada al contacto con la materia orgánica se clasificará en:

Cuadro 8. Correlación materia orgánica y efervescencia de H_2O_2

Efervescencia en la superficie	Leve efervescencia (poca cantidad de materia orgánica)	Moderada efervescencia (presencia de materia orgánica pero en moderadas cantidades)	Fuerte efervescencia (gran cantidad de materia orgánica)
Efervescencia a 10 cm de profundidad			

El peróxido de hidrógeno es un agente oxidante que puede causar combustión espontánea cuando entra en contacto con la materia orgánica. Producto de la oxidación se crea agua (H_2O), la efervescencia es por desprendimiento de oxígeno (O).

4.2.2.4.5 pH

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad de un suelo, y afecta la disponibilidad de los nutrientes, la actividad de microorganismos, y la solubilidad de minerales del suelo. Factores importantes que afectan el pH edáfico son temperatura y precipitaciones, que controlan la intensidad del lixiviado y la meteorización de los minerales del suelo. La acidez por lo general está asociada con suelos lixiviados; la alcalinidad mayormente aparece en regiones más secas (USDA, 1999).

Cuadro 9. Tipos de suelo según los valores de pH obtenidos

pH	Tipo	Observaciones
< 5.5	Muy ácido	Dificultad de desarrollo de la mayoría de los cultivos, dificultad de retención de muchos nutrientes.
5.5 – 6.5	Ácido	
6.5 – 7.5	Neutro o cercano a la neutralidad	Intervalo óptimo para cultivos, los elementos nutritivos están más fácilmente disponibles para los cultivos.
7.5 – 8.5	Básico	
> 8.5	Muy básico	Dificultad de desarrollo de la mayoría de los cultivos, posible aparición de clorosis férrica.

Fuente: Interpretación de análisis de suelos (Garrido, S. 1993)

- Materiales
 - pH-metro
 - Solución pH 5 y pH 7
 - Agua destilada
 - Balanza electrónica

- Método
 - Se calibra pH-metro
 - Se pesan 25 gr de suelo

- Se llenan 100 ml de agua destilada
- Se agregan los 25 gr de suelo a 100 ml de agua destilada
- Se agita bien
- Se toma el pH

4.2.2.5 Identificación de prácticas de adaptación al cambio climático

Ante los impactos del cambio climático en el sector agropecuario: variación en las épocas de siembra, disminución en las cosechas, mayor presencia de plagas y enfermedades (...) los productores están implementando alternativas de adaptación al cambio climático, que sean aplicables a las condiciones edafoclimáticas y a las características socioculturales de región, y que garanticen sobre todo, su seguridad alimentaria (Chow N, 2013).

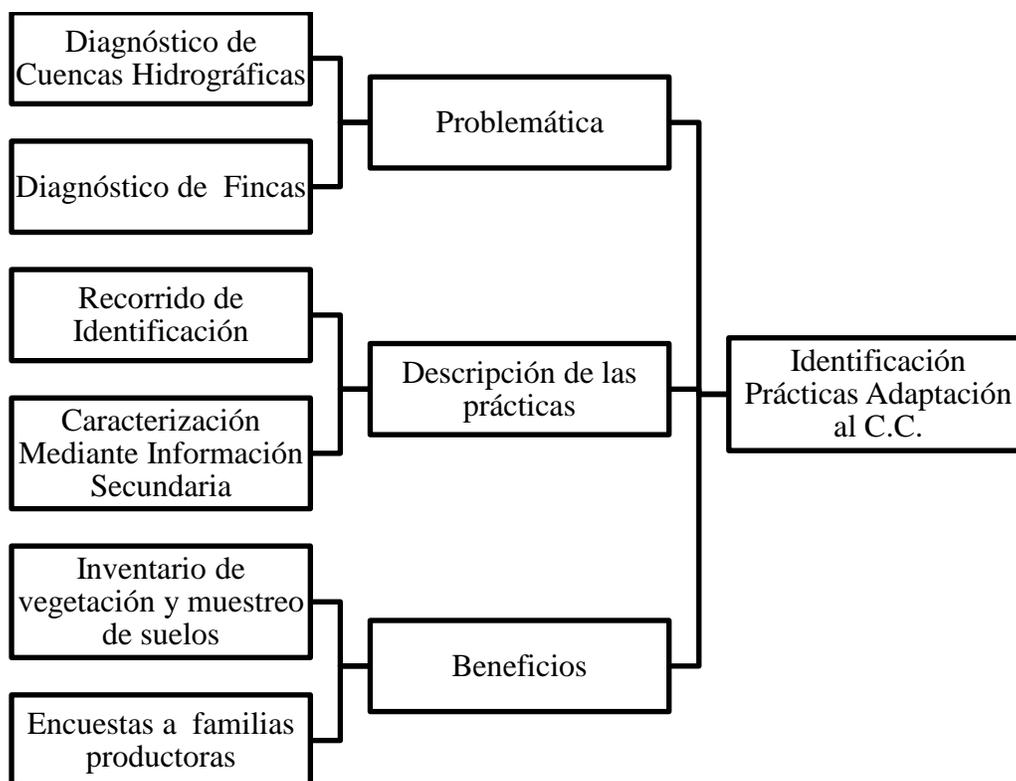


Figura 7. Identificación de las prácticas de adaptación al cambio climático

Para la identificación de las prácticas de adaptación al cambio climático en las microcuencas de Las Escaleras y Tapasle se contactó primeramente a la Central de Cooperativas Cafetaleras del Norte (CECOCAFEN). Los técnicos de CECOCAFEN nos pusieron en contacto con los productores de las tres fincas: “El Plan”, “La Loma” y “Las Mercedes”. Posteriormente, se realizó un recorrido guiado por las fincas con el apoyo de los productores y técnicos de CECOCAFEN.

Durante las visitas, se llevaron a cabo entrevistas a los productores y a los técnicos sobre las prácticas que se estaban implementando así como encuestas sobre la composición familiar y seguridad alimentaria (Anexos). Se identificaron las problemáticas de la región, las prácticas realizadas para contrarrestar las problemáticas y los beneficios que han percibido de la realización de las mismas. Finalmente, se llevó a cabo una revisión de literatura para la caracterización de las prácticas.

V. RESULTADOS

5.1 Diagnóstico biofísico de los sitios de estudio

5.1.1 Ubicación y caracterización climática de los sitios de estudio

5.1.1.1 Precipitación y temperatura, zonas de vida

➤ Microcuenca Las Escaleras

La microcuenca Las Escaleras está ubicada en el departamento de Matagalpa entre los municipios de Matagalpa y San Ramón. Pertenece a la cuenca Río Grande de Matagalpa, en la subcuenca Río Tuma-Yasica.

Las Escaleras tiene una **superficie de 3, 722 ha** y una **altitud que varía entre los 630 y 1, 506 m.s.n.m.** La red hidrográfica principal está formada por el **río Las Escaleras como afluente principal** y los ríos Las Cañas, Santa Emilia, El Zapote, La Verona, El Diamante y Los Álamos como afluentes tributarios.

La temperatura varía entre 20 y 22 °C con una precipitación que va de 1800 a 2000 mm anuales. Estas condiciones se correlacionan con la zona de vida de **Bosque tropical siempreverde estacional mixto submontano** de acuerdo a la clasificación de ecosistemas de Nicaragua (Meyrat, A., Hernández, L., 2000).



Figura 8. Mapa de la microcuenca de Las Escaleras

➤ **Microcuenca Tapasle**

La microcuenca de Tapasle está ubicada en el departamento de Matagalpa, entre los municipios de Matagalpa y San Ramón. Pertenece a la cuenca Río Grande de Matagalpa, en la subcuenca Río Upa-Wabule.

Tapasle tiene una **superficie de 11, 919.36 ha** y una **altitud que varía entre los 425 y 1, 445 m.s.n.m.** La red hidrográfica principal está formada por el **río Tapasle como afluente principal** y los ríos Las Trancas, La Pita, Los Mangles, Boca de Mina, El Naranjo, Alcaraván, La Curva, El Zapote, Quisiturre, Desparramado, Monte Grande, Los Muertos, La Laguna, La Pita y El Limón como afluentes tributarios.

La temperatura varía entre 20 y 22 °C con una precipitación que va de 1800 a 2000 mm anuales en la **zona norte de la microcuenca**, correspondiendo con el tipo de ecosistema **Bosque tropical siempreverde estacional mixto submontano** de acuerdo a la clasificación de ecosistemas de Nicaragua (Meyrat, A., Hernández, L., 2000). Por otro lado, en la **zona central-sureste** la temperatura varía entre 22 y 24 °C con una precipitación que

va de 1400 a 1800 mm anuales que se corresponde más a **Sistemas agropecuarios con 10-25% de vegetación natural.**

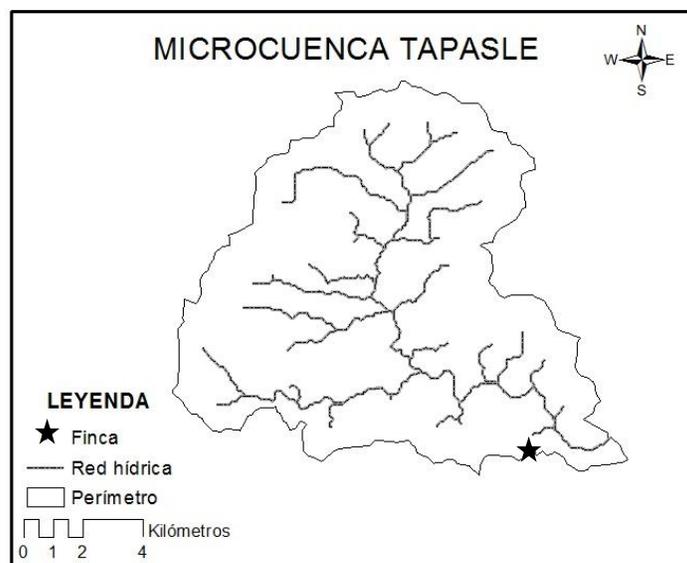


Figura 9. Mapa de la microcuenca de Tapasle

5.1.2 Características morfológicas

5.1.2.1 Tamaño y forma

➤ Microcuenca Las Escaleras

La microcuenca de Las Escaleras es pequeña y ovalada lo que indica una **área pequeña de captación para las aguas** y a la vez, el agua que **escurre** tiene un **tiempo medio** para llegar al punto de desagüe. Las características de tamaño y forma se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Tamaño y forma de la microcuenca de Las Escaleras

Perímetro (km)	Área (km²)	Longitud (km)	Ancho (km)	Tamaño Cuenca	Coficiente Gravelius	Forma Cuenca
32.7452	37.2239	6.54	5.69	Pequeña	1.50	Ovalada

➤ **Microcuenca Tapasle**

La microcuenca de Tapasle es mediana y ovalada lo que indica una **área media de captación para las aguas** y a la vez, el agua que **escurre** tiene un **tiempo medio** para llegar al punto de desagüe. Las características de tamaño y forma se muestran en el cuadro 11.

Cuadro 11. Tamaño y forma de la microcuenca de Tapasle

Perímetro (km)	Área (km²)	Longitud (km)	Ancho (km)	Tamaño Cuenca	Coefficiente Gravelius	Forma Cuenca
56.8352	119.1936	13.61	8.76	Mediana	1.46	Ovalada

5.1.2.2 Relieve

➤ **Microcuenca Las Escaleras**

El 59.32% del área de la microcuenca de Las Escaleras presenta pendientes onduladas de 15-45% lo que clasifica como una posibilidad de recarga moderada, tiene una superficie de 2, 207.52 ha. Las pendientes de 0-15% que corresponden a zonas con alta a muy alta posibilidad de recarga del acuífero representa un área de 1099.17 ha. Un total de 415.08 ha de la microcuenca corresponden a zonas de baja a muy baja posibilidad de aportar agua, en términos de facilitar la infiltración del agua de lluvia en el suelo, esto es debido a que las pendientes son mayores de 45%, lo cual favorece la escorrentía superficial, y con ello se aceleran los procesos erosivos de los suelos en la microcuenca.

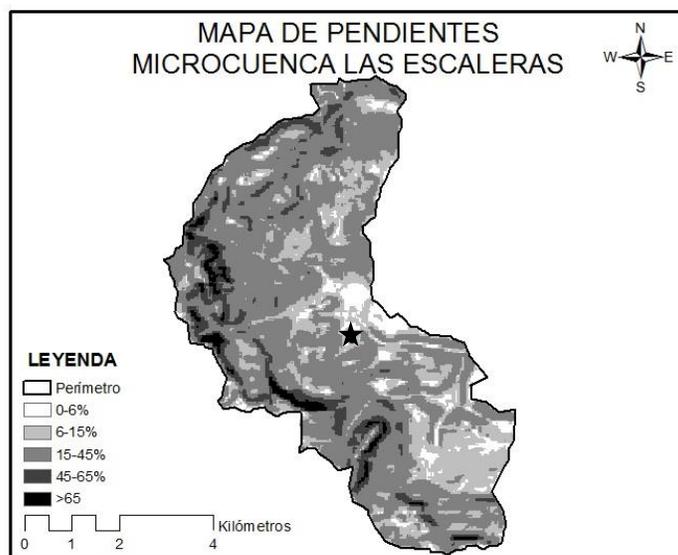


Figura 10. Mapa de distribución de pendientes de la microcuenca Las Escaleras

Cuadro 12. Distribución de pendientes de la microcuenca Las Escaleras

Clasificación de la pendiente en % (Matus, 2007)	Ha	Área en %	Micro relieve	Posibilidad de recarga hídrica
0 a 6	224.91	6.04	Plano a casi plano, con o sin rugosidad	Muy Alta
6 a 15	874.26	23.49	Moderadamente ondulado o cóncavo	Alta
15 a 45	2, 207.52	59.32	Ondulado/Cóncavo	Moderada
45 a 65	338.04	9.08	Escarpado	Baja
> 65	77.04	2.07	Fuertemente escarpado	Muy Baja
TOTAL	3, 721.77	100		

Cuadro 13. Elevación y pendiente media de la microcuenca de Las Escaleras

	Mínima	Máxima	Media
Elevación (m.s.n.m)	631.5128	1506.763	993.1707
Pendiente (%)			25.24033

La microcuenca de Las Escaleras presenta una pendiente media entre 15 y 45%, lo que corresponde a **una topografía ondulada/cóncava** con una **posibilidad de recarga moderada**.

➤ **Microcuenca Tapasle**

El **56.04%** del área de la microcuenca de Tapasle presenta **pendientes onduladas de 15-45%** lo que clasifica como una posibilidad de recarga moderada, tiene una superficie de 6, 679.26 ha. Las pendientes de 0-15% que corresponden a zonas con alta a muy alta posibilidad de recarga del acuífero representa un área de 1, 284.57. Un total de 755.82 ha de la microcuenca corresponden a zonas de baja a muy baja posibilidad de aportar agua, en términos de facilitar la infiltración del agua de lluvia en el suelo, esto es debido a que las pendientes son mayores de 45%, lo cual favorece la escorrentía superficial, y con ello se aceleran los procesos erosivos de los suelos en la microcuenca.

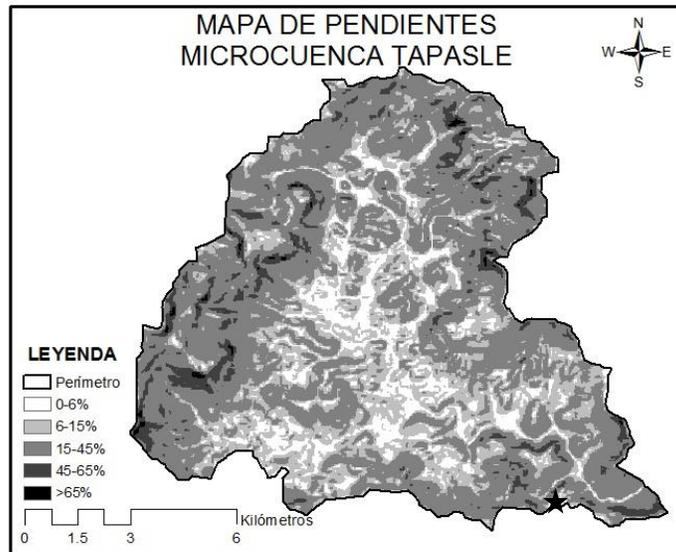


Figura 11. Mapa de distribución de pendientes de la microcuenca Tapasle

Cuadro 14. Distribución de pendientes de la microcuenca Tapasle

Clasificación de la pendiente en % (Matus, 2007)	Ha	Área en %	Micro Relieve	Posibilidad de recarga hídrica
0 a 6	1, 284.57	10.78	Plano a casi plano, con o sin rugosidad	Muy Alta
6 a 15	3, 199.32	26.84	Moderadamente ondulado o cóncavo	Alta
15 a 45	6, 679.26	56.04	Ondulado/Cóncavo	Moderada
45 a 65	713.88	5.99	Escarpado	Baja
> 65	41.94	0.35	Fuertemente escarpado	Muy Baja
TOTAL	11, 918.97	100		

Cuadro 15. Elevación y pendiente media de la microcuenca de Tapasle

	Mínima	Máxima	Media
Elevación (m.s.n.m)	424.7657	1445.559	734.5433
Pendiente (%)			21.6867

La microcuenca de Tapasle presenta una pendiente media entre 15 y 45%, lo que corresponde a **una topografía ondulada/cóncava** con una **posibilidad de recarga moderada**.

5.1.2.3 Red de drenaje

➤ Microcuenca Las Escaleras

En la microcuenca Las Escaleras existen 12 nacientes de **orden 1**, estas forman las quebradas de **orden 2** entre las cuales están: El Diamante (0.56 km), El Álamo (1.24 km) y Las Cañas (2.86 km). Estos tributarios forman el río principal de **orden 3** que es conocido como Las Escaleras (3.96 km).

En la microcuenca Las Escaleras la densidad de drenaje es de **0.68 km/km²**, a mayor densidad de drenaje mayor es la estructuración de la red fluvial y existe un mayor potencial de erosión (Ibañez S., Moreno, H., Gisbert, J. 2011).

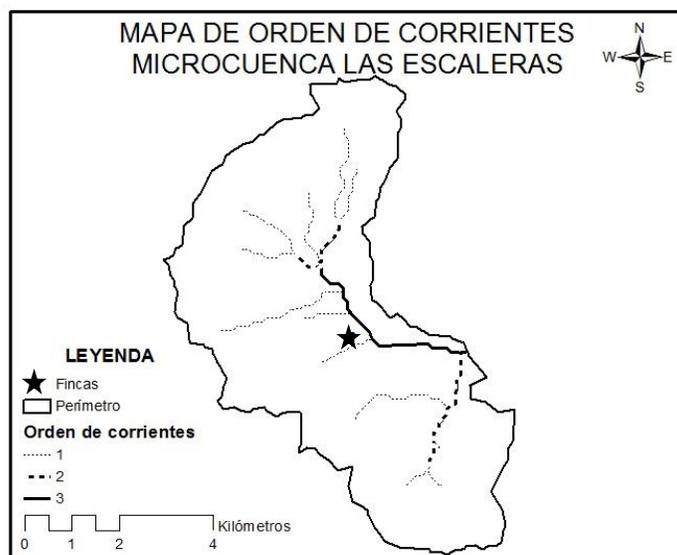


Figura 12. Mapa de orden de corrientes de la microcuenca Las Escaleras

Cuadro 16. Orden de corrientes y densidad de drenaje de Las Escaleras

Número Orden de Corriente	Cantidad	Longitud en Km	Clase de Corriente
1	12	16.81	
2	3	4.66	
3	1	3.96	Cauce Principal (Río Las Escaleras)
Total	16	25.43	
Densidad de Drenaje	$(25.43 \text{ km}/37.22 \text{ km}^2) = 0.68 \text{ km}/\text{km}^2$		

➤ **Microcuenca Tapasle**

En la microcuenca Tapasle, existen 29 nacientes de **orden 1**, estas forman las quebradas de **orden 2** entre las cuales están: San Rafael (1.51 km), La Pita (1.49 km), Los Muertos (1.12 km), Monte Grande (1.57 km), Tepeyac (3.52 km), El Zapote (2.1 km), Ocalca (0.62 km) y Samulalí (7.35 km). Estos tributarios forman el río principal de **orden 3** que es conocido como Tapasle (18.68 km).

En la microcuenca Las Escaleras la densidad de drenaje es de **0.71 km/km²**, a mayor densidad de drenaje mayor es la estructuración de la red fluvial y existe un mayor potencial de erosión (Ibañez S., Moreno, H., Gisbert, J. 2011).

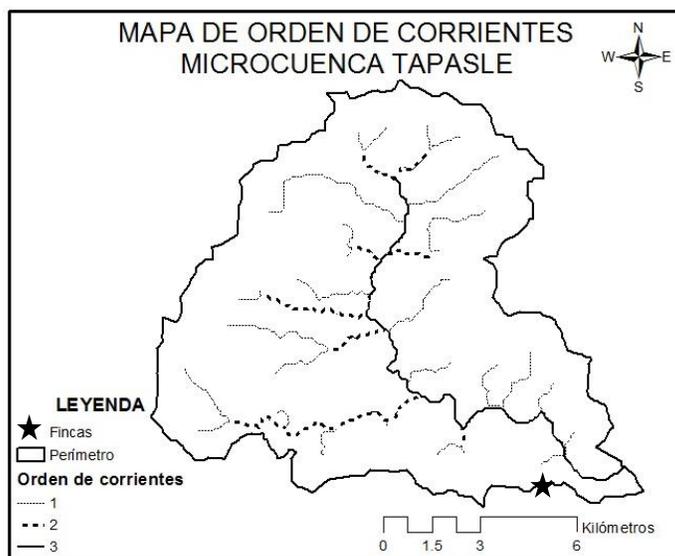


Figura 13. Mapa de orden de corrientes de la microcuenca Tapasle

Cuadro 17. Orden de corrientes y densidad de drenaje de Tapasle

Número Orden de Corriente	Cantidad	Longitud en Km	Clase de Corriente
1	29	46.45	
2	11	19.28	
3	1	18.68	Cauce Principal (Río Tapasle)
Total	41	84.41	
Densidad de Drenaje	$(84.41 \text{ km}/119.1936 \text{ km}^2) = 0.71 \text{ km/km}^2$		

5.1.3 Caracterización biótica y geológica

5.1.3.1 Uso del suelo

➤ Microcuenca Las Escaleras

Los usos predominantes son café con sombra (42.51%) y tacotal con pasto y maleza (30.80%), lo que muestra que es un área destinada principalmente a la producción de café.



Figura 14. Mapa de uso de suelo de microcuenca Las Escaleras

Cuadro 18. Usos del suelo de microcuenca Las Escaleras

Uso del Suelo	Área (Ha)	Porcentaje
Bosque latifoliado abierto	227.01	6.10
Bosque latifoliado cerrado	113.94	3.06
Café con sombra	1,582.54	42.51
Café sin sombra	234.59	6.30
Centros poblados	65.27	1.75
Cultivos anuales	34.76	0.93

Maleza y pasto con arboles	240.13	6.45
Pasto manejado	67.84	1.82
Tacotal y pasto con maleza	1,146.61	30.80
Vegetación arbustiva	9.70	0.26
Total general	3,722.39	100.00

➤ **Microcuenca Tapasle**

Los usos predominantes son café con sombra (71.43%) y tacotal con pasto y maleza (14.30%), lo que muestra que es un área destinada principalmente a la producción de café.

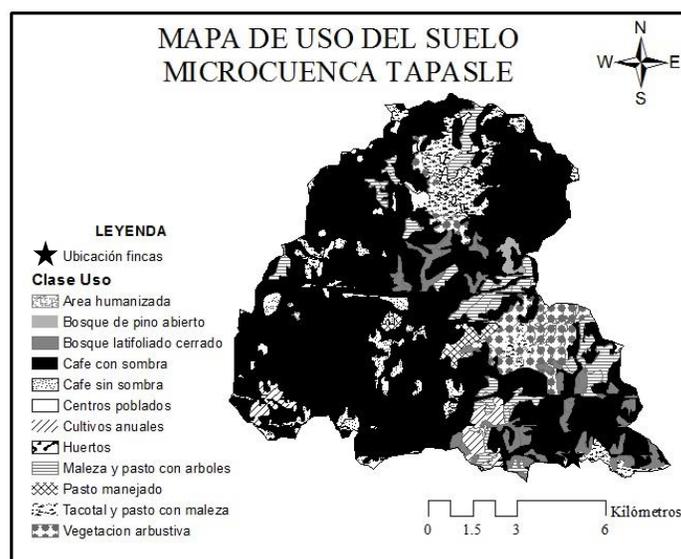


Figura 15. Mapa de uso de suelo de la microcuenca Tapasle

Cuadro 19. Usos del suelo de la microcuenca Tapasle

Uso del Suelo	Hectáreas	Porcentaje
Área humanizada	7.00	0.03
Bosque de pino abierto	50.36	0.20
Bosque latifoliado cerrado	646.56	2.52
Café con sombra	18,353.79	71.43

Café sin sombra	585.33	2.28
Centros poblados	246.17	0.96
Cultivos anuales	317.49	1.24
Huertos	5.77	0.02
Maleza y pasto con árboles	892.68	3.47
Pasto manejado	118.65	0.46
Tacotal y pasto con maleza	3,673.73	14.30
Vegetación arbustiva	798.91	3.11
Total general	25,696.44	100.00

5.1.3.2 Geología

Ambas microcuencas pertenecen a la **formación geológica Coyol Inferior**, que comprende grandes volúmenes de rocas volcánicas del **periodo terciario** y está localizada en la zona Central-Norte de Nicaragua.

Se considera que las formaciones geológicas Matagalpa-Coyol de la provincia central no disponen de acuíferos extensos y continuos; sin embargo, localmente las zonas de fisuras, grietas y pequeñas capas de rocas descompuestas o porosas, pueden constituir acuíferos útiles para el abastecimiento de agua potable a pequeñas comunidades locales (UNA-BM, 2013).

5.1.3.3 Tipos de suelos

➤ Microcuenca Las Escaleras

El área total de la microcuenca presenta suelos de orden Molisol en un 50.01% (1861.36 ha) y suelos de orden Ultisol en un 49.99% (1861.03 ha).

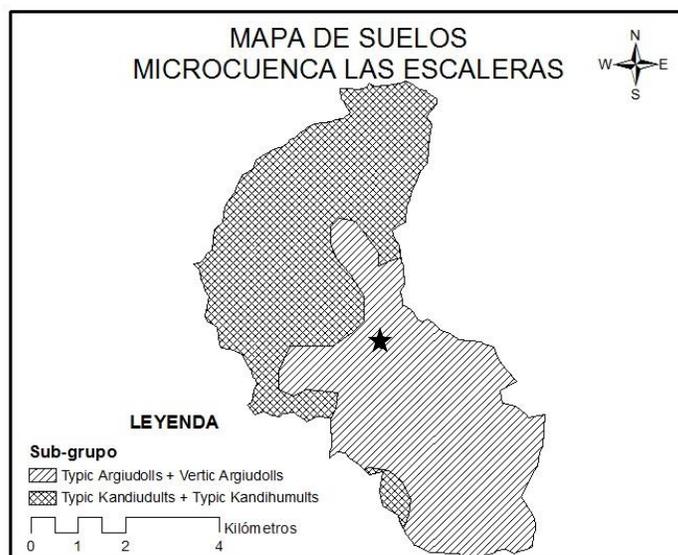


Figura 16. Mapa de sub-grupo de suelos de la microcuenca de Las Escaleras

Cuadro 20. Orden y Sub-grupos de suelo de la microcuenca de Las Escaleras

Orden	Régimen de humedad del suelo	Elementos formativos del gran grupo	Categorías de subgrupos	Gran Grupo	Área (ha)	%
Ultisol (ults)	Údico (ud)	Presencia de horizonte kándico o argílico débil (Kandi) Presencia de humus más que lo normal (Hum)	Suelo típico o de los más comunes (Typic)	Typic Kandiuudolls + Typic Kandihumults	7743.02	64.96
Molisol (olls)	Údico (ud)	Presencia de un horizonte argílico Bt (Arg)	Suelo típico o de los más comunes (Typic)	Typic Argiudolls + Vertic Argiudolls	2480.90	20.81

			Presencia de un horizonte vértico (Vertic)			
--	--	--	--	--	--	--

Régimen de humedad Údico

Es un suelo cuyo régimen de humedad no se presenta seco por más de 90 días consecutivos en un año. Característico de zonas húmedas, donde la evapotranspiración es menor a la precipitación.

Orden Molisol

Son suelos con un epipedón mólico (alto contenido de materia orgánica) ó un horizonte superficial que reúne todos los requisitos de un epipedón mólico y que está dentro de la parte superior de un horizonte argílico, kándico o nátrico.

Suelos con una saturación de bases de 50 por ciento o mayor en todos los horizontes, suelos profundos de estructura granular y textura franca.

Subgrupos Molisol

Typic Argiudolls + Vertic Argiudolls

Typic - Suelos profundos a moderadamente profundos, cuya característica principal es que presentan un horizonte mólico, que yace sobre un horizonte arcilloso con evidencias migración de arcillas (horizonte argílico); tienen color café oscuro en la superficie y pardo rojizo oscuro en el subsuelo, con drenaje moderado, buena capacidad de retención de humedad.

Según los resultados de laboratorio del perfil representativo, estos suelos tienden a presentar pH medianamente ácido, contenido medio en materia orgánica en la superficie y pobre en el subsuelo, pobre en fósforo, alto en potasio disponible, con una capacidad de intercambio catiónico media a baja y una saturación de bases alta. Son aptos para cultivos anuales con obras de conservación de suelos y agua, sistemas agroforestales, pastos y forestal. Están siendo utilizados como café bajo sombra. (UNA-BM, 2013).

Vertic – Presentan un horizonte vértico con grietas dentro de los 125 cm de la superficie del suelo mineral de 5mm o más a través de un espesor de 30 cm o más en años normales y caras de fricción o agregados en forma de cuña en una capa de 15 cm o más de espesor que tiene su límite superior dentro de los 125 cm de la superficie del suelo mineral; o una extensibilidad lineal de 6.0 cm o más entre la superficie del suelo mineral y ya sea una profundidad de 100 cm o un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera que esté menos profundo.

Orden Ultisol

Similares a los Alfisoles con la diferencia de que la saturación de bases es menor a 35% a la profundidad indicada en Alfisoles. Presentan una intemperización mayor que los Alfisoles, pero menor que los Oxisoles. Se encuentran en climas cálidos y húmedos de vegetación tropical y de coníferas.

Subgrupos Ultisol

Typic Kandiudults - Tienen un horizonte kándico y no tienen una disminución de arcilla de 20 por ciento o más (relativo) del contenido máximo con el incremento de la profundidad.

Typic Kandihumults - Tienen un horizonte kándico y no tienen una disminución de arcilla de 20 por ciento o más (relativo) del contenido máximo con el incremento de la profundidad.

Tienen una o ambas de las siguientes:

0.9 por ciento (por promedio ponderado) o más de carbono orgánico en los 15 cm superiores del horizonte argílico o kándico; 2. 12 kg/m² o más de carbono orgánico entre la superficie del suelo mineral y una profundidad de 100 cm.

➤ **Microcuenca Tapasle**

El área total de la microcuenca presenta suelos de orden Molisol en un 14.3 % (1, 695.5 ha) y suelos de orden Alfisol en un 85.7% (10, 223.93 ha).

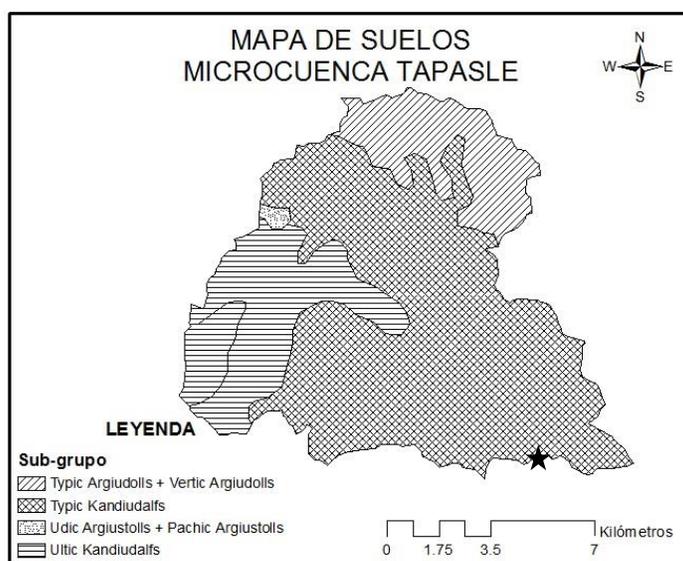


Figura 17. Mapa de sub-grupo de suelos de la microcuenca de Tapasle

Cuadro 21. Orden y Sub-grupos de suelo de microcuenca de Tapasle

Orden	Régimen de humedad del suelo	Elementos formativos del gran grupo	Categorías de subgrupos	Gran Grupo	Área (ha)	%
Alfisol (alfs)	Ústico (ud)	Presencia de horizonte kándico o argílico débil	Suelo típico o de los más comunes (Typic)	Typic Kandiudalfs	7743.02	64.96

		(Kandi)	(Ultic)	Ultic Kandiudalfs	2480.90	20.81
Molisol (olls)	Údico (ud)	Presencia de un horizonte argílico Bt (Arg)	Suelo típico o de los más comunes (Typic) Presencia de un horizonte vértico (Vertic)	Typic Argiudolls + Vertic Argiudolls	1635.02	13.72
	Ústico (ust)	Presencia de un horizonte argílico Bt (Arg)	Único para molisoles, color mólico entre 50 y 60 cm de profundidad (Pachic)	Udic Argiustolls + Pachic Argiustolls	60.41	0.51

Régimen de humedad Údico

Es un suelo cuyo régimen de humedad no se presenta seco por más de 90 días consecutivos en un año. Característico de zonas húmedas, donde la evapotranspiración es menor a la precipitación.

Régimen de humedad Ústico

Es un régimen en transición entre el régimen arídico y el údico. Puede presentar sequedad en 90 días consecutivos y presentar temperaturas promedias anuales en el suelo de 22°C.

Orden Alfisol

Son suelos que maduros o desarrollados que presentan un horizonte subsuperficial con traslocación de arcilla de carácter iluvial desde la parte superficial del perfil hasta su deposición en un horizonte subyacente (horizonte argílico (Bt) o kándico). Tienen una saturación de bases mayor del 35% a una profundidad de 125 cm por debajo del límite superior del horizonte argílico, nátrico o kándico.

Subgrupos Alfisol

Typic Kandiustalfs - Tiene un horizonte kándico¹ y no tienen un decrecimiento de arcilla con el incremento de la profundidad de 20% o más.

Tiene una Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) aparente de 16 cmol o menos por kg de arcilla y una CIC Efectivo aparente de 12 cmol o menos por kg de arcilla. Esto indica que son arcillas de baja actividad lo que le confieren una baja o media fertilidad a los suelos del municipio. Son moderadamente profundos a profundos, de color pardo amarillento oscuro y franco arcillo arenosos en la superficie, café fuerte en el subsuelo, bien drenados (UNA-BM, 2013).

Ultic Kandiudalfs - Tiene un horizonte kándico² y no tienen un decrecimiento de arcilla con el incremento de la profundidad de 20% o más.

Orden Molisol

Son suelos con un epipedón mólico (alto contenido de materia orgánica) ó un horizonte superficial que reúne todos los requisitos de un epipedón mólico y que está dentro de la parte superior de un horizonte argílico, kándico o nátrico. Suelos con una saturación de

¹ El horizonte kándico es un horizonte sub-superficial continuo que subyace a un horizonte sub-superficial de textura gruesa.

bases de 50 por ciento o mayor en todos los horizontes, suelos profundos de estructura granular y textura franca.

Subgrupos Molisol

Typic Argiudolls + Vertic Argiudolls

Typic - Suelos profundos a moderadamente profundos, cuya característica principal es que presentan un horizonte mólico, que yace sobre un horizonte arcilloso con evidencias migración de arcillas (horizonte argílico); tienen color café oscuro en la superficie y pardo rojizo oscuro en el subsuelo, con drenaje moderado, buena capacidad de retención de humedad.

Vertic – Presentan un horizonte vértico con grietas dentro de los 125 cm de la superficie del suelo mineral de 5mm o más a través de un espesor de 30 cm o más en años normales y caras de fricción o agregados en forma de cuña en una capa de 15 cm o más de espesor que tiene su límite superior dentro de los 125 cm de la superficie del suelo mineral; o una extensibilidad lineal de 6.0 cm o más entre la superficie del suelo mineral y ya sea una profundidad de 100 cm o un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera que esté menos profundo.

Udic Argiustolls + Pachic Argiustolls

Udic - Suelos profundos a moderadamente profundos, que se caracterizan por presentar un horizonte mólico, que yace sobre un horizonte arcilloso con evidencias migración de arcillas (horizonte argílico); tienen color café oscuro en la superficie y pardo rojizo oscuro en el subsuelo, drenaje moderado, buena capacidad de retención de humedad.

Pachic – Otros Argiudolls de horizonte mólico de 50 y 60 cm de profundidad y de textura franco arenosa que yace sobre un horizonte arcilloso con evidencias migración de arcillas (horizonte argílico).

5.1.4 Clima y balance hídrico de suelo con escenarios climáticos actuales y futuros

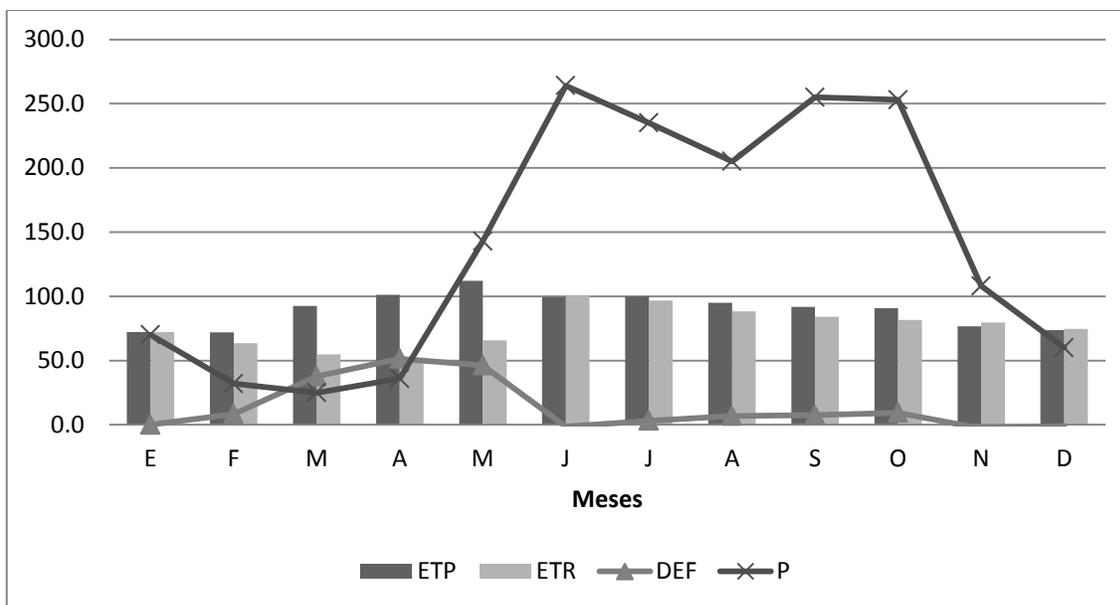
5.1.4.1 Balance hídrico de suelo con clima actual

5.1.4.1.1 Balance hídrico de suelo de la microcuenca Las Escaleras

La base de datos analizada del clima comprende los años hidrológicos (1963-2010) de la estación meteorológica del Municipio de San Ramón. Se utilizaron los datos climáticos para las fincas “El Plan” y “La Loma” con las coordenadas (X: 623723; Y: 1436531) y el orden de suelo Alfisol (CRAD=90.3mm).

Los excedentes de agua en el suelo se presentan entre los meses de mayo y noviembre, que son los meses en los que la Precipitación (P) supera a la Evapotranspiración Potencial (ETP). A partir del mes de diciembre la precipitación disminuye, dando inicio a la temporada seca, es entonces cuando inicia la utilización de la reserva de agua en el suelo por la vegetación.

El déficit de agua en el suelo inicia a partir del mes de febrero y se prolonga hasta el mes de junio, el déficit se acentúa durante los meses de marzo y abril. Con el inicio de las precipitaciones en mayo, comienza la reposición de agua en el suelo, disminuyendo de ésta manera el déficit de agua. Cuando la ETP y la Evapotranspiración Real (ETR) son iguales y la precipitación es superior a éstas, inicia el proceso de excedentes, que corresponde al mes de junio.



Leyenda: ETP: Evapotranspiración, ETR: Evapotranspiración Real, DEF: déficit, P: precipitación.

Figura 18: Períodos de exceso y déficit de agua para el orden de suelos Alfisoles con clima actual de la microcuenca Las Escaleras, Municipio de San Ramón, Matagalpa.

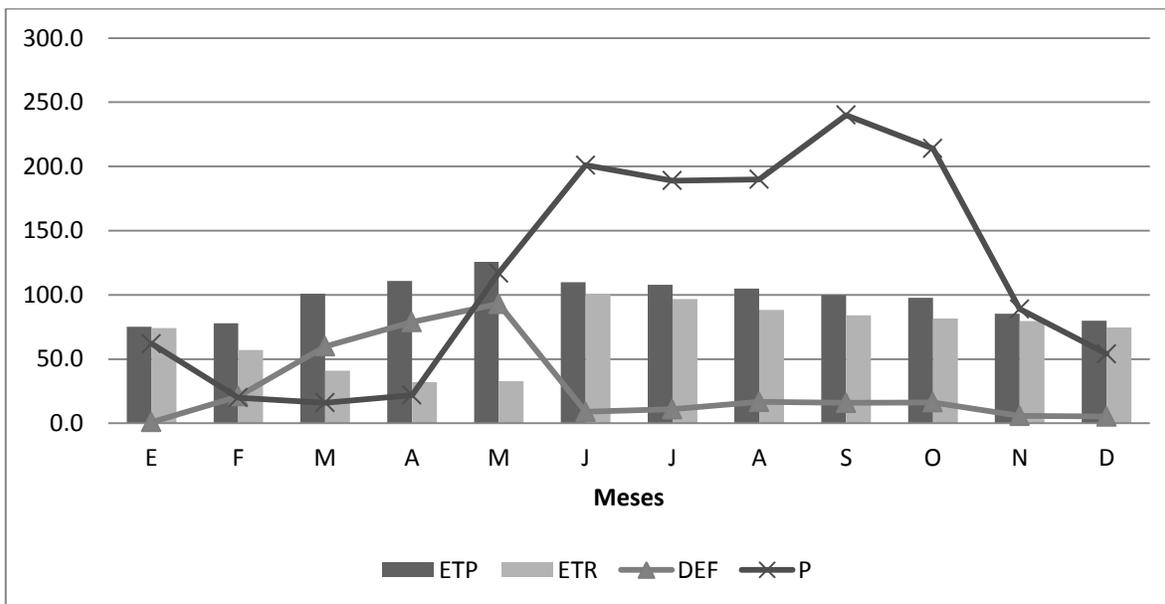
5.1.4.1.2 Balance hídrico de suelo de la microcuenca Tapasle

La base de datos analizada del clima comprende los años hidrológicos (1963-2010) de la estación meteorológica del Municipio de San Ramón. Se utilizaron los datos climáticos para la finca “Las Mercedes” con las coordenadas (X: 631299; Y: 1420122) y el orden de suelo Alfisol (CRAD=90.3mm).

Los excedentes de agua en el suelo se presentan entre los meses de mayo y noviembre que son los meses en los que la Precipitación (P) supera a la Evapotranspiración Potencial (ETP). A partir del mes de noviembre la precipitación disminuye, dando inicio de la temporada seca, es entonces cuando inicia la utilización de la reserva de agua en el suelo por la vegetación.

El déficit de agua en el suelo inicia a partir del mes de enero y se prolonga hasta el mes de junio, el déficit se acentúa durante los meses de marzo, abril y mayo. Con el inicio de las

precipitaciones en mayo, comienza la reposición de agua en el suelo, disminuyendo de ésta manera el déficit de agua. Cuando la ETP y la Evapotranspiración Real (ETR) son iguales y la precipitación es superior a éstas, inicia el proceso de excedentes, que corresponde al mes de junio.



Leyenda: ETP: Evapotranspiración, ETR: Evapotranspiración Real, DEF: déficit, P: precipitación.

Figura 19: Períodos de exceso y déficit de agua para el orden de suelos Alfisoles con clima actual de la microcuenca Tapasle, Municipio de San Ramón, Matagalpa.

5.1.4.2 Balance hídrico de suelo con clima futuro

5.1.4.2.1 Balance hídrico de suelo de la microcuenca Las Escaleras clima futuro

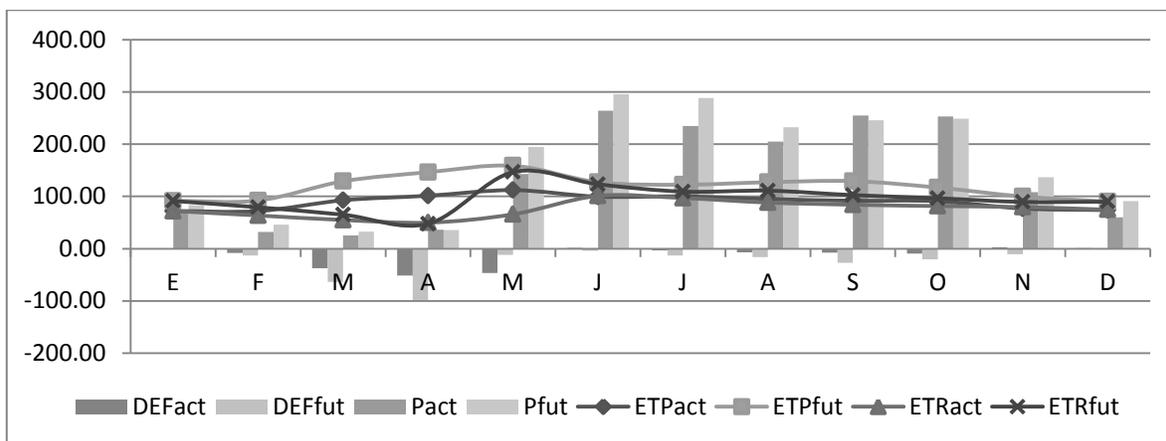
Según los 19 modelos GCM, Modelos de Clima Global por sus siglas en inglés, predicen que los suelos en el municipio, tendrán un déficit de agua más acentuado del que hoy día tienen, sobre todo en los meses de mayo y junio; esto fundamenta la urgencia de tomar medidas de adaptación ante el cambio climático (UNA-BM, 2013).

Al analizar los datos de **temperatura** se puede notar un aumento de 3 grados entre el clima actual (2010) y clima futuro (2050). El mes de mayo corresponde al más caliente del año (23.8°C) y será aún más caliente en 2050 en que se prevé que alcance unos 27.10°C. Esto puede afectar a algunos cultivos como el café, con afectaciones de estrés térmico ya que la temperatura optima máxima para café es 23 grados, al alcanzar los 24 grados algunas medidas de adaptación pudieran funcionar; sin embargo al alcanzar los 27 grados, la inviabilidad del cultivo puede ser una realidad (UNA-BM, 2013).

Cuadro 22: Temperatura y precipitación con datos climáticos actuales y futuros para la microcuenca Las Escaleras.

Microcuenca Las Escaleras (Coordenadas: X:623738;Y:1436658)						
Meses	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)		
	Futuro (2050)	Actual (2010)	Diferencia	Futuro (2050)	Actual (2010)	Diferencia
Enero	23.80	21.00	2.80	83.06	70.00	13.06
Febrero	24.30	21.50	2.80	45.70	32.00	13.70
Marzo	25.90	22.60	3.30	32.38	25.00	7.38
Abril	26.90	23.40	3.50	35.66	36.00	-0.34
Mayo	27.10	23.80	3.30	194.45	143.00	51.45
Junio	25.50	22.90	2.60	295.73	264.00	31.73
Julio	25.00	22.70	2.30	288.51	235.00	53.51
Agosto	25.50	22.50	3.00	232.17	205.00	27.17
Septiembre	26.00	22.60	3.40	245.78	255.00	-9.22
Octubre	25.30	22.60	2.70	248.43	253.00	-4.57
Noviembre	24.50	21.60	2.90	136.70	108.00	28.70
Diciembre	23.60	21.10	2.50	91.26	60.00	31.26
Promedio(°C)/ Total (mm)	25.28	22.36	2.93	1,929.82	1,686.00	243.82

En términos generales **la precipitación** total anual en la microcuenca de Las Escaleras para el año 2050 aumentará en 242.82 mm, presentándose el mayor incremento en los meses de Mayo y Julio (51.45 y 53.51 mm respectivamente). El aumento en la cantidad total de la precipitación podría explicarse haciendo referencia a la ley física (la relación Clausius-Clapeyron) que determina que la capacidad de retención de agua de la atmósfera se incrementa en un 7% por cada 1°C de aumento en la temperatura. Esto, sumado al aumento del vapor de agua en la atmósfera ($\approx 5\%$) debido al incremento de la temperatura sobre los océanos resulta en precipitaciones más intensas y hay más posibilidades de sucesos aún más fuertes cuando se incrementan las cantidades totales de precipitación (IPCC, 2007).



Leyenda: ETPact: Evapotranspiración Actual, ETPfut: Evapotranspiración futura, ETRact: Evapotranspiración Real Actual, Evapotranspiración Real Futura, DEFact: déficit actual; DEFfut: déficit futuro (en el área negativa), Pact: precipitación actual, Pfut: Precipitación futura (en el área positiva).

Figura 20: Períodos de exceso y déficit de agua para el orden de suelos Alfisoles con clima actual y futuro de la microcuenca Las Escaleras, Municipio de San Ramón, Matagalpa.

Desde el punto de vista del **balance hídrico de los suelos**, se prevé que en el 2050 habrá un incremento el déficit de agua en el suelo en los meses de marzo (69.4%) y abril (91.43%) con respecto al año 2010. La Evapotranspiración Potencial (ETP) futura con respecto al clima actual alcanza los mayores valores en el mes de mayo con un incremento del 73.8% con respecto al clima actual. El calentamiento acelera el secado de la superficie del suelo e incrementa la posible incidencia y severidad de las sequías (IPCC, 2007). Por tanto se debe considerar medidas de adaptación al cambio climático orientadas a la protección de las

fuentes de agua, mejoramiento de la cobertura vegetal y la sensibilización de la población en temas ambientales y de gestión de los recursos hídricos (UNA-BM, 2013).

5.1.4.2.2 Balance hídrico de suelo de la microcuenca Tapasle clima futuro

Según los 19 modelos GCM, Modelos de Clima Global por sus siglas en inglés, predicen que los suelos en el municipio, tendrán un déficit de agua más acentuado del que hoy día tienen, sobre todo en los meses de mayo y junio; esto fundamenta la urgencia de tomar medidas de adaptación ante el cambio climático (UNA-BM, 2013).

Al analizar los datos de **temperatura** se puede notar un aumento de 3 grados entre el clima actual (2010) y clima futuro (2050). El mes de mayo corresponde al más caliente del año (25°C) y será aún más caliente en 2050 en que se prevé que alcance unos 28°C. Las altas temperaturas (especialmente las temperaturas nocturnas por encima de 18 °C) y la sequía afectarán sustancialmente a la producción de biomasa y las etapas reproductivas del maíz y el frijol (Eitzinger et al, 2012). Esto afectaría en la producción de granos básicos, leche y carne de las fincas de doble propósito como Las Mercedes.

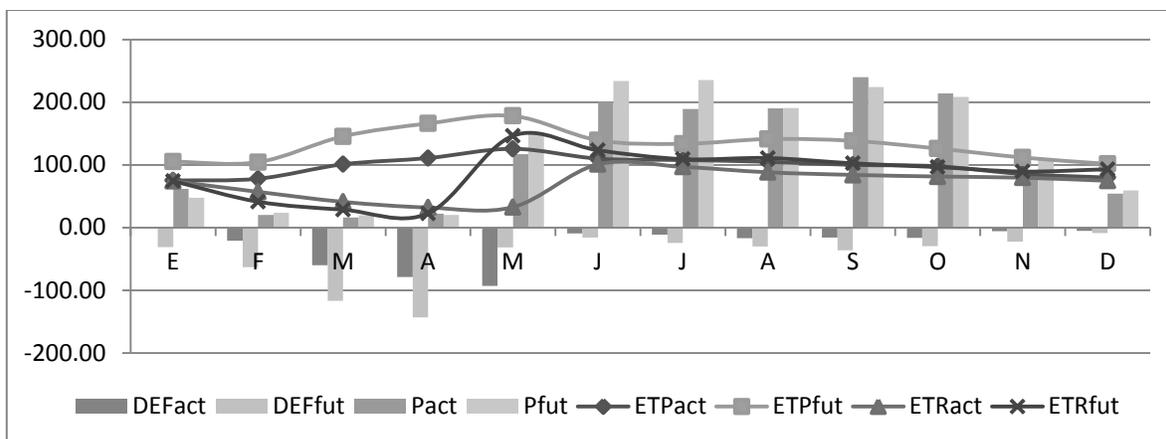
Cuadro 23: Temperatura y Precipitación con datos climáticos actuales y futuros para la Microcuenca Tapasle.

Microcuenca Tapasle (Coordenadas: X:631299;Y:1420122)						
Meses	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)		
	Futuro (2050)	Actual (2010)	Diferencia	Futuro (2050)	Actual (2010)	Diferencia
Enero	25.00	21.70	3.30	47.65	62.00	-14.35
Febrero	25.40	22.50	2.90	23.64	20.00	3.64
Marzo	26.90	23.60	3.30	19.48	16.00	3.48
Abril	27.90	24.40	3.50	20.33	22.00	-1.67
Mayo	28.00	25.00	3.00	148.86	117.00	31.86
Junio	26.30	24.00	2.30	233.95	201.00	32.95
Julio	25.80	23.60	2.20	235.57	189.00	46.57
Agosto	26.40	23.60	2.80	190.86	190.00	0.86

Septiembre	26.60	23.60	3.00	224.25	240.00	-15.75
Octubre	26.00	23.50	2.50	208.53	214.00	-5.47
Noviembre	25.50	22.80	2.70	109.73	89.00	20.73
Diciembre	24.70	22.10	2.60	59.29	54.00	5.29
Promedio(°C)/ Total(mm)	26.21	23.37	2.84	1,522.14	1,414.00	108.14

En términos generales la **precipitación total anual** en la microcuenca de Tapasle para el año 2050 aumentará en 108.14 mm, presentándose el mayor incremento en los meses de Junio y Julio (32.95 y 46.57 mm respectivamente).

Desde el punto de vista del **balance hídrico de los suelos**, se prevé que en el 2050 habrá un incremento el déficit de agua en el suelo en los meses de marzo (95.17%) y abril (81.83%) con respecto al año 2010. La Evapotranspiración Potencial (ETP) futura con respecto al clima actual alcanza los mayores valores en el mes de con un incremento del 49.77% con respecto al clima actual. El calentamiento acelera el secado de la superficie del suelo e incrementa la posible incidencia y severidad de las sequías (IPCC, 2007). Por tanto se debe considerar medidas de adaptación al cambio climático orientadas a la protección de las fuentes de agua, mejoramiento de la cobertura vegetal y la sensibilización de la población en temas ambientales y de gestión de los recursos hídricos (UNA-BM, 2013).



Leyenda: ETPact: Evapotranspiración Actual, ETPfut: Evapotranspiración futura, ETRact: Evapotranspiración Real Actual, Evapotranspiración Real Futura, DEFact: déficit actual; DEFfut: déficit futuro (en el área negativa), Pact: precipitación actual, Pfut: Precipitación futura (en el área positiva).

Figura 21: Períodos de exceso y déficit de agua para el orden de suelos Alfisoles con clima actual y futuro de la microcuenca Las Escaleras, Municipio de San Ramón, Matagalpa.

5.2 Caracterización de fincas del estudio

5.2.1 Descripción de las fincas del estudio

➤ Finca “El Plan”

La finca “El Plan” es propiedad del productor **Jesús Matamoros** y la productora **Erlinda Urbina**, está ubicada en la comarca de Las Escaleras, municipio de San Ramón. Las coordenadas de su ubicación son 12° 59' 35.4" N y 85° 51' 32.5" O con una elevación de 760 m.s.n.m.

La propiedad tiene una extensión de 2.5 ha que corresponden a suelos mólicos (Catastro, 1973) y presenta una topografía en su mayor parte fuertemente ondulada a quebrada (92.3%), con áreas con pendientes de ligeramente ondulado a ondulado (3.85%) y moderadamente escarpado (3.85%).

➤ **Finca “La Loma”**

La finca “**La Loma**” es propiedad del productor **José Pérez y Gloria Vargas**, colinda con la finca “**El Plan**”. Las coordenadas de su ubicación son $12^{\circ} 59' 31.3''\text{N}$ y $85^{\circ} 51' 33.1''\text{O}$ con una elevación de 780 m.s.n.m.

La propiedad tiene una extensión de 3.7 ha que corresponden a suelos mólicos (Catastro, 1973) y presenta una topografía en su mayor parte moderadamente escarpada (46.6%) y fuertemente ondulada a quebrada (35.6%), con una pequeña área de relieve ligeramente ondulado a ondulado (3.85%).

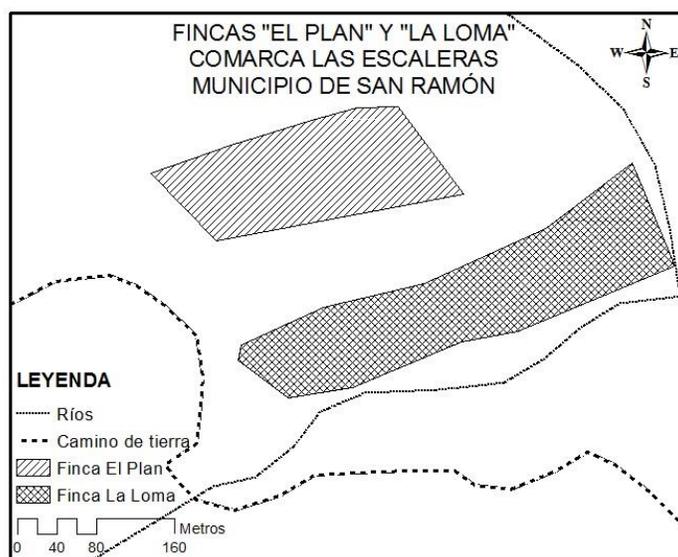


Figura 22. Mapa de las fincas El Plan y La Loma

➤ **Finca “Las Mercedes”**

La finca “**Las Mercedes**” es propiedad de los productores **Carlos Córdoba y Blanca Córdoba**, se encuentra ubicada en el kilómetro 165 de la carretera San Ramón-Muy Muy. Las coordenadas de su ubicación son $12^{\circ} 50' 36.1''\text{N}$ y $85^{\circ} 47' 24.2''\text{O}$ con una elevación de 588 m.s.n.m.

La propiedad tiene una extensión de 65 ha que corresponden al orden de suelos Alfisoles (Catastro, 1973) y presenta una topografía en su mayor parte (53%) de fuertemente ondulada a moderadamente escarpada, con áreas casi planas (5%), ligeramente onduladas (17%) y muy escarpado a montañoso (24%).

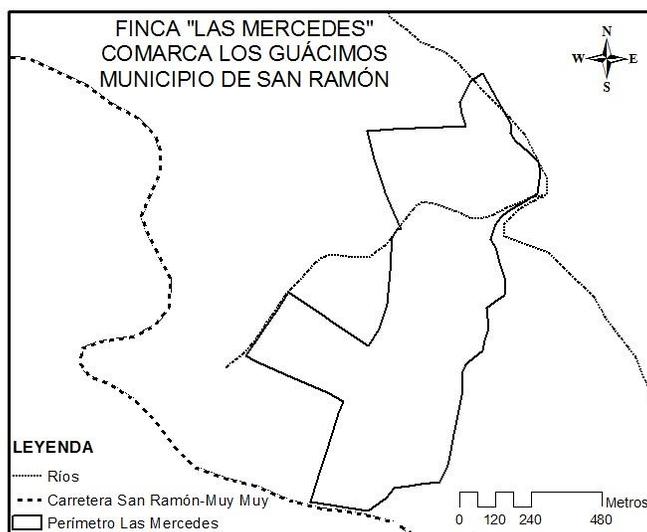


Figura 23. Mapa de la finca Las Mercedes

5.2.2 Uso actual del suelo

➤ Finca “El Plan”

La figura 24 corresponde a la georreferenciación de los usos del suelo en la finca “El Plan” y en el cuadro 24 se muestra el área que ocupan (ha) dentro de la finca. Los usos predominantes son café con sombra (63.08%) y café en asocio con cacao bajo sombra (25.09%).

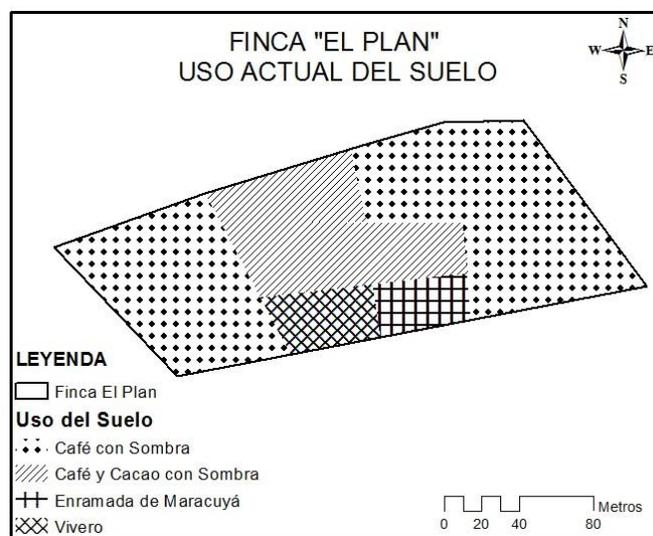


Figura 24. Mapa de uso actual de la finca El Plan

Cuadro 24. Distribución del uso del suelo en la finca El Plan

Uso del Suelo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Café con Sombra	1.61	63.08
Café y Cacao con Sombra	0.64	25.09
Enramada de Maracuyá	0.13	5.24
Vivero	0.17	6.59
Área Total	2.55	100.00

➤ **Finca “La Loma”**

La figura 25 corresponde a la georreferenciación de los usos del suelo en la finca “La Loma” y en el cuadro 25 se muestra el área que ocupan (ha) dentro de la finca. Los usos predominantes son café con sombra (21.71%) y enramada de maracuyá (16.59%).

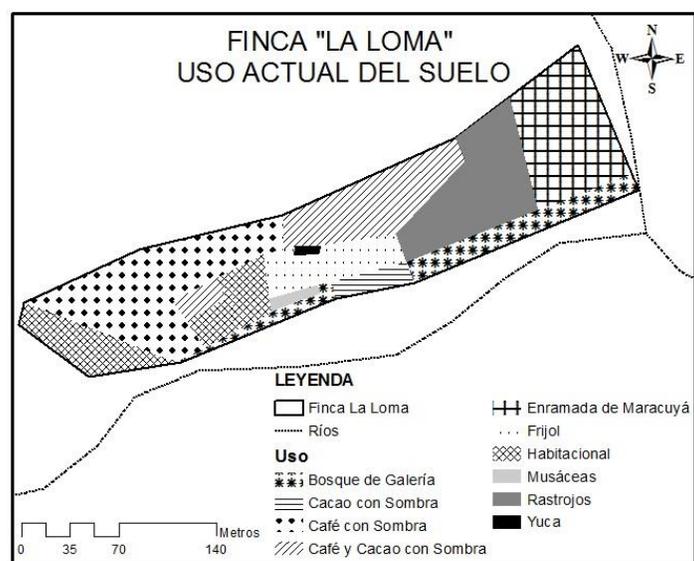


Figura 25. Mapa de uso actual de la finca La Loma

Cuadro 25. Distribución del uso del suelo en la finca La Loma

Uso del Suelo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bosque de Galería	0.34	9.24
Cacao con Sombra	0.08	2.20
Café con Sombra	0.79	21.71
Café y Cacao con Sombra	0.53	14.59
Enramada de Maracuyá	0.60	16.59
Frijol	0.26	7.04
Habitacional	0.44	12.22
Musáceas	0.03	0.82
Rastrojos	0.56	15.30
Yuca	0.01	0.31
Área Total	3.63	100.00

➤ **Finca “Las Mercedes”**

La figura 26 corresponde a la georreferenciación de los usos del suelo en la finca “Las Mercedes” y en el cuadro 26 se muestra el área que ocupan (ha) dentro de la finca. Los usos predominantes son potreros (51.96%) y bosque secundario (22.93%).

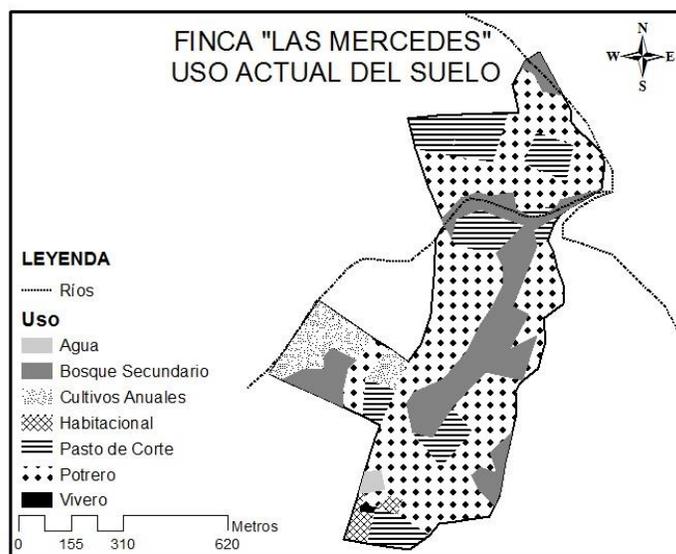


Figura 26. Mapa de uso actual de la finca Las Mercedes

Cuadro 26. Distribución del uso del suelo en la finca Las Mercedes

Uso del Suelo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Agua	0.41	0.65
Bosque Secundario	14.42	22.93
Cultivos Anuales	4.07	6.47
Habitacional	0.96	1.53
Pasto de Corte	10.25	16.31
Potrero	32.67	51.96
Vivero	0.09	0.15
Área Total	62.87	100.00

5.2.3 Inventario de vegetación en sistemas de café bajo sombra

5.2.3.1 Inventario de especies

En la figura 27 se aprecian las 4 parcelas de inventario, se establecieron 2 en la finca “El Plan” en los lotes “Guabal” (6 años) y “Ceiba” (8 años) y 2 en la finca “La Loma” en los lotes “Elba” (6 años) y “Río” (10 años).

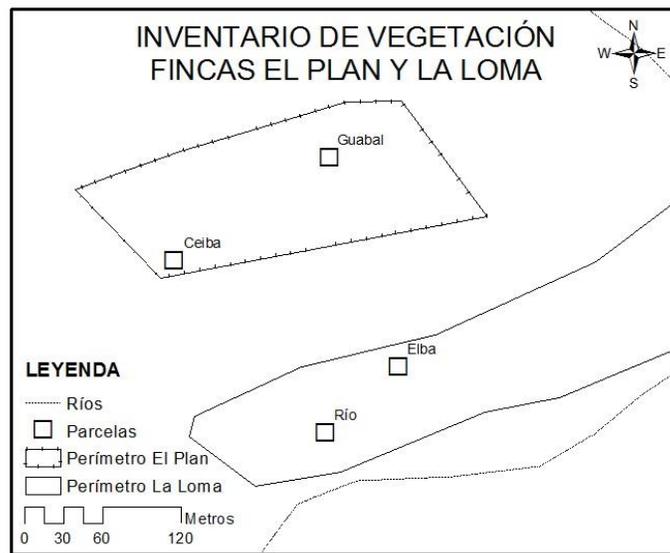


Figura 27. Distribución de las parcelas del inventario de vegetación

El componente arbóreo está integrado por **131 individuos** en las 4 parcelas de estudio (**2000 m²**), lo que puede extrapolar a una **abundancia de 665 indiv/ha**. Este ecosistema productivo humanizado presenta una abundancia mayor que los ecosistemas alterados en Bosawás (420 indiv/ha) y que los ecosistemas conservados del Parque Ecológico Municipal Canta Gallo (616 indiv/ha) (Noguera, A., 2010).

Con un total de **30 especies** inventariadas, de las cuales las especies más abundantes fueron Guaba Negra (20), Guaba Roja (15), Laurel (12), Mango (12), Caoba (8) y Mandarina (8). Las **6 especies más comunes**, representan el 57.25% de todos los individuos arbóreos. Las Guabas (Roja y Negra) son fijadoras biológicas de nitrógeno y sirven para leña; Laurel y

Caoba son árboles de madera preciosa; y, Mango y Mandarinas proveen de frutas para consumo interno o venta.

Tanto los productores como los técnicos de CECOCAFEN expresaron su preferencia por introducir las Guabas (especialmente Roja y Ceniza) en los cafetales. Las Guabas (*Ingas*) se utilizan principalmente como sombra en cafetales por sus frutos y leña pero otra característica importante de estos árboles es su capacidad de fijar nitrógeno y el hecho de que la hojarasca de algunas especies mejora notablemente la fertilidad del suelo (Zamora, N., Pennington, T. 2001).

Cuadro 27. Inventario de especies en sistemas de café bajo sombra

N	Especie	Nombre científico	El Plan		La Loma		Total General	%	Uso
			1	2	3	4			
1	Aguacate	<i>Persea americana</i>				1	1	0.76	F
2	Aguacate Canelo	<i>Cinnamomun triplinerve</i>		2		2	4	3.05	M
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>			2		2	1.53	F
4	Caoba	<i>Swietenia sp.</i>			8		8	6.11	M
5	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>		1			1	0.76	M
6	Chaperno	<i>Lonchocarpus sp.</i>		1			1	0.76	L
7	Coyote	<i>Platymiscium parviflorum</i>				1	1	0.76	M
8	Cupania	<i>Cupania glabra</i>		1			1	0.76	M
9	Gavilán	<i>Albizia adinocéphala</i>		2	3	2	7	5.34	M
10	Guaba Caite	<i>Inga vera</i>	1				1	0.76	FN, L
11	Guaba Cuajiniquil	<i>Inga densiflora</i>	2				2	1.53	FN, L
12	Guaba Negra	<i>Inga oerstediana</i>	9	1	4	6	20	15.27	FN, L
13	Guaba Roja	<i>Inga punctata</i>	15				15	11.45	FN, L
14	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>			1	2	3	2.29	L
15	Guanábana	<i>Annona muricata</i>				2	2	1.53	F
16	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>				4	4	3.05	F

17	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>		2	8	2	12	9.16	M
18	Lengua de Vaca	<i>Psidia carthagenensis</i>	1				1	0.76	L
19	Macuelizo	<i>Tabebuia rosea</i>		2	2		4	3.05	M
20	Madero Negro	<i>Gliricidia sepium</i>		2	1		3	2.29	FN, L
21	Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>			7	1	8	6.11	F
22	Mango	<i>Mangifera indica</i>	4	2	3	3	12	9.16	F
23	Muñeco	<i>Cordia coloco</i>	1				1	0.76	M
24	Nancite	<i>Byrsonima crassifolia</i>		3			3	2.29	F
25	Naranja	<i>Citrus nobilis</i>		3			3	2.29	F
26	Nogal	<i>Junglans sp.</i>				1	1	0.76	M
27	Pera de Agua	<i>Syzygium malaccense</i>		1	2	1	4	3.05	F
28	Senna	<i>Senna papillosa</i>		2	2		4	3.05	M
29	Tabacón	<i>Solanum sp.</i>		1			1	0.76	L
30	Zopilocuabo	<i>Piscidia sp.</i>		1			1	0.76	L
Total general			33	27	43	28	131	100	

Usos: L=Leña, FN=Fijación de Nitrógeno, M=Madera, F=Fruto

Lote: 1=El Guabal, 2=La Ceiba, 3=El Elba y 4=El Río

5.2.3.2 Cálculo de biodiversidad

Los cafetales **El Elba**, **El Río** y **La Ceiba** presentan un índice de Shannon entre 2 y 3 lo que indica valores medios para este índice de diversidad, comparados con la alta diversidad que presentan los ecosistemas naturales alterados de la Reserva Natural Bosawás (3.68) y los ecosistemas naturales conservados como la Reserva Biológica Indio Maíz (3.60) (Noguera, A., 2010). El cafetal **El Guabal** presenta un índice inferior a 2, lo que indica una diversidad baja, esto debido a que se compone principalmente de Guabas.

Cuadro 28. Diversidad florística basada en el índice de Shannon Wiener

Fincas	Lote	N° de individuos	N° de especies	Índice de Shannon - Wiener
Loma	Elba	43	12	2.26
Plan	Guabal	33	7	1.46
Loma	Río	28	13	2.38
Plan	Ceiba	27	16	2.69

Índice Shannon-Wiener empleando software EstimateS 9.0

A pesar de la baja diversidad florística de los cafetales a comparación de los bosques, los árboles de sombra inmersos en estos sistemas constituyen un elemento importante que atrae a las aves, como consecuencia de la disponibilidad de recursos alimenticios presentes, por ejemplo *Inga spp*, *Mangifera indica*, *Ficus spp.*, *Citrus spp.*, entre otros (González, M., Enríquez, P., Rangel, J., García, C. 2012).

La matriz cafetalera puede ser entonces, el medio por el cual los movimientos puedan ocurrir y por consiguiente evitar el proceso de convertir las extinciones locales en extinciones regionales e incluso globales (Vandermeer y Carvajal 2001).

5.2.3.3 Captura de carbono

Los sistemas que presentan mayor cantidad de carbono capturado corresponden a El Río (37.68 ton/ha) y a la Ceiba (32.84 ton/ha), ambos sistemas agroforestales son los que tienen una baja densidad de arbórea (540 y 560 árboles/ha) respectivamente y son los de mayor edad.

En términos de captura de carbono, como promedio a nivel de finca se determinó que:

- La finca “**El Plan**” de Jesús Matamoros tiene un rango de captura de carbono que varía entre **19.16 ± 32.84 ton/ha**.
- La finca “**La Loma**” de José Adán Pérez tiene un rango de captura de carbono que varía entre **33.16 ± 37.68 ton/ha**.

Cuadro 29. Total de captura de carbono ton/ha

Lote	Densidades (individuos/ha)			Biomasa (Ton/ha)				Carbono (Ton/ha)			
	Arb	Musa	Café	Arb	Musa	Café	Total	Arb	Musa	Café	Total
La Ceiba	540	80	5000	61.52	0.18	3.97	65.67	30.76	0.09	1.98	32.84
El Guabal	660	260	5000	33.32	1.03	3.97	38.31	16.66	0.51	1.98	19.16
El Elba	860	380	5000	62.81	1.38	2.12	66.31	31.41	0.69	1.06	33.16
El Río	560	400	5000	72.44	0.81	2.12	75.36	36.22	0.40	1.06	37.68

Abreviaciones: Arb=Árboles, Musa=Musáceas, Café=Cafetos

5.2.4 Muestreo de suelos

5.2.4.1 Localización de los sitios de muestreo

Se establecieron 10 sitios de muestreo, 4 en la finca “El Plan”, 2 en la finca “La Loma” y 4 en la finca “Las Mercedes”. Los puntos en la figura 28 corresponden a las coordenadas GPS de cada sitio de muestreo, se hace referencia a los números de la figura en el Cuadro 30, en la cual se observa el tipo de uso del suelo para cada sitio de muestreo.

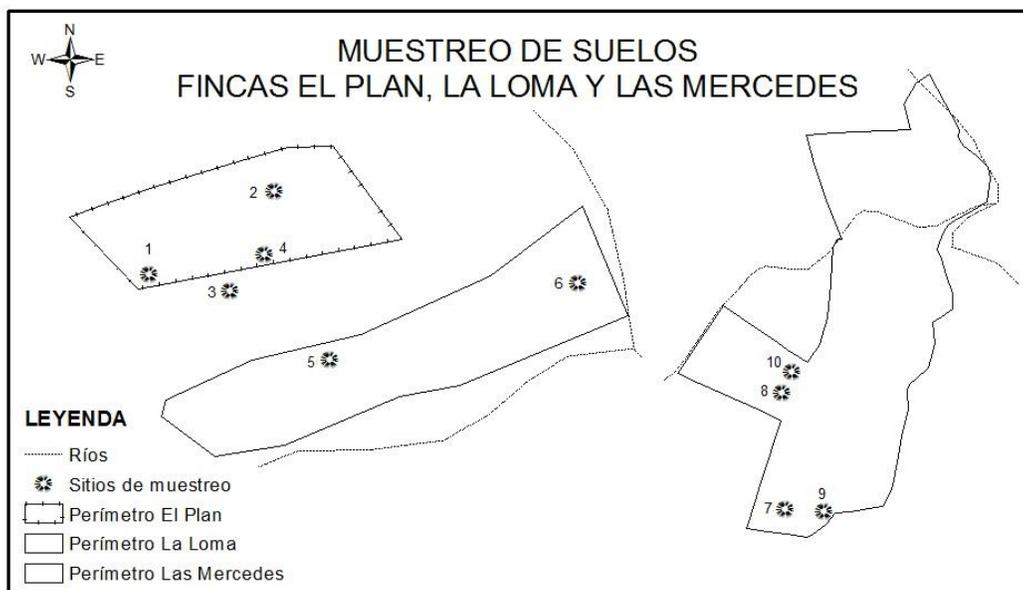


Figura 28. Ubicación de los sitios muestreados

Cuadro 30. Nombre del lote y uso del suelo en el sitio muestreado

Sitio de muestreo	Finca	Nombre del lote	Uso del suelo
1	El Plan	Ceiba	Café con sombra diversificada
2		Guabal	Café con sombra de guabas
3		Canavalia	Recuperación de suelos con canavalia
4		Maracuyá 1	Enramada de maracuyá
5	La Loma	Elba	Café con sombra diversificada
6		Maracuyá 2	Enramada de maracuyá
7	Las Mercedes	Tanque Azul	Potrero con pasto mejorado
8		Taiwán	Pasto de corte
9		Sumidero	Potrero con grama natural
10		Maíz-Sorgo	Granos básicos

5.2.4.2 Interpretación de los resultados del muestreo de suelos

5.2.4.2.1 pH y materia orgánica

De los 10 puntos de muestreo, se seleccionaron 4 al azar y se enviaron las muestras al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria (UNA) para determinar el pH. En la Cuadro 31 se presentan ambos resultados: el pH tomado en campo y el pH tomado en laboratorio, esto facilita comparar los datos. Hay una ligera diferencia de >0.5 para cada dato, esto significa que la toma del pH utilizando un kit de campo posee igual validez que la toma en laboratorio.

Los usos de suelo: café con sombra de guabas, café con sombra diversificada, enramada de maracuyá y potrero con pasto mejorado son los que presentan un buen pH (entre 6.5 y 7.5 son óptimos para el desarrollo de los cultivos) y a su vez contienen materia orgánica en cantidades moderados tanto en la superficie así como a 10 cm de profundidad.

Cuadro 31. Datos de pH y materia orgánica

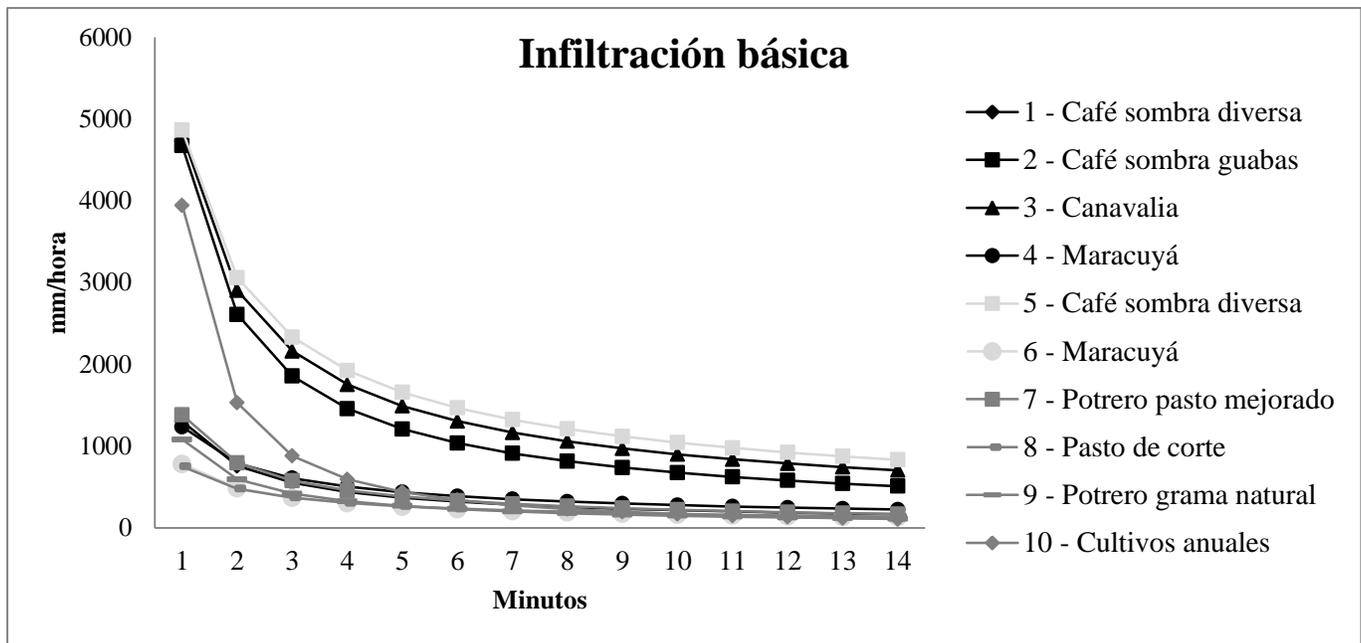
Finca	Sitio de muestreo	Uso del Suelo	pH (campo)	pH (lab)	M.O superficie	M.O a 10 cm de profundidad
El Plan	1	Café con sombra diversificada	4.8		Leve	Leve
	2	Café con sombra de guabas	6.5	6.01	Moderada	Moderada
	3	Cultivo de cobertura con canavalia	5.5	5.62	Moderada	Moderada
	4	Enramada de maracuyá	5.3		Moderada	Leve
La Loma	5	Café con sombra diversificada	6.5		Moderada	Moderada
	6	Enramada de maracuyá	6.3	6.85	Moderada	Moderada
Las Mercedes	7	Potrero con pasto mejorado	6.2	6.17	Moderada	Moderada
	8	Pasto de corte	6.3		Moderada	Leve
	9	Potrero con grama natural	5.7		Buena	Leve
	10	Granos básicos	6.2		Moderada	Leve

5.2.4.2.2 Textura, densidad aparente e infiltración básica

El lote de cultivo de cobertura con canavalia, finca el plan, presenta la **densidad aparente más baja** (1.024 g/cm^3). Una baja D.A indica presencia de espacios porosos, producto de la labor de recuperación de suelos con leguminosas, lo que favorece la capacidad de infiltración de agua en el suelo, es por ello que tiene un alto valor de infiltración básica (990 mm/h).

El uso de suelo café con sombra diversificada, finca la loma, posee la **infiltración básica más alta** (1080 mm/h), su D.A es de 1.345 g/cm^3 . El lote café con sombra de guabas, finca El Plan presenta a misma textura de suelo (Franco Limo Arenosa) y la misma D.A, con valor alto de infiltración básica (660 mm/h). Ambos lotes presentan una leve compactación en los suelos pero la presencia de hojarasca, producto del sistema agroforestal, favorece la infiltración de agua en el suelo.

En la finca “Las Mercedes” los lotes muestreados que tienen como uso de suelo potreros se encuentran compactados ($D.A > 1.40 \text{ g/cm}^3$), esto se debe principalmente al pisoteo del ganado (sobrepastoreo) y a la presencia de arcilla en el suelo. Una D.A alta puede afectar el desarrollo radicular de los pastos, e inhibe el movimiento del aire y el agua a través del suelo (USDA, 1999). La infiltración básica en el potrero con grama natural es la más baja de todas (120 mm/h) debido a que la textura del suelo es Arcillosa, de acuerdo con los comentarios del productor es un terreno que se encharca en invierno.



Referencias numéricas: finca “El Plan” (1, 2, 3 y 4), finca “La Loma (5 y 6) y finca “Las Mercedes (7, 8, 9 y 10).

Figura 29. Curvas de infiltración básica

Cuadro 32. Datos de densidad aparente, textura e infiltración básica

Finca	Sitio de muestreo	Uso del suelo	D.A	Textura	Infiltración básica	R ² curvas infiltración
El Plan	1	Café con sombra diversificada	1.138 g/cm ³	Franco Arcillo Limoso	180 mm/h	0.97378
	2	Café con sombra de guabas	1.345 g/cm ³	Franco Limo Arenosa	660 mm/h	0.90996
	3	Cultivo de cobertura con canavalia	1.024 g/cm ³	Franco Arcillo Limoso	990 mm/h	0.93348
	4	Enramada de	1.194 g/cm ³	Franco	300 mm/h	0.8167

		maracuyá		Arcillo Limoso		
La Loma	5	Café con sombra diversificada	1.345 g/cm ³	Franco Limo Arenosa	1080 mm/h	0.90842
	6	Enramada de maracuyá	1.45 g/cm ³	Franco Arcillo Limoso	180 mm/h	0.80647
Las Mercedes	7	Potrero con pasto mejorado	1.78 g/cm ³	Franco Arcillo Arenosa	180 mm/h	0.95248
	8	Pasto de corte	1.416 g/cm ³	Franco Arcilloso	180 mm/h	0.59104
	9	Potrero con grama natural	1.418 g/cm ³	Arcilloso	120 mm/h	0.83325
	10	Granos básicos	1.245 g/cm ³	Franco Arcillo Limoso	180 mm/h	0.83609

5.2.5 Prácticas de adaptación al cambio climático identificadas

La realización de los diagnósticos permitió la identificación de las problemáticas relacionadas al cambio climático en la zona, los recorridos guiados facilitaron el reconocimiento de las prácticas implementadas por los productores para contrarrestar los efectos del cambio climático, dichas prácticas se caracterizaron mediante información secundaria. Las mediciones efectuadas en el sitio, así como las encuestas realizadas a las familias productoras proporcionaron los datos para evaluar los beneficios de la implementación de las prácticas.

Las prácticas identificadas fueron el **cultivo de cobertura y/o abono verde** mediante el uso de la leguminosa *Cannavalia ensiformis*, la **diversificación de los medios de vida** con enramadas de *Pasiflora edulis* y el establecimiento de corrales para gallinas ponedoras, los **sistemas de café bajo sombra**, la **asociación de café y cacao**, la **cosecha de agua** y las **estrategias de alimentación de verano** para ganado bovino que comprenden el uso de forrajes, maíz hidropónico, cercas vivas, picadora y ensilaje.

5.2.5.1 Prácticas de adaptación al cambio climático, fincas La Loma y El Plan, Microcuenca Las Escaleras

Las fincas La Loma y El Plan, están ubicadas en la microcuenca de Las Escaleras, a una elevación de 780 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), con una temperatura promedio de 22.36°C. El rubro principal de las fincas es la producción de café bajo sombra, ambas fincas cuentan con la certificación “Comercio Justo” que garantiza un pago de 32\$ sobre el precio del mercado por cada quintal oro (1 QQ = 45.45 Kg) certificado.

5.2.5.1.1 Cultivo de cobertura y/o abono verde con *Cannavalia ensiformis*

➤ Problemática

Antes de ser productores de café, las fincas “La Loma” y “El Plan” se especializaban en la producción de granos básicos y ganadería. Con el tiempo, los suelos de las fincas se erosionaron y perdieron fertilidad debido a la falta de cobertura vegetal y la alta demanda en nutrientes de los granos básicos. Para compensar la deficiencia en nutrientes se aplicaban mayores cantidades de insumos químicos, aumentando los costos de producción y poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de las familias.

➤ Descripción de la práctica

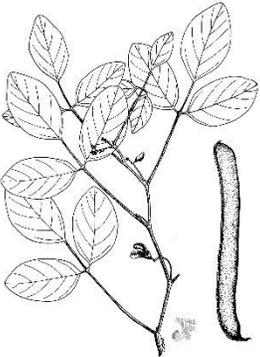
Cannavalia ensiformis o Frijol de chancho es una leguminosa herbácea, con raíces profundas que tolera la sequía y crece en suelos pobres. Es utilizada como cultivo de

cobertura y/o abono verde e insecticida. Permite la fijación de nitrógeno y al incorporarse como abono verde mejora la calidad del suelo.

La descomposición de la biomasa es rápida. La colocación de los residuos de la poda en el suelo, contribuye a mantener la humedad y aporta nitrógeno al suelo (PASOLAC, 1999). La *Cannavalia ensiformis* (frijol de Chanco) aporta 2,76% de nitrógeno, 0,65% de fósforo y 1,48% de potasio sobre materia seca (100 días experimentado en Nicaragua). El nitrógeno equivale a 90-360 lb/mz/año (MARENA-POSAF II, 2005).

Los productores realizan 3 ciclos de siembra de canavalia como cultivo de cobertura para el proceso de recuperación del suelo, se cosecha la semilla y se incorpora el rastrojo en el suelo como abono verde. En el 4to ciclo se establece canavalia en asocio con otros cultivos de valor nutricional como yuca (*Manihot esculenta*), cucurbitáceas y musáceas.

Cuadro 33. Ficha técnica de *Cannavalia ensiformis*

	Nombre Común	Canavalia o Frijol de Chanco
	Nombre Científico	<i>Cannavalia ensiformis</i>
	Familia	Leguminosa
	Ciclo vegetativo	Annual a perenne
	Adaptación pH	4.3 – 8.0
	Fertilidad de suelo	Baja
	Drenaje	Tolera encharcamiento moderado
	Altitud	0 – 900 (m.s.n.m.)
	Precipitación	900 – 1200 mm

Fuente: *Forrajes Multipropósitos, CIAT, 2011*

Ilustración: Fototeca TRAMIL

➤ Beneficios

Los datos del muestreo de suelos indican que el lote de cultivo de cobertura con canavalia posee la menor densidad aparente (1.024 g/cm^3) y la segunda mejor infiltración básica

(990 mm/h) de los 12 lotes muestreados. Esto indica que hay presencia de espacios porosos que aumentan considerablemente la infiltración de agua en el suelo y a su vez favorecen el desarrollo radicular de las plantas.

La canavalia produce de 0.8 – 4 toneladas de semilla por hectárea y se vende a criadores de cerdos por 24\$ el quintal (QQ). Esto representa un ingreso económico adicional a las familias productoras.

5.2.5.1.2 Diversificación de medios de vida

➤ Problemática

Las zonas cafetaleras se caracterizan por destinar todas las actividades productivas al establecimiento, desarrollo y cosecha del café. El rendimiento nacional promedio es de 8.5 QQ oro/ha (MAGFOR, 2013). El café oro se vende a un mercado que se caracteriza por ser inestable, con precios que oscilan entre 105.28\$/QQ oro a 136.45\$/QQ oro para Octubre 2013-Febrero 2014 (investing.com). Dependiendo del periodo, el ingreso anual de la venta de café para los productores de CECOCAFEN (que cuentan con aproximadamente 2 ha de café bajo sombra) fluctúa entre 1789.76\$ a 2319.65\$. La certificación comercio justo asegura un pago de 32\$ de sobrepago por cada quintal de café oro vendido, es decir 544\$ extra. El ingreso anual neto (sin incluir gastos de producción) para estas familias es de 2333.76\$ a 2863.65\$, lo que se traduce en menos de 8\$ diarios en una familia de 8 a 10 integrantes. Los productores reciben su pago en dos tiempos: cuando venden su cosecha a la cooperativa y cuando la cooperativa vende el grano al mercado nacional o internacional.

En el estudio titulado "bienestar de los agricultores de café en Nicaragua, México y Guatemala" se realizaron 33 encuestas a productores de café de Nicaragua, los resultados de las encuestas revelaban que estos agricultores sufrían de escasez de alimentos durante tres o cuatro meses al año. Los meses de abril-mayo-junio-julio fueron nombrados los "Meses flacos" que significaron los meses donde no había suficientes alimentos para

satisfacer las necesidades básicas nutricionales de la familia, lo que conllevaba a los productores a migrar en busca de trabajos temporales (Fujisaka S. 2007).

Al migrar durante los meses de escasez, los productores se iban a trabajar a otras fincas como jornaleros y dejaban la finca en abandono. Cuando regresaban, 1-2 meses después les tocaba mucho trabajo y más esfuerzos para volverla productiva. En los peores casos, las fechas adecuadas para cada labor (limpieza del terreno, siembra...) ya habían pasado y era difícil retomarlas por la llegada de las lluvias. Este fenómeno sólo contribuía a dificultar el acceso a los alimentos por parte de las familias.

➤ Descripción de la práctica

La diversificación de los medios de vida es un factor clave en la lucha contra el hambre en las zonas cafetaleras (Linne, K, 2010). La diversificación implica la producción de granos básicos como maíz (*Zea Mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), la siembra de tubérculos como malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) y yuca (*Manihot esculenta*), el cultivo de árboles frutales y musáceas para consumo, la producción de huevos y carne de pollo en corrales de gallinas (*Gallus gallus domesticus*) y el establecimiento de cultivos no tradicionales como la maracuyá (*Passiflora edulis*) para su venta en el mercado.



Figura 30. Fotografía de corral de gallinas ponedoras

La Calala o Maracuyá o Fruto de la Pasión (*Passiflora edulis*) es una enredadera trepadora que produce una baya oval redonda cuya pulpa es consumida en jugos, cocteles, pasteles, entre otros. El cultivo del maracuyá en las zonas cafetaleras surge como una alternativa productiva para contrarrestar la situación crítica que genera la baja en los precios del café.

Para el establecimiento del cultivo se requiere de enramadas de alambre galvanizado, lo que supone una considerable inversión inicial. Los insumos (alambres y plantas de maracuyá) para el establecimiento de la enramada tuvieron un costo de C\$ 7, 000 (US\$ 273) a pagarse en un plazo de 3 años con un periodo de gracia de 1 año. Esto permite que con la primera cosecha de las plantas de maracuyá el productor pueda ir pagando la inversión inicial. La particularidad de este cultivo es que su establecimiento se puede llevar a cabo en los tiempos en que el café no está en producción, tiene buenos rendimientos y se vende bien en los mercados.

Cuadro 34. Ficha técnica de *Passiflora edulis* var. *flavicarpa*

	Nombre Común	Maracuyá o Calala
	Nombre Científico	<i>Passiflora edulis</i>
	Familia	Pasifloráceas
	Variedad	Flavicarpa amarilla
	Vida útil	6-8 años
	Cosecha	Todo el año
	Temperatura óptima	23-25 °C
	Altitud	300-900 (m.s.n.m)
	Adaptación pH	5.5 – 7.0
	Requerimiento Suelo	Areno-arcillosos, bien drenado

Fuente: Guía técnica cultivo de maracuyá amarillo, CENTA, 2002

Ilustración: Fototeca TRAMIL

➤ Beneficios

La diversificación permite que los agricultores se queden en sus fincas a cultivar otros alimentos una vez que acaba la cosecha del café. De esta manera se mejora la diversidad de la alimentación en el hogar: la yuca, el maíz y los plátanos son una fuente importante de carbohidratos, los huevos y la carne de pollo proveen proteínas y los frijoles contienen 30% del hierro recomendado de consumo diario para mujeres y niños (CIAT, 2014).

La diversificación es también una fuente extra de ingresos para la compra de otros productos. Durante las entrevistas, se determinó que el productor José Adán de la finca “La Loma” tiene establecida una enramada en un área de 0.25 ha que para el año 2013 le aportó C\$ 27, 000 (1,000 US\$) de ganancia.

5.2.5.1.3 Sistemas de café bajo sombra

➤ Problemática

Los balances hídricos con clima actual y clima futuro realizados para la microcuenca de Las Escaleras muestran un aumento de temperatura 3°C. La temperatura promedio pasará de 22.36°C a 25.28°C entre 2010 y 2050, esto afectará el cultivo del café cuya temperatura óptima para su producción es de 23 grados.

Para compensar el incremento de las temperaturas se ha venido implementando el cultivo de café bajo sombra como una estrategia de adaptación al cambio climático.

➤ Descripción de la práctica

En 2005, MARENA – POSAF (Programa Socioambiental y Desarrollo Forestal) propuso una clasificación para el Establecimiento y Manejo de Sistemas de Café Ecoforestal:

- 1er Piso: Árboles con alturas > 15 cm, estos corresponden a árboles maderables como Laurel, Cedro, entre otros.
- 2do Piso: Árboles energéticos que mantienen su follaje todo el año (sombra) y corresponden a las Guabas (Ingas sp.), Búcaro (Erythrina), entre otros.
- 3er Piso: Árboles frutales como cítricos, mangos y musáceas que tienen como principal propósito brindar alimento a las familias e ingresos extras durante la época de cosecha.
- 4to Piso: El componente principal del sistema, el Café (Coffea arabica) en cualquiera de sus variedades maragotype, caturra, boubón, entre otros.
- 5to Piso: Prácticas de Conservación de Suelos y Aguas (CSA) así como los cultivos de cobertura como Canavalia (Cannavalia ensiformis).

El manejo de cafetales incluye la cosecha de los granos (mano de obra familiar y mano de obra temporal) y beneficio del café hasta el estado pergamino que es la manera en la que los productores venden a CECOCAFEN. Entre las prácticas de mantenimiento de un Ecocafé Forestal se incluye el manejo y regulación de sombra mediante raleo para árboles maderables, podas de saneamiento en frutales y manejo de tejidos en cafetales, así como el manejo integrado de plagas para todos los componentes. Durante los tres primeros años se implementan cultivos de Canavalia, Higuera y Gandul.



Fuente: Urrea, JL et al., 2014 – Adaptación a los cambios en el clima y la implementación de medidas de mitigación.

Figura 31. Infografía de café con sombra en desarrollo (Higueras y Guabas)



Figura 32. Café bajo sombra en desarrollo – izquierda

Figura 33. Café bajo sombra desarrollada de guabas y musáceas - derecha

En la finca de El Plan se encontraron 2 escenarios diferentes:

- El 1er escenario corresponde a la figura 32 (un cafetal con sombra en desarrollo), en el que las temperaturas son más elevadas debido a que el sol golpea directamente el suelo. El productor continúa fertilizando sus suelos al asociar canavalia con café lo que reduce el uso de fertilizantes químicos. Mientras la sombra permanente de Guabas (*Ingas sp.*) está en desarrollo, el productor planta higuera como una sombra temporal para café. Las semillas de la higuera se utilizan en la elaboración de aceite vegetal.
- El 2do escenario corresponde a la figura 33 (un cafetal con sombra permanente de aproximadamente 6 años). Se puede observar que el café (*Coffea arábica*) está bajo sombra de árboles de leguminosas como Guabas (*Ingas sp.*), *Erytrinas sp.* (Búcaro y Helequeme) así como de cítricos y árboles maderables.

➤ Beneficios

Un Sistema de Café Agroforestal brinda múltiples servicios:

- A nivel de las familias cafetaleras: Los árboles (cítricos, mangos, aguacates) son frutales y en conjunto con las musáceas representan una fuente de alimentos extra.

Los árboles maderables (caoba, laurel y nogal) son empleados en la construcción de viviendas mientras que los árboles energéticos (guabas, guácimo) son importantes debido a que suplen las demandas de leña para cocinar, de esta manera las familias no van a cortar el bosque para procesar sus alimentos.

- A nivel ambiental: El dosel de sombra beneficia la producción de café al mantener la humedad del suelo, brindando protección contra erosión y los deslizamientos de tierra, y da sombra a las plantas de café, protegiéndolas de los intensos rayos solares y reduciendo las temperaturas en aproximadamente 4 °C. (Läderach, P. 2011).
- A nivel de ecosistema: Los árboles de café bajo sombra proveen de un hábitat extenso a menudo en regiones que han sido fragmentadas por la destrucción de los bosques y otras transformaciones del paisaje que son perjudiciales para los ecosistemas naturales y su funcionamiento. La similitud de estos sistemas con la estructura de los bosques permite que una gran cantidad de dinámicas ecológicas que se produzcan, incluyendo un incremento en hábitats de las aves, protección del suelo/control de la erosión, secuestro de carbono, el control biológico de plagas, y una mejora de la polinización, lo que hace de estos sistemas iniciativas vitales de conservación (Migratory Bird Center, 2010).

5.2.5.1.4 Asociación de café y cacao

➤ Problemática

En Nicaragua según el estudio “Predecir el impacto del cambio climático sobre las áreas de cultivo de cacao en Nicaragua” se determinó que los sitios actuales para la producción de cacao se encuentran en zonas con un rango de temperatura entre 18 –28°C y un rango de precipitación media anual entre 1400–5000 mm (Läderach, P. et al. 2012).

Las Escaleras debido a su elevación (800 m.s.n.m) y a su clima frío (20-22 °C) ha sido históricamente una zona dedicada a la producción de café (*Coffea arábica*). En cambio, las

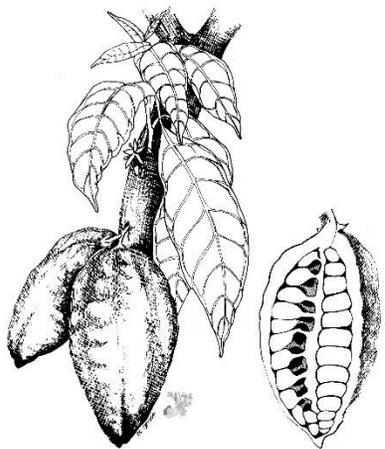
tierras bajas y con temperaturas más cálidas, como Tuma-La Dalia son adecuadas para la producción de cacao (*Theobroma cacao*).

Actualmente, con el aumento de las temperaturas producto del cambio climático, el cacao se presenta como una alternativa viable para diversificar las actuales fincas cafetaleras (Läderach, P. et al. 2012). Las Escaleras se ha convertido en una zona de transición donde el café y el cacao pueden desarrollarse en asocio.

➤ Descripción de la práctica

Los productores de Las Escaleras Jesús Matamoros (Finca El Plan) y José Adán Pérez (Finca La Loma) han introducido plantas de cacao en asociación con el café dentro de sus sistemas agroforestales.

Cuadro 35. Ficha técnica de *Theobroma cacao* L.

	Nombre Común	Cacao
	Nombre Científico	<i>Theobroma cacao</i> L.
	Familia	Malvaceae
	Variedad	Criollo-Forastero-Híbrido trinitario
	Cosecha	Todo el año
	Temperatura óptima	21 - 25 °C
	Precipitación	1500 - 2000 mm
	Altitud	0 - 800 (m.s.n.m)
	Adaptación pH	5.0 - 7.5
	Requerimiento Suelo	Franco-arenoso

Fuente: Hoja botánica Cacao, Proyecto Perú Biodiverso, Dostert, N. et al. 2012

Ilustración: Fototeca TRAMIL

➤ Beneficios

- A nivel ambiental el cacao provee de materia orgánica al suelo (hojarasca).
- A nivel social: Los productores esperan las primeras cosechas de cacao dentro de 4 años a partir de la siembra. El cacao es aún un cultivo en desarrollo por lo cual no tiene establecido un sistema de comercialización. Los productores de la zona venden a CECOCAFEN un quintal (QQ) de semilla de cacao “baba”, es decir, la semilla recubierta por el mucílago, a un precio de C\$ 850 (US\$ 31.5).



Figura 34. Plantas de cacao dentro del SAF de café bajo sombra

5.2.5.2 Prácticas de adaptación al cambio climático, finca Las Mercedes, Microcuenca Tapasle

La finca Las Mercedes, ubicada en la comarca de Los Guácimos se dedica principalmente a la ganadería doble propósito y a la producción de granos básicos, está ubicada en San Ramón y corresponde a un ecosistema de trópico seco.

5.2.5.2.1 Cosecha de agua

➤ Problemática

En ecosistemas del trópico seco las precipitaciones anuales varían entre 1400 a 1800 mm durante los 6 meses de verano. Para este periodo de tiempo se requiere de sistemas de captación de aguas, como por ejemplo la cosecha de agua de techos de casas y galeras. Se establece mediante mangueras y canales un circuito que recoge el agua de los techos y es dirigida a un pozo o pila para su almacenamiento. De esta manera se asegura agua para riego durante la época seca.

➤ Descripción de la práctica

En el año 2008, el Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR), con apoyo del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), y financiamiento parcial del Fondo Común para los Productos Básicos (CFC), inició un proyecto con el objetivo de transformar la producción de secano hacia sistemas más eficientes y productivos, basados en el riego de cultivos durante la temporada seca, a través de la cosecha de agua en Costa Rica, México y Nicaragua.

Los productores de la finca Las Mercedes se inspiraron en el proyecto piloto de recolección de agua que fue implementado con éxito en San Dionisio. Iniciaron la perforación de pozos y la construcción de una pila que capta (mediante un sistema de mangueras) el agua que precipita en los tejados de las casas y la galera. También se realizó la excavación de una laguna artificial que recoge el agua de escorrentía durante la época de lluvias.

Cosecha de agua



El pozo recoge agua de los techos de casas



y la laguna recoge el agua de escorrentía durante la estación lluviosa.

Fuente: Urrea, JL et al., 2014 – Adaptación a los cambios en el clima y la implementación de medidas de mitigación.

Figura 35. Cosecha de agua en fincas ganaderas



Figura 36. Fotografías de sistemas de cosecha de agua

➤ Beneficios

En los meses de sequía, el productor se abastece del agua del pozo para regar los viveros de papayas, musáceas y árboles frutales, el agua captada en la pila es empleada como bebedero para las vacas y espera crear un sistema de riego por goteo para asegurar producción de granos básicos durante la época de verano en la cual escasean los alimentos. De esta manera, el productor asegura el suministro de agua, lo que le permite continuar la producción durante la estación seca.

5.2.5.2.2 Estrategias de alimentación de verano para ganado bovino

➤ Problemática

En el trópico seco, las estaciones del año se dividen en dos: época lluviosa y verano. La época lluviosa representa para el sector ganadero un aumento en los índices productivos tanto de carne como de leche por la relativa abundancia de alimento debido a las lluvias. El verano representa un momento crítico para los ganaderos medianos y pequeños pues la deficiencia de alimento representa una reducción drástica en los niveles productivos (carne y leche) (Reyes, N et al, 2008).

Los balances hídricos con clima actual y clima futuro realizados para la microcuenca de Tapasle muestran un aumento de temperatura 3°C entre 2010 y 2050. Las altas temperaturas (especialmente las temperaturas nocturnas por encima de 18 °C) y la sequía afectarán sustancialmente a la producción de biomasa y las etapas reproductivas del maíz y el frijol (Eitzinger et al, 2013). Esto afectaría en la producción de granos básicos, leche y carne de las fincas de doble propósito como Las Mercedes.

En este sentido buscar estrategias de alimentación que permitan mitigar el efecto del verano sobre los animales permitirá mantenerlos en una condición corporal que les permita ser productivos y además disminuirá los costos de producción que se tiene por el uso de alimentos concentrados y la sobre y des alimentación (Reyes, N et al, 2008).

➤ Descripción de las prácticas y beneficios

Se identificaron 6 actividades que se realizan en la finca Las Mercedes para reducir la escasez de alimentos en la época seca: establecimiento de bancos forrajeros, cercas vivas en potreros, cultivo de maíz hidropónico en cuarto oscuro, uso de picadora de forrajes y ensilaje.

5.2.5.2.2.1 Bancos forrajeros

En la finca, el productor tiene destinadas 3.5 mz a la producción de maíz y sorgo, 2 mz a la producción de caña de azúcar, 0.5 mz para Taiwán y 3 mz para pastos mejorados (Mombaça y Brizantha). Estos cultivares se caracterizan por tener una alta producción de biomasa y calidad nutritiva aceptable. También poseen una buena aceptabilidad por parte de los animales (Reyes et al., 2009).

- Pastos perennes: Pastos de la familia del *Pennisetum purpureum* (Taiwán), *Panicum maximum* (Tanzania y Mombasa) y *Bachiarias* que en condiciones normales, se pueden realizar de 4 a 5 cortes en el año y obtener una producción de forraje verde de 114 a 214 Ton/año/ha, concentrándose en el periodo de lluvia un 80-85% de la producción anual total.
- Caña de Azúcar (*Sacharum spp.*) es un forraje estratégico que se puede conservar en pie, y usarlo fresco, pues justamente es en los períodos de sequía cuando se presentan los niveles más altos de azúcar y por ende su valor energético es mayor.
- El Sorgo o Millón (*Sorgum spp.*), es un cultivo que es resistente a la sequía, se produce prácticamente en cualquier tipo de suelo y se puede obtener varias cosechas en un mismo plantío. Otra de las cualidades del sorgo es que posee un buen valor nutritivo si las plantas se cosechan en el momento adecuado.
- El Maíz (*Zea Mays*) es un cultivo que posee un valor nutritivo superior al de las otras gramíneas. Su producción puede oscilar entre las 28 y 50 toneladas de materia verde por hectárea cuando se utilicen entre 40 y 60 mil plantas por hectárea.



Figura 37. Fotografía de pastos mejorados, *Brachiaria brizantha cv Toledo*, *Panicum maximum cv Mombaça* - izquierda

Figura 38. Fotografía de cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) - derecha

5.2.5.2.2 Cercas vivas de leguminosas

Las cercas o cercos vivos son una práctica agroforestal tradicional. Consiste en sembrar líneas de árboles y/o arbustos como soportes para el alambre (de púas o liso), principalmente para marcar los límites entre parcelas y entre diferentes usos de suelo (CONAFOR, 2010).

Actualmente linderos presentes en la finca son cercas vivas de Jiñocuabo, una especie que no es considerada de valor. Con el tiempo, los árboles de jiñocuabo que forman las cercas vivas se van a ir sustituyendo con leguminosas forrajeras a como lo son el Madero Negro (*Gliricidia sepium*), Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), Carao (*Cassia grandis*), Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y Marango (*Moringa oleífera*).

Al incluir leguminosas en potreros se transforma el área de ganadería tradicional a un sistema silvopastoril. Las leguminosas dentro de los potreros no solo proveen vainas que son una fuente de proteínas en la alimentación del ganado sino que también, crean una sombra que es requerida para que los rumiantes lleven a cabo su proceso de digestión.

5.2.5.2.1 Cultivo de maíz hidropónico en cuarto oscuro



Figura 39. Fotografías de cultivo de maíz hidropónico en cuarto oscuro

Entre los beneficios de cultivar maíz hidropónico está el hecho de que es un cultivo que no requiere de tierra para su establecimiento, se puede establecer en un cuarto oscuro de extensión de 100 m². Para su crecimiento requiere que las semillas se remojen durante un día, se trasladen a una bandeja de secado y posteriormente a una bandeja de germinación que es regada diariamente. Por cada kg de semilla puesta a germinar, se cosecha al cabo de 12 días 3.6 kg de forraje.

5.2.5.2.2 Picadora de forraje



Figura 40. Fotografía de picadora de forraje – izquierda

Figura 41. Fotografía de bovino alimentándose en época seca (abril) - derecha

La picadora de forraje es una máquina empleada para repicar en partículas pequeñas las plantas agrícolas destinadas a la alimentación del ganado como forraje verde. Las plantas generalmente se suministran enteras a la máquina y el material procesado es lanzado por un tubo de descarga. Esto se realiza debido a que el ganado no está adaptado físicamente para comer plantas grandes y menos cuando estas son de tallo grueso como taiwán, sorgo, maíz, caña de azúcar y otras similares. Por tal motivo se requiere que estas plantas sean previamente repicadas antes de ser suministradas como alimento fresco (Ríos, A. 2011).

La picadora permite mezclar pastos de corte (Taiwán y Caña de Azúcar) con cultivos anuales (Maíz y Sorgo) con leguminosas (Carao y Guanacaste) para asegurar una fuente de proteínas y energía fresca para el ganado durante los meses de la estación seca.

5.2.5.2.3 Ensilaje

El ensilaje es una técnica de conservación de forraje verde mediante fermentación anaeróbica (sin presencia de oxígeno), que cuando está bien implementada permite mantener y conservar la calidad nutritiva del pasto verde durante mucho tiempo.

Utiliza los excedentes de forraje que se producen en la época lluviosa, conservándolos con buena calidad para ser utilizados en los períodos de escasez de alimentos (Reyes et al., 2009).

La finca cuenta con un silo tipo cincho que se utiliza para ensilar grandes cantidades de forraje. El cincho consiste en un molde desarmable de metal, de una altura aproximada de 1 a 1.5 m y un diámetro de 2 a 3 m. Para llenar el silo, primero se arma el molde en el lugar escogido, se coloca el plástico asegurando un buen traslape en sus puntos de cierre y hacia la parte interior del molde en su base. Luego, se llena el silo y finalmente se retira el molde, se envuelve el silo con el plástico y se colocan objetos pesados encima para ayudar a la compactación. La gran ventaja de este tipo de silo es que el molde es móvil y puede ser usado muchas veces durante el año, en muchos lugares diferentes (Reyes et al., 2009).



Figura 42. Fotografía de silo tipo cincho presente en la finca

Entre los beneficios del ensilaje, se encuentran:

- Previenen las pérdidas debidas a la maduración que ocurriría si el forraje se dejara en el campo.
- Permite suministrar forraje succulento, de calidad uniforme durante todo el año.
- Contribuye a aumentar la capacidad de carga promedio (mayor cantidad de animales por hectárea) en la finca.
- Se reduce la presión sobre las pasturas, permitiendo el descanso y recuperación de potreros en los períodos de menor precipitación.
- Es un factor de seguridad para el productor ganadero, al disponer de un alimento de calidad para sus animales, el cual es producido en la finca y puede ayudar a reducir los costos de producción.

VI. CONCLUSIONES

1. El aumento de la temperatura promedio para el 2050 **reducirá la aptitud climática del cultivo de café** en las fincas “El Plan” y “La Loma” de la microcuenca “Las Escaleras”. En la finca “Las Mercedes” de la microcuenca “Tapasle” además se **intensificará la escasez de agua**, lo que tiene efectos directos en la disponibilidad de forrajes y por ende en la producción ganadera.
2. Las **prácticas de adaptación al cambio climático identificadas** varían entre zonas cafetaleras (fincas “El Plan y “La Loma”) y zonas de ganadería doble propósito (finca “Las Mercedes”).

En las zonas cafetaleras se identificaron: las prácticas de adaptación (**cultivo de cobertura con *Cannavalia ensiformis*** y **establecimiento de sistemas agroforestales** de café bajo sombra), la **diversificación de los medios de vida** (producción de granos básicos, tubérculos, musáceas, árboles frutales, maracuyá (*Passiflora edulis var. Flavicarpa*), huevos y carne de pollo) y la **asociación de café y cacao**.

En las zonas ganaderas se identificaron: la **cosecha de agua** (el aprovechamiento de las lluvias de manera eficiente) y las **estrategias de alimentación de verano** para ganado bovino (establecimiento y corte de bancos forrajeros, el cultivo de maíz hidropónico, cercas vivas en potreros, uso de picadora de forrajes y ensilaje).

3. Existe una **mejora de la calidad ambiental de las fincas y en la calidad de vida de los productores** debido a la implementación de las prácticas de adaptación al cambio climático.

Los sistemas agroforestales (SAF) permiten **reducir las temperaturas** en aproximadamente 4 °C, **secuestrar** entre 19.16 ± 37.68 ton de **carbono/ha** y **mejorar la materia orgánica e infiltración de agua** en el suelo. Al ser ecosistemas productivos humanizados poseen una mayor abundancia (665 indiv/ha) comparada a los ecosistemas naturales alterados como la Reserva Natural Bosawás (420 indiv/ha). Sin embargo, pero presentan un índice de diversidad medio (2.69) a bajo (1.46) en comparación a Bosawás (3.68). Cabe destacar que los árboles en los sistemas de café bajo sombra constituyen un elemento importante que **atrae a las aves (y otros controladores biológicos)**, como consecuencia de la disponibilidad de recursos alimenticios presentes, por ejemplo *Inga spp*, *Mangifera indica*, *Ficus spp.*, *Citrus spp.*, entre otros.

Las familias perciben **ingresos económicos extra** debido a la diversificación de los medios de vida y a su vez asegura variedad en la producción de alimentos, **mejorando la seguridad alimentaria** en el hogar. La cosecha de agua asegura la **disponibilidad de agua** para continuar con la producción durante los meses de sequía.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar un diagnóstico socioeconómico de las prácticas identificadas que permita determinar la rentabilidad (costo/beneficio) de la implementación de las mismas.
2. Explorar las posibilidades de incluir los Sistemas Agroforestales (SAF) dentro de un sistema de Pago por Servicios Ambientales (PSA). La venta de bonos de carbono permitiría recompensar las prácticas sostenibles que realizan los productores al establecer sistemas agroforestales de café bajo sombra.
3. Difundir en las zonas productivas del país la implementación de las prácticas de cosecha de agua (perforación de pozos, construcción de pilas y excavación de lagunas artificiales) y la diversificación de medios de vida (enramadas de maracuyá y gallineros).

VIII. LITERATURA CITADA

- Aguirre, C. (2010). *Guía de Uso y Aplicaciones de los mapas de suelos*. Managua: Universidad Nacional Agraria (UNA).
- Asociación de Municipios Productivos del Norte – Instituto Nacional Forestal - (AMUPNOR-INAFOR-FC). (2012). *Plan de ordenamiento forestal del Municipio de Matagalpa*. Nicaragua: Autor.
- Ávila, G., Jiménez, F., Beer, J., Gómez, M., Ibrahim, M. (2001). *Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica*. Agroforestería en las Américas. Vol. 8. N°30.
- Baca, M, Läderach, P, Ocón, S, Gómez, L, Venstra, J, Carmona, S. (2013). *Tecnologías alternativas para reducir la brecha de los meses flacos en los medios de vida de los pequeños productores de café en Centro América ante el Cambio climático*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Managua, Nicaragua.
- Baca, M, Läderach, P, Ovalle, O, Ocón, S, Gómez, L, García, S, S, Carmona. (2012). *Vulnerabilidad y estrategias de adaptación al cambio climático en los medios de vida de las familias cafetaleras de México*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Managua, Nicaragua.
- CARE. (2009). *Plan De Manejo Integral De La Microcuenca Agua Fría, Santa Rosa Del Peñon, El Jicaral Y San Isidro, Nicaragua ((PMIMAF)*. Nicaragua: Autor.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (2014). *Concept note: Fieldtrip to Matagalpa Farms on May 19th, PMC and ISP Meetings*. [Folleto]. Cali: Barón, D.
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). (2002). *Guía técnica del cultivo de maracuyá amarillo*. 31 pp. SAL
- Chow, N. (2013). *Adaptación Local al Cambio Climático en los Sistemas de Producción Agropecuarios*. Revista Huella. 8, 34-35, 52. Accesible en Internet: <http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/Hu/article/viewFile/668/664>
- Colwell, R. (1997). "EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 5" Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut, U.S.A. Accesible en internet: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>

- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2010). *Sistemas silvopastoriles: Uso de árboles en potreros de Chiapas*. 1ed. Chiapas, MX.
- Cueva, G. (2011). *Caracterización biofísica e hidrológica de la subcuenca de la represa El Coyolar, Comayagua, Honduras*. Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado Académico de Licenciatura. Zamorano, Honduras.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Accesible en Internet: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf
- Devereux, T., Acosta, M. (2010). *Manual de las medidas de adaptación al cambio climático practicadas por los campesinos de Asocampo de la cuenca Río Las Piedras, Cauca, Colombia*.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M. y Weigend, M. (2012). *Hoja botánica: Cacao (Theobroma cacao L.)*. Proyecto Perú Biodiverso.
- Eitzinger, A; Läderach, P; Sonder K; Schmidt, A; Sain, G; Beebe, S; Rodríguez, B; Fisher, M; Hicks, P; Navarrete-Frías, C; Nowak A. (2012). *Tortillas en el comal: Los sistemas de maíz y frijol de América Central y el cambio climático*, CIAT Políticas en Síntesis No. 6. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 6 p.
- Flato et al (2013). *Evaluation of climate models in Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC.
- Fujisaka S. (2007). *Coffee farmer welfare in Nicaragua, Mexico, and Guatemala*. Final Research Report. International Center for Tropical Agriculture (CIAT) – Green Mountain Coffee Roasters (GMCR).
- Gámez, W. (2010). *Texto Básico de Hidrología*. 1era ed. Managua: UNA.
- Garrido, S. (1993). *Interpretación de análisis de suelos*. [Folleto] Accesible en Internet: http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf
- González, M., Enríquez, P., Rangel, J., García, C. . (2012). *Contribución de la riqueza y la uniformidad a la diversidad de aves en plantaciones de café de sombra del sureste de México*. Tropical and subtropical agroecosystems: 629 – 647.

- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2007). *Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Accesible en internet: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-3-2.html
- Ibañez S., Moreno, H., Gisbert, J. (2011). *Morfología de las cuencas hidrográficas*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Instituto Nicaragüense de Fomento (INIFOM). (2007). *Ficha municipal de San Ramón*. Accesible en internet: http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/MATAGALPA/san_ramon.pdf
- Läderach, P.; Hagggar, J.; Lau, C.; Eitzinger, A.; Ovalle, O.; Baca, M.; Jarvis, A.; Lundy, M. (2011). *Café mesoamericano: Desarrollo de una estrategia de adaptación al cambio climático*. CIAT Políticas en Síntesis no. 2. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 4 p.
- Läderach, P., Martínez, A. y Castro, N. (2012). *Predecir el impacto del cambio climático sobre las áreas de cultivo de cacao en Nicaragua*. CIAT. Informe final.
- Line, K. (2010). *AdapCC - Adaptación al Cambio Climático Climático para Pequeños Pequeños Productores*. Una cooperación pública-privada entre Cafédirect y la GTZ.
- Ministerio de Agricultura (MAG). (2013). *El café en Nicaragua*. Accesible en internet: <http://www.magfor.gob.ni/descargas/publicaciones/cafecacao/cafenicaragua.pdf>
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales – Programa Socio Ambiental y Desarrollo Forestal (MARENA-POSAF II). (2005). *Establecimiento y manejo de sistemas de café eco forestal*. Managua: 80 P. il.
- Matus O. (2007). *Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua*. Tesis para optar grado de Maestro en Ciencias. Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación. Escuela de Postgrado. Turrialba, Costa Rica.
- Medina, B., Muñoz, C. (2006). *Metodología para la evaluación de servicios ambientales*. Asociación Nacional del Café de Guatemala (ANACAFÉ).

- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2007). *Breakthroughs: Climate Model*. Accesible en internet: http://celebrating200years.noaa.gov/breakthroughs/climate_model/welcome.html
- Noguera-Talavera, A., Reyes, F., Salgado, M., Balslev, H. (2010). *Uso humano de la flora silvestre de diferentes partes de cuatro áreas protegidas y sus zonas de amortiguamiento en Nicaragua*. Managua: Universidad Nacional Agraria (UNA)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2009). *Guía de FAO para la descripción de perfiles de suelo*. Cuarta Edición. Roma: Autor.
- Orozco, M., Matus, O. y Zelaya, C. (2013). *Informe de la Capacitación Metodología SIG para delimitar Zonas Potenciales de Recarga Hídrica y Estimación de Vulnerabilidad y Riesgos de las Comunidades y sus Fuentes de Agua ante amenazas climáticas*. Managua: UNA-CATIE-CIAT.
- Peters, M; Franco, L; Schmidt, A e Hincapié B. (2011). *Especies Forrajeras Multipropósito: Opciones para productores del trópico americano*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ), Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). 212 p. Ilus.
- Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central (PASOLAC). (1999). *Guía técnica de conservación de suelos y agua*. 1 ed. 222 pp. SAL.
- Precio del café se recupera. (2014, 5 de Febrero). *El Nuevo Diario*. Accesible en Internet: <http://www.elnuevodiario.com.ni/nacionales/310102-precio-cafe-se-recupera/>
- Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). (2014). *GCM downscaled*. Accesible en Internet: <http://ccafs-climate.org/>
- Reyes, N., Mendieta, B., Fariñas, T., Mena, M. (2008). *Guía De Suplementación Alimenticia Estrategica Para Bovinos En Época Seca*. Managua: UNA.
- Reyes, N., Mendieta, B., Fariñas, T., Mena, M. (2009). *Elaboración Y Utilización De Ensilajes En La Alimentación Del Ganado Bovino*. Managua: CATIE.
- Ríos, A. (2011). *Máquinas agrícolas, tracción animal e implementos manuales*. [Folleto]. La Habana.
- Ríos, A. (2012). *Picadoras de forraje*. [Folleto]. La Habana.

- Rodríguez, A. (2000). *Valoración Forestal Nicaragua 2000*. MAGFOR-PROFOR. 1era Edición, Managua. NI.
- Somarriva E. (1999). *Diversidad Shannon*. Agroforestería en las Américas 6(23):72-74.
- Stewart, A. (2006). *Guía rápida para misiones: Analizar las instituciones locales y los medios de vida*. FAO, Roma, Italia.
- Universidad Nacional Agraria (UNA) – Banco Mundial (BM). (2013). *Análisis de Riesgo de las Fuentes de Agua Ante el Cambio Climático en Comunidades Rurales, en el Municipio de San Ramón, Matagalpa*. Informe final de proyecto.
- Urrea, JL et al. (2014). *Adaptación a los cambios en el clima y la implementación de medidas de mitigación*. Cali: CCAFS.
- Ortiz-Solorio, C., Gutiérrez-Castorena, Ma., Gutiérrez-Castorena, E. (2010). *Traducción de Claves para la Taxonomía de Suelos*. 11 ed. USDA.
- Vandermeer, J, Perfecto, I. 2007. *The agricultural matrix and a future paradigm for conservation*. Conservation Biology 21:274- 277.
- Vázquez-Prada, D., Ortega, J., Alonso, E., Cerrato, D. (2007). *Estudio Hidrogeológico y Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca de la Laguna de Apoyo*. 70 pp. Managua: Asociación de Municipios Integrados por la Cuenca y Territorios de la Laguna de Apoyo de Nicaragua (AMICTLAN).
- Veenstra, J. (2013). *Tecnologías agrícolas para los medios de vida de los productores de café en Nicaragua*. Managua, Nicaragua.
- Zamora, N., Pennington, T. (2001). *Guabas y cuajiniquiles de Costa Rica (Inga spp.)*. 197 pp. Costa Rica: Instituto de Biodiversidad (INBio).

IX. RECURSOS ELECTRÓNICOS

- Atlas Sociodemográfico INIDE
- Cartas Topográficas de La Fundadora (3054-IV) y Matagalpa (3055-III)
- Imágenes Rapid Eye 2012, Municipio San Ramón y Matagalpa
- INETER – Datos de la Estación Meteorológica de San Ramón
- Mapa de Ecosistemas de Nicaragua (Meyrat, A., Hernández, L., 2000)
- Mapa de Isoyetas e Isotermas (INETER, 2012)
- Mapa Taxonómico de Suelos de Nicaragua (MAGFOR, 2000)
- Modelo de Elevación Digital (DEM) 30 m de Nicaragua

X. ANEXOS

10.1 Hoja de campo para inventario de especies

Objetivo: Inventariar las especies presentes en la finca.

Nombre del lote:

Fecha:

Coordenadas:

Tipo	N° Parcela	N° Árbol	Nombre Común	Género	Especie	No Ejes	Dap (cm)	Clasificación
Árboles								
Musa								
Cafeto								

10.2 Tarjeta para muestreo de suelos

Objetivo: Determinar la calidad del suelo de cada lote.

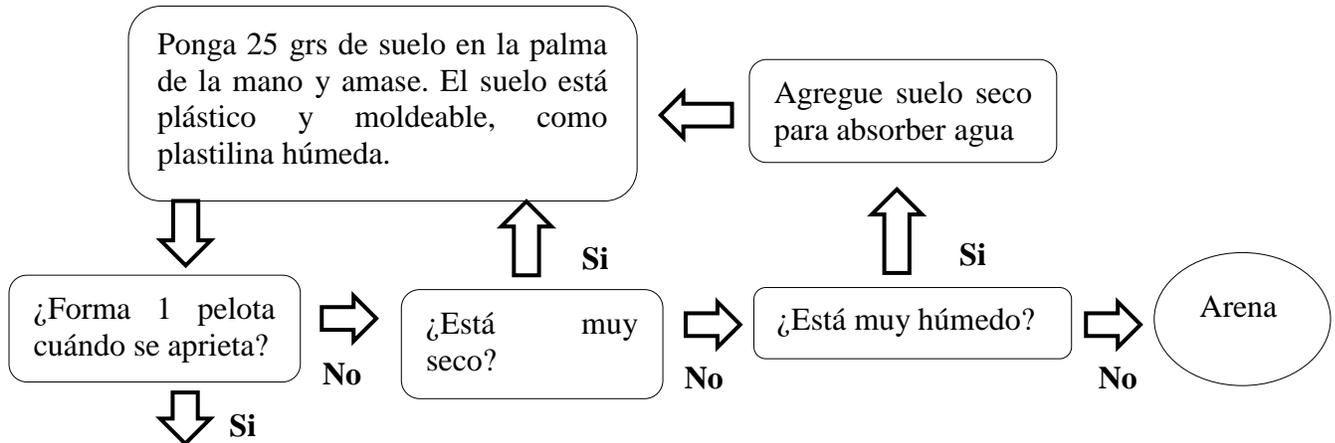
Nombre del lote:

Fecha:

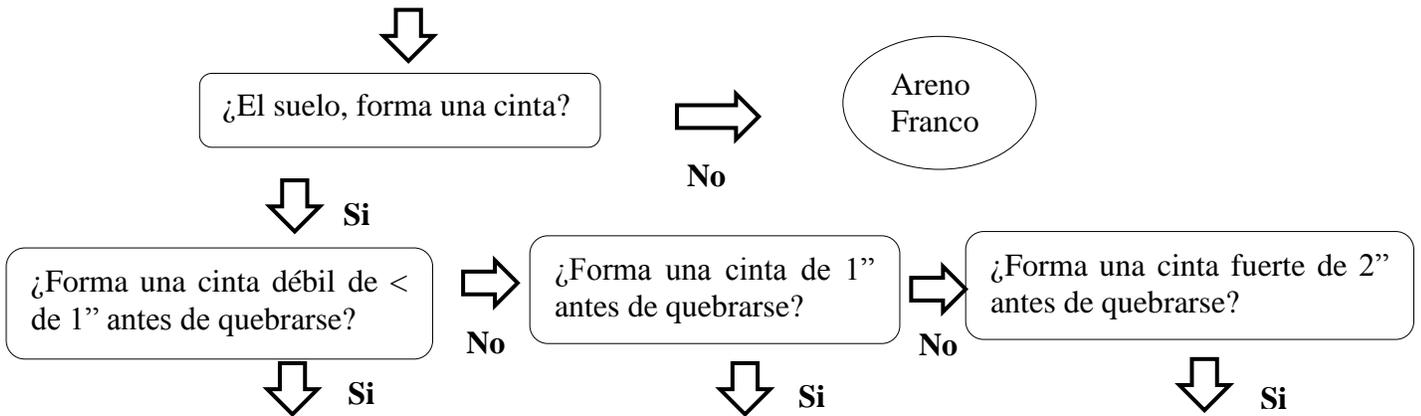
Coordenadas:

Textura		Materia Orgánica		Densidad Aparente	
				Peso Suelo Seco:	
				Peso Agua:	
Infiltración Básica					
Minutos		Centímetros		Cm/min	
				Mm/hora	

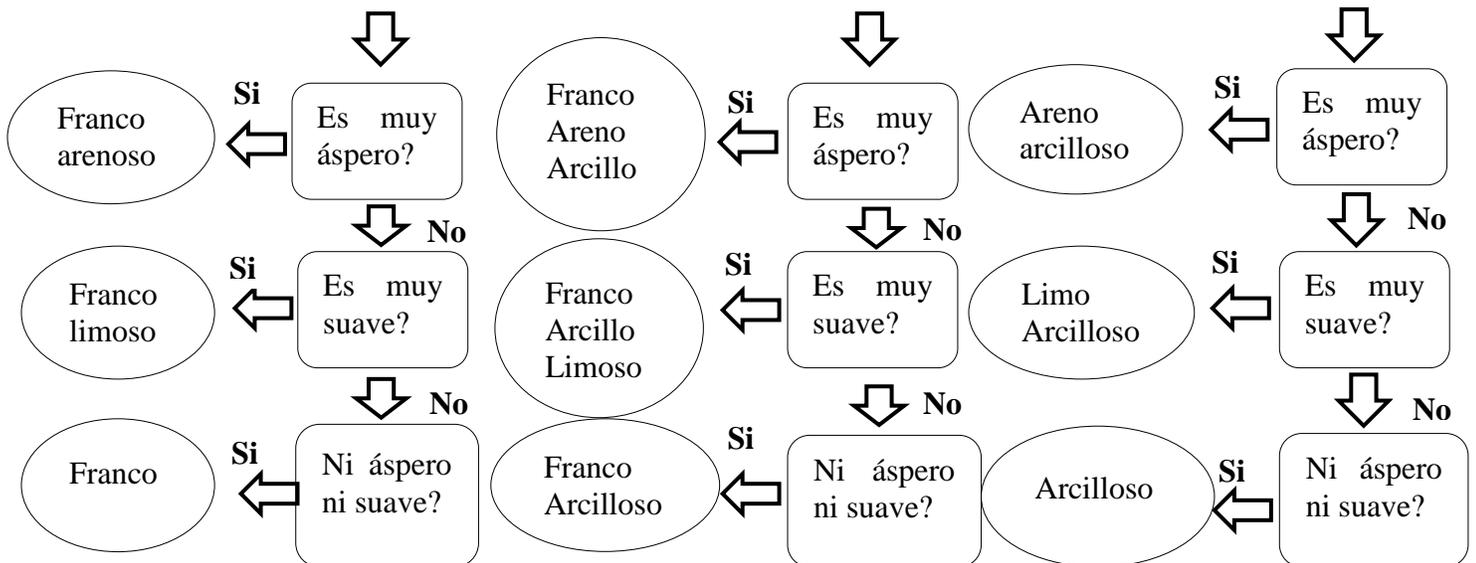
10.3 Textura al tacto (USDA, 1999)



Tome el suelo entre pulgar e índice, empuje con el pulgar, apriete para arriba y forme una cinta, de espesor y ancho uniforme. Permita que emerja la cinta hasta que se quiebre.



Humecte excesivamente en la mano una pequeña cantidad de suelo y frótela con el dedo índice



10.4 Encuesta de composición familiar

Objetivo: Determinar cuántos son los integrantes de la familia, sus edades, nivel de escolaridad y ocupación principal.

# de orden	Primer nombre de la persona	¿Es el entrevistado? (Responda sin preguntar)	Parentesco familiar	Sexo	Edad en años	Estado civil	¿Sabe leer y escribir?	Años de educación aprobados	¿Está la persona discapacitada permanentemente para trabajar?	Ocupación principal	Ocupación Secundaria
			Código 1			Código 2				Código 3	Código 3
1		1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		1. M <input type="checkbox"/> 2. F <input type="checkbox"/>			1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		

Código 1: (1) Jefe(a) del hogar; (2) Esposo(a), cónyuge; (3) Hijo(as) solteros(as), (de mayor a menor) del jefe y/o del cónyuge; (4) Hijos(as) casados(as), viudos(as), separados(as) del jefe y/o del cónyuge en orden descendente de edad, para cada uno de ellos seguido por sus respectivas esposas(os) e hijos; (5) Nietos(as); (6) Otros parientes del jefe (padre, madre, hermanos, tíos, primos, suegro, suegra, etc.); (7) Otros no parientes del jefe(a): amigo(a), primos(as) del cónyuge, etc.

Código 2: (1) Soltero (o niño); (2) Casado; (3) Separado; (4) Unión libre; (5) Viudo.

Código 3: (1) Agricultor propietario; (2) Agricultor empleado por día; (3) Empleado por obra-contratista; (4) Dueño de un negocio; (5) Intermediario comerciante; (6) Procesador-industrial; (7) Empleado privado con contrato laboral; (8) Empleado público; (9) Servicio doméstico; (10) Ama de casa; (11) Pensionado o rentista; (12) Estudiante; (13) Desempleado; (14) N.A. (menores de 5 años, mayores de 70); (15) Otro (especifique).

10.5 Encuesta para medir el índice de diversidad dietética en el hogar (IDDH)

Objetivo: Medir la seguridad alimentaria por tipo de alimento consumido por las familias.

PREGUNTAS	CLASIFICACIÓN
1. CEREALES ¿Algún cereal como el arroz, el maíz o el trigo, o algún producto elaborado con estos granos, como la tortilla, espagueti, hojaldres, tostadas, pasteles, o cualquier otro alimento hecho de mijo, sorgo, maíz, arroz, trigo, cebada, avena, etc.?	1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
2. RAÍCES, TUBÉRCULOS y PLÁTANOS ¿Papas, camote, batata, yuca, arracacha, plátano, o cualquier otro alimento proveniente de raíces, tubérculos o plátanos?	1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
3. VERDURAS ¿Verduras?	1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
4. FRUTAS ¿Frutas?	1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
5. CARNE, POLLO, DESPOJOS ¿Carnes de vaca, de cerdo, de cordero, de cabra, de conejo, de caza silvestre, cuy, pavo, pollo, pato u otras aves, hígado, riñón, corazón u otras carnes de úreanos?	1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
6. HUEVOS ¿Huevos?	1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
7. PESCADO Y MARISCOS ¿Pescado o mariscos frescos o secos?	1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
8. LEGUMBRES/LEGUMINOSAS/FRUTOS SECOS ¿Alimentos a base de frijoles, arvejas, lentejas o frutos secos?	1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
9. LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS ¿Queso, yogurt, leche u otros productos lácteos?	1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
10. ACEITES/GRASAS ¿Alimentos a base de aceite, grasa o mantequilla?	1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
11. AZÚCAR/MIEL ¿Azúcar, miel o panela?	1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
12. ALIMENTOS DIVERSOS ¿Otros alimentos, como condimentos, café, té?	1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>