

Resultados de los estudios biofísicos y socioeconómicos en el Paisaje Centinela Nicaragua - Honduras

Reporte Nicaragua-Honduras

Norvin Sepúlveda, Tor-G. Vågen, Leigh A. Winowiecki, Jenny Ordoñez, Brian Chiputwa, Parmutia Makui, Eduardo Somarriba y Arlene López-Sampson



PROGRAMA DE
INVESTIGACIÓN SOBRE
Bosques, Árboles y
Agroforestería

Resultados de los estudios biofísicos y socioeconómicos en el Paisaje Centinela Nicaragua - Honduras

Reporte Nicaragua-Honduras

Norvin Sepúlveda, Tor-G. Vågen, Leigh A. Winowiecki, Jenny Ordoñez, Brian Chiputwa, Parmutia Makui, Eduardo Somarriba y Arlene López-Sampson

Documento de trabajo 6

© 2020 Programa de Investigación de CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (FTA)



Los contenidos de esta publicación están bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

DOI: [10.17528/cifor/007853](https://doi.org/10.17528/cifor/007853)

Sepúlveda N, Vågen T-G, Winowiecki LA, Ordoñez J, Chiputwa B, Makui P, Somarriba E y López-Sampson, A. 2020. *Resultados de los estudios biofísicos y socioeconómicos en el Paisaje Centinela Nicaragua - Honduras*. Documento de trabajo 6. Bogor, Indonesia: Programa de Investigación de CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (FTA).

Traducción de: Sepúlveda N, Vågen T-G, Winowiecki LA, Ordoñez J, Chiputwa B, Makui P, Somarriba E and López-Sampson, A. 2020. *Sentinel Landscape stocktaking pilot study: Report Nicaragua-Honduras*. Working Paper 2. Bogor, Indonesia: The CGIAR Research Program on Forests, Trees and Agroforestry (FTA).

Programa de Investigación de CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería
CIFOR Headquarters
Jalan CIFOR
Situ Gede, Sindang Barang
Bogor Barat 16115
Indonesia

T +62-251-8622-622

E cgiarforestsandtrees@cgiar.org

foreststreesagroforestry.org

Quisiéramos agradecer a todos los socios financieros que apoyaron esta investigación a través de sus contribuciones al Fondo de CGIAR. Para ver la lista de donantes del Fondo, visite: <https://www.cgiar.org/funders/>

Cualquier opinión vertida en este documento es de los autores. No refleja necesariamente las opiniones de CIFOR, de las instituciones para las que los autores trabajan o de los financiadores.

Contenido

1	Resumen	1
2	Introducción	2
3	Descripción del Paisaje Centinela Nicaragua-Honduras, problemas claves y preguntas de investigación	4
3.1	Descripción	4
3.2	Intervenciones necesarias	10
3.3	Brechas en la investigación	11
4	Descripción de los datos y de la información recopilada	13
4.1	Datos biofísicos	13
4.2	Línea de base socioeconómica	14
5	Descripción de otros proyectos vinculados con el PCNH	17
6	PCNH: recopilación conjunta de datos e investigación a través de relaciones institucionales	18
7	Bases de datos y análisis de la información	22
8	Datos recopilados directamente por la iniciativa PCNH	23
8.1	Área cultivada	23
8.2	Vinculación de métricas	23
8.3	Capacidad de infiltración	23
8.4	Análisis de suelos	24
8.5	Encuestas de hogares	31
8.6	Árboles en las fincas	33
8.7	Unidad ganadera tropical (UGT)	33
8.8	Índice de Avance para Salir de la Pobreza (PPI)	34
9	Otros estudios y datos relacionados sobre el PCNH, provenientes de organizaciones del CGIAR, CRP y otros socios	36
10	Resultados: Papel de los árboles en el PCNH	38
10.1	P1: Impulsores y procesos que determinan/influyen en la presencia de árboles y bosques en el paisaje.	38
10.2	P2: Magnitud del stock y tasa de variación de la presencia de árboles y bosques en el paisaje y en las fincas	52
10.3	P3: Consecuencias de los cambios en árboles/bosques en paisajes/fincas en la provisión de servicios ambientales	58
10.4	P4: Conceptos y modelos necesarios para optimizar la presencia de árboles/bosques en paisajes/fincas para asegurar una provisión sostenible de servicios ecosistémicos	61

11	Análisis del proceso de PC (qué funcionó, qué no funcionó) y el futuro	74
12	Futuro del CATIE en el PCNH	76
	Bibliografía	77
	Anexo	
1	Publicaciones sobre el PCNH por el Programa de Bosques, Árboles y Agroforestería del CGIAR	80
2	Publicaciones realizadas por socios sobre el PCNH	83
3	Tesis desarrolladas por estudiantes de CATIE sobre el PCNH	86

Lista de figuras y tablas

Figuras

1.	Sitio Tuma-La Dalia: sistema agroforestal de café (izquierda), equipo local barriendo el suelo en un cafetal (centro), leña recolectada de los sistemas agroforestales de café (derecha)	5
2.	Paisaje en Mina Columbus: sistemas silvopastoriles (izquierda), pastizales y árboles remanentes en el paisaje (derecha)	7
3.	Paisaje en Río Blanco: ganadería a la sombra de los árboles (izquierda), pastizales y montañas deforestadas (centro), pastizales con parches de árboles remanentes (derecha)	7
4.	Paisaje en Río Plátano: habitante local de una cooperativa local que controla la madera lista para la exportación/venta (izquierda), árboles dispersos en pastizales (centro), ganado en Río Plátano (derecha)	8
5.	Capacitación del equipo local en metodología biofísica en un sistema agroforestal de café	13
6.	Hogar en el sitio de Mina Columbus	15
7.	Captura de pantalla de la página principal de la herramienta en línea: SL Explorer: http:// landscapeportal.org/projects/1	22
8.	Densidades de árboles en parcelas cultivadas y no cultivadas para cada uno de los cuatro sitios	24
9.	Comparación de densidades de árboles en parcelas severamente erosionadas versus parcelas no erosionadas en parcelas cultivadas (1) y no cultivadas (0), en sitios LDSF: El Tuma-La Dalia y Mina Columbus	24
10.	Capacidad de infiltración en presencia de árboles (1) y sin árboles (0)	25
11.	Resultados de predicción para pH, COS, arena y arcilla	26
12.	Contenido de arena en muestras de la parte superior (n = 619) y de subsuelo (n = 623) para los cuatro sitios de LDSF	27
13.	Contenido de arcilla en muestras de superficie del suelo (n = 619) y de subsuelo (n = 623), en los cuatro sitios del LDSF	27
14.	Valores de pH del suelo en muestras de la parte superior (n = 619) y de subsuelo (n = 623)	27
15.	Diagramas de caja y bigote de COS en las muestras de la parte superior (n = 619) y subsuelo (n = 623) para los cuatro sitios LDSF	28
16.	Relación carbono: nitrógeno en los cuatro sitios LDSF	29
17.	Bases intercambiables de muestras de la parte superior (n = 619) y subsuelo (n = 623) en los cuatro sitios	29
18.	Análisis de componentes principales de las variables químicas del suelo y texturas en cuatro sitios del PCNH	30
19.	Prevalencia estimada de la erosión del suelo en el Paisaje Centinela Nicaragua -Honduras para 2002 y 2012 a una resolución de 500 m	30
20.	Captura de pantalla de los mapas de erosión de El Tuma-La Dalia en http://landscapeportal.org	30
21.	Tamaño de hogares en todos los sitios	31

22. Proporción de hogares que contratan mano de obra	32
23. Tamaño de las fincas en los sitios	32
24. Tierra bajo cultivo en los sitios	33
25. Árboles en fincas	33
26. Unidades ganaderas tropicales en los sitios	34
27. Índice de avance para salir de la pobreza en todos los sitios	34

Tablas

1. Número de mediciones tomadas por bloque de estudio LDSF	15
2. Mediciones socioeconómicas por país y por sitio de PC	15
3. Porcentaje de área cultivada, pastizales y cubierta forestal por sitio	23

1 Resumen

El Programa de Investigación del CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (FTA, por sus siglas en inglés) estableció en 2012 una red de Paisajes Centinelas (PC) para realizar investigaciones a largo plazo sobre la dinámica temporal y espacial del uso de la tierra, los árboles y los bosques en territorios seleccionados con el uso de metodologías estandarizadas. La iniciativa PC incluyó ocho sitios en todo el mundo representativos de contextos biofísicos y socioeconómicos muy diferentes.

El Paisaje Centinela Nicaragua-Honduras (PCNH) es un mosaico de bosques, tierras agrícolas, fincas ganaderas y sistemas agroforestales que cubren 68 000 km² e incluyen dos reservas de biósfera y 13 áreas protegidas. Este paisaje también alberga el área forestal más grande que aún subsiste en América Central. Se eligieron cuatro sitios para la fase inicial de la iniciativa Paisaje Centinela, que representan un gradiente de agricultura intensiva, pastos, agroforestería y bosques. Este transecto PCNH es un buen ejemplo de la curva de transición forestal.

Se abordan cuatro preguntas centrales de investigación en cada PC con el uso de conjuntos de datos estandarizados: (i) ¿qué impulsores y procesos determinan/influyen en la presencia de árboles y bosques en

el paisaje y en las fincas? (ii) ¿cuál es la magnitud del inventario y la tasa de variación de la presencia de árboles y bosques en el paisaje y en las fincas? (iii) ¿cuáles son las consecuencias de los cambios en los árboles/bosques en los paisajes /fincas en la provisión de servicios ecosistémicos? y (iv) ¿qué nuevos conceptos y modelos se necesitan para optimizar la presencia de árboles/bosques en paisajes/fincas y asegurar una provisión sostenible de servicios ecosistémicos?

Este informe ofrece una visión general del proceso para establecer el PCNH como una plataforma de múltiples partes interesadas. Esta plataforma utiliza la investigación para informar sobre el papel de los árboles y los bosques en el paisaje para la provisión de servicios ecosistémicos. Aquí se describen: (i) el Paisaje Centinela Nicaragua-Honduras; (ii) los usos del suelo y las características principales de los cuatro sitios de estudio establecidos a lo largo de la transición forestal; (iii) los resultados biofísicos y socioeconómicos de los estudios de referencia realizados entre 2012–2014 y (iv) una síntesis de las tesis de maestría realizadas por los estudiantes del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en el Paisaje Centinela hasta el año 2017.

2 Introducción

Como parte del Programa de Investigación del CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (FTA, por sus siglas en inglés), se estableció un paisaje centinela en áreas de Honduras y Nicaragua para realizar investigaciones a largo plazo sobre la dinámica de los árboles y los bosques así como sobre las causas y los efectos del cambio de uso del suelo en la región. Este sitio es parte de una red de ocho paisajes centinelas establecidos en todo el mundo que representan contextos biofísicos y socioeconómicos muy diferentes (Dewi *et al.* 2017). La coordinación de actividades en el Paisaje Centinela Nicaragua-Honduras (PCNH) es responsabilidad del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), como socio del FTA.

El Paisaje Centinela Nicaragua-Honduras (PCNH) es un transecto de 300 km de longitud que representa un gradiente de agricultura intensiva, pastos, agroforestería y bosques. Este transecto es un buen ejemplo de la curva de transición forestal. El PCNH es un mosaico de bosques, tierras agrícolas, fincas ganaderas y sistemas agroforestales que cubre 68 000 km² e incluye dos reservas de biósfera (UNESCO, 2011) y 13 áreas protegidas. Este paisaje también alberga el área forestal más grande que aún queda en América Central.

La investigación en el PCNH generó información sobre la línea de base espacial, el inventario arbóreo y forestal y datos socioeconómicos para respaldar la prueba de hipótesis sobre las causas y los efectos del cambio en el uso de la tierra, así como los enfoques para mitigar las amenazas y maximizar los beneficios tanto para la resiliencia del medio ambiente como para los colonos que habitan las zonas. El PCNH también fue un instrumento para la integración de

la investigación multidisciplinaria realizada por una amplia gama de organizaciones nacionales e internacionales, incluidos varios subprogramas emblemáticos dentro del FTA y varios departamentos de investigación del CATIE (Vågen y Winowiecki, 2014). Los sitios del PCNH se seleccionaron según los siguientes criterios: (i) datos de referencia e históricos existentes (por ejemplo, datos sobre bienestar humano a largo plazo, demográficos y de salud humana, así como series temporales de datos biofísicos); (ii) científicos de varios subprogramas emblemáticos dentro del FTA que estaban interesados en situar la investigación en este paisaje; (iii) variación de la cubierta arbórea/forestal y del uso de la tierra a lo largo de una curva de transición forestal contigua y (iv) existencia de una red de socios confiables trabajando en el terreno. A finales de 2012, los participantes de un taller binacional acordaron los límites del PCNH. La iniciativa fue presentada a 28 participantes de 17 organizaciones de Nicaragua y Honduras en un taller realizado en Managua, Nicaragua. Se creó una estructura organizativa para llevar a cabo las actividades propuestas por la iniciativa PCNH, que incluía: (i) un equipo técnico; (ii) un comité de instituciones socias y (iii) un comité científico. Se acordó un plazo inicial de 10 años.

La reducción de la asignación de fondos del CGIAR para el programa FTA resultó en reducciones drásticas en los fondos para la red de Paisajes Centinelas. El financiamiento del FTA para la investigación de campo en el PCNH prácticamente se detuvo en 2014. Sin embargo, la investigación del CATIE en el PCNH se mantuvo durante el período 2012–2017, y otros socios del FTA, como el Centro Francés de Investigación Agrícola para el Desarrollo Internacional (CIRAD, por sus siglas en francés), acordaron hacer investigaciones

en el PCNH durante este período también. Los datos de referencia se digitalizaron y depuraron y las bases de datos estuvieron listas para su análisis en 2016. Se utilizaron pequeños fondos del FTA para financiar la investigación de los estudiantes y para apoyar a las plataformas de actores múltiples en Nicaragua, una a nivel nacional y otra a nivel local. Estas dos plataformas organizaron una serie de reuniones (dos veces al año) para convocar

a todas las partes interesadas involucradas en investigación, educación y desarrollo en la región del PCNH; para compartir resultados de investigación, información, lecciones aprendidas y para explorar formas de incorporar los resultados de investigación en el desarrollo rural y la educación a todos los niveles, desde escuelas de campo para agricultores hasta estudios de posgrado en universidades nacionales e internacionales.

3 Descripción del Paisaje Centinela Nicaragua-Honduras, problemas claves y preguntas de investigación

3.1 Descripción

El PCNH es un mosaico de bosques, tierras agrícolas, fincas ganaderas y sistemas agroforestales que cubre 68 000 km², e incluye dos reservas de biósfera y 13 áreas protegidas. Este paisaje también contiene el área forestal más grande que aún queda en América Central. El PCNH es parte del Corredor Biológico Mesoamericano, una de las áreas de conservación más ambiciosas del mundo. Además, parte de esta área ha sido nominada para ser una Reserva de Biósfera por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) pues alberga una gran diversidad de ecosistemas (más de 12) representativos de bosque nuboso, bosque tropical húmedo premontano, bosque tropical de baja humedad y sabanas de pinos que son un reservorio genético de especies botánicas y de fauna que ya son escasas o inexistentes en otras partes de los trópicos mesoamericanos, así como mosaicos de agricultura, pastos y sistemas agroforestales que sustentan los medios de vida de más 822 175 familias de agricultores en ambos países (INE, 2013; INIDE, 2005). También constituye el espacio vital de más de 21 000 indígenas de los pueblos mayangna y miskito, cuya riqueza antropológica y cultural debe ser preservada (The Nature Conservancy, Nicaragua, sf). El PCNH se caracteriza por: (i) una gran extensión espacial y variación en los niveles y tipos funcionales de diversidad para la provisión de bienes y servicios ambientales; (ii) una falta general de infraestructura de comunicación (carreteras sin pavimentar o redes de vías fluviales que solo son navegables en embarcaciones artesanales, que requieren viajes costosos y mucho tiempo); e (iii) inseguridad

generalizada, en particular en algunas áreas limítrofes en la parte norte del paisaje, especialmente en la región central norte de Nicaragua y en la parte sureste del lado hondureño. Los mercados en la sección sur del PCNH (Nicaragua) están mucho más desarrollados (y en desarrollo) que en la sección norte, menos accesible (Honduras). Las organizaciones agrícolas, incluidas las cooperativas, están más desarrolladas en la sección nicaragüense (con diversos grados de funcionamiento efectivo) y menos desarrolladas en la mayoría de las comunidades indígenas en el sector de Honduras.

Según el análisis de transición forestal, Honduras es un país de transición tardía (con una tasa de deforestación lenta para la pequeña fracción de su bosque remanente) y Nicaragua es un país de transición temprana (la cubierta forestal se está perdiendo a un ritmo cada vez más rápido). El PCNH representa el 37 % del área total de Nicaragua y el 20 % del área total de Honduras. Más del 65 % del área del Paisaje Centinela está cubierta por bosques y 30 % por otros sistemas modificados por la mano del hombre.

En fincas con árboles, estos se usan en patios, pastizales y cercas vivas. El uso de la tierra y los bosques está condicionado por diversos derechos consuetudinarios, derechos de uso de la tierra en conflicto, gobiernos locales e indígenas, así como por leyes y reglamentos nacionales e incluso acuerdos internacionales (por ejemplo, las dos reservas de biósfera propuestas por la UNESCO que están dentro de los límites del PCNH). El uso de la tierra, a su vez, repercute en los resultados socioeconómicos, con impactos diferenciados para hombres y mujeres. En el sector forestal

(producción de madera), la participación de las mujeres es mínima; sin embargo, no es raro encontrar fincas ganaderas administradas por mujeres. En general, el área posee un gran potencial para mejorar los medios de vida y para obtener beneficios ambientales dentro y más allá de los límites del Paisaje Centinela.

Un estudio de las condiciones muy distintas en los usos existentes del suelo (tanto buenos como malos), que conduzca al diseño de prácticas recomendadas, ofrecerá opciones sostenibles con potencial de aplicación en una parte significativa de los trópicos húmedos de tierras bajas de América Latina, donde la agricultura y particularmente la ganadería compiten con los usos del suelo forestal. Con gobiernos elegidos democráticamente, se observa una tendencia positiva respecto a la estabilidad política. La inclusión de ambos países en el Paisaje Centinela es una garantía contra los efectos de la inestabilidad política en las investigaciones en el lugar. Es decir, en caso de contratiempos es poco probable que ocurra inestabilidad política en ambos países al mismo tiempo.

3.1.1 Descripción de los sitios de estudio

Se seleccionaron cuatro sitios de estudio en el PCNH, que representan un gradiente de agricultura intensiva, pastos, agroforestería y bosques (ver más adelante las etapas de la curva de transición de la cubierta forestal), presencia de socios locales en el área, accesibilidad y seguridad.

Los cuatro sitios de estudio se pueden mapear en una curva de transición forestal. Por ejemplo, desde El Tuma-La Dalia en

Matagalpa (800–1000 m) que es una matriz de sistemas perennes de café agroforestal entremezclados con pastos; Waslala (a 400 m) que está dominado por pequeños agricultores que practican tala y quema con sistemas de cultivo de maíz y frijol con ganadería de doble propósito y algo de cacao como cultivo comercial; las llanuras de Siuna, con ganadería extensiva, producción de forraje *Brachiaria* y muy poco bosque; hasta la zona de baja densidad demográfica de bosques nativos intactos en Bosawás y la Reserva de Biósfera de Río Plátano en el norte de Nicaragua y Honduras. En general, la curva de transición forestal en Nicaragua y Honduras va de sur a norte y de oeste a este. Existe una gran diversidad de usos de la tierra, que abarca desde bosques vírgenes, bosques con manejo, bosques degradados y árboles dispersos en pastizales, hasta áreas exclusivas de pastizales con muy pocos árboles y áreas de cultivo bajo sistemas agroforestales de café y cacao (Sepúlveda y Ordoñez, 2015).

El Tuma - La Dalia: En esta área predomina el terreno escarpado y montañoso con parches de pinos y bosques nubosos. Se puede estimar que el 40 % de la tierra es plana y el 60 % es paisaje fragmentado con baja cobertura forestal. Tiene un clima de bosque subtropical, semihúmedo, con precipitaciones entre 2 000 mm y 2 500 mm (Figura 1). La temperatura oscila entre 22 °C y 24 °C. Los usos de la tierra incluyen ganadería, café agroforestal y granos básicos. Estas actividades son la fuente principal de ingresos para las familias; sin embargo, los rendimientos son bajos debido al impacto de hongos (roya del café), plagas (que afectan a



Figura 1. Sitio Tuma-La Dalia: sistema agroforestal de café (izquierda), equipo local barrenando el suelo en un cafetal (centro), leña recolectada de los sistemas agroforestales de café (derecha)

Créditos: Norvin Sepúlveda

los granos básicos) y la alternancia de sequía y lluvia excesiva. Las prácticas agrícolas y el cambio climático han afectado el medio ambiente pues las fuentes de agua han disminuido su caudal y están contaminadas, y los suelos son menos fértiles.

Este sitio es parte del territorio clave del CATIE y se caracteriza por una alta densidad demográfica (> 250 personas/km²). El tamaño de las fincas varía de ~0.5 ha a 300 ha y estas son comúnmente manejadas por pequeños propietarios con propiedad privada individual, buenas carreteras y accesibilidad a los mercados. En El Tuma-La Dalia se cultiva más del 50 % del lugar. Los suelos son arcillosos y limo-arcillosos, con erosión moderada y principalmente con cobertura agrícola. La población del municipio es de 64 780 habitantes, de los cuales el 85 % es rural y el 15 % es urbano. Los desafíos principales para la población local son la pobreza, el desempleo, la baja producción agrícola, la falta de acceso a educación y la delincuencia. El mayor movimiento migratorio en los últimos años se ha producido desde las zonas rurales hacia las urbanas. Se estima que un promedio de 236 personas se muda anualmente en busca de mejores condiciones de vida. El acceso principal a este municipio es una carretera pavimentada que se encuentra en su fase final de ejecución y corresponde a un tramo de la carretera intermunicipal que cruza el territorio de suroeste a noreste. La ruta más transitada es una pista de 45 km que une el municipio con el departamento de Matagalpa. El Programa de Investigación del CGIAR sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CAAFS, por sus siglas en inglés), dirigido por el Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT), estableció la investigación en un bloque de estudio dentro del PCNH. El CCAFS realizó un estudio de base integral en un bloque de 40 000 ha (20 km x 20 km) que se superpone con parte del bloque de estudio del PCNH en este territorio (Leguía *et al.* 2018).

Mina Columbus: Este sitio es parte del territorio indígena Tasba-Pri y se caracteriza por su clima húmedo tropical, con una precipitación anual promedio de más de 3 000 mm. A fines de 2007, el huracán Félix (de categoría 5), azotó la costa nororiental

caribeña de Nicaragua y destruyó un total de casi 510 764 ha de bosque. El bosque está ahora en etapa de recuperación, pero también está experimentando cambios en el uso de la tierra debido a la tala y quema y la invasión de ganado. La densidad poblacional es baja, de 1–5 personas/km². Hay un alto porcentaje de colonos no indígenas (50 % de la población), lo que lleva a frecuentes conflictos por la propiedad. Las comunidades indígenas practican la propiedad comunal de la tierra, que es reconocida por el Gobierno. Los colonos, por otro lado, buscan la propiedad privada individual.

Este sitio es de gran interés debido a una gama amplia de factores asociados con la gobernanza de los recursos naturales: (i) un modelo de gobernanza local que incluye varios niveles de toma de decisiones (nacional, regional, territorio indígena, comunal); (ii) la coexistencia de comunidades miskitas, uno de los cuatro grupos indígenas en Nicaragua que aún mantienen su organización y cultura ancestrales, con una fuerte presencia de colonos debido a una variedad de factores económicos y políticos, tanto locales como nacionales, que han impulsado la migración a la zona; (iii) la coexistencia de dos tipos de propiedad (comunal y privada) que tiene un efecto directo sobre las formas de explotación forestal, particularmente en la extracción de madera; (iv) la existencia de conflictos con respecto a la toma de decisiones sobre el uso y la explotación de los recursos naturales, enraizados en un enfoque de diálogo que no se basa en la forma en que las comunidades miskitas han gobernado tradicionalmente el bosque; (v) la amenaza permanente de invasión del bosque por parte de personas externas, esencialmente individuos y familias mestizas (personas de fuera de las comunidades indígenas), que intentan aprovechar la lejanía del sitio; y (vi) la falta de control sobre los asentamientos ilegales y los campos agrícolas y pastizales (Fréguin-Gresh *et al.* 2014).

La agricultura es la actividad económica principal en el área y todos los miembros de la familia participan en la producción (ya sea con el uso de técnicas de tala y quema en áreas forestales o plantando y cultivando en

las orillas de los ríos). Según los líderes de la comunidad, todas las familias tienen acceso a la tierra, con un tamaño promedio de parcela de 9,8 ha; de las cuales 2,3 ha se cultivan con arroz, frijoles, maíz, tubérculos, plátanos, bananos y caña de azúcar. Si bien el objetivo principal de la agricultura es la satisfacción de las necesidades básicas y la subsistencia, una parte de la producción se comercializa para adquirir otros productos y bienes básicos (aceite, sal, jabón y ropa, entre otros) o para pagar servicios (educación y salud). Un sector de importancia es la ganadería pues según el trabajo de campo, el 63 % de las familias tiene al menos una vaca (Figura 2).

Río Blanco: El sitio de Río Blanco está ubicado en el municipio de Catacamas, en un valle a solo 450 m sobre el nivel del mar. Al norte se encuentra la Montaña Blanca, parte del Parque Nacional Sierra de Agalta, con una gran variedad de especies botánicas como coníferas, plantas de hoja ancha, unas 80 especies y variedades de orquídeas y abundante fauna que incluye felinos y quetzales. La precipitación anual

promedio alcanza los 1 300 mm, de los cuales el 88 % se registra en el período lluvioso. Los fenómenos meteorológicos que influyen en el clima de Honduras son los típicos de la zona de convergencia tropical: centros de baja presión atmosférica, frentes fríos y brisas marinas. Según la clasificación bioclimática de Holdridge, el clima corresponde al bosque tropical seco.

Los principales tipos de uso de la tierra incluyen pequeñas áreas de remanentes forestales (principalmente a lo largo de los ríos), la producción de granos básicos y una conversión masiva de bosque a ganadería que comenzó en la década de 1980. Al estar ubicado entre tres áreas protegidas (el Parque Nacional Patuca, la Sierra de Agalta y la Reserva de Biosfera Tawahka Asangni), el sitio se caracteriza por una baja densidad demográfica, en el rango de 5 a 25 personas/km². El tamaño de las fincas varía considerablemente, de 0 ha a 352 ha. Cuarenta y cuatro por ciento de las familias poseen más de 20 ha de tierra, mientras que el 21 % tiene solo de 0–1 ha (Figura 3).



Figura 2. Paisaje en Mina Columbus: sistemas silvopastoriles (izquierda), pastizales y árboles remanentes en el paisaje (derecha)

Créditos: Norvin Sepúlveda



Figura 3. Paisaje en Río Blanco: ganadería a la sombra de los árboles (izquierda), pastizales y montañas deforestadas (centro), pastizales con parches de árboles remanentes (derecha)

Créditos: Amilcar Aguilar y Norvin Sepúlveda

Catacamas es un municipio predominantemente rural, caracterizado por bajos niveles de educación y una economía agrícola de subsistencia. La pobreza es alta en 68,5 % de la población urbana y 81,7 % de la población rural. En total, 8 de cada 10 personas viven en pobreza y 6 de cada 10 viven en pobreza extrema. Según el Censo Nacional, INE 2001, del número total de personas que viven en pobreza (60 581 habitantes), el 50,3 % (30 485) son hombres y el 49,7 % (30 096) son mujeres.

El principal medio de comunicación es un camino pavimentado hacia la capital (Catacamas – Tegucigalpa / 210 km) con conexión a San Pedro Sula (Catacamas - San Pedro Sula / 545 km). También hay un camino no pavimentado a Dulce Nombre de Culmí (Catacamas – Culmí / 40 km).

Río Plátano: Ubicado en el municipio de Iriona, el sitio está cubierto en gran parte por bosques primarios y se caracteriza por su clima tropical húmedo, con una temperatura media anual que fluctúa entre 23 °C y 26 °C (con poca variación durante todo el año), y una precipitación anual promedio que varía entre 1 800 mm y 3 000 mm y se concentra en el período de junio a enero. La estación seca, que es bastante pronunciada, ocurre entre marzo y abril. La topografía del sitio tiene dos características: (i) una zona montañosa donde se encuentran bosques de hoja ancha y (ii) una zona principalmente plana que es interrumpida por un arco de colinas y montañas pequeñas. Los suelos son en su mayoría poco profundos, poco desarrollados y de poca fertilidad natural, con un alto contenido de rocas. Estos son

susceptibles a la erosión hídrica y van desde suelos bien drenados hasta escasamente drenados.

A pesar de que Iriona tiene una población total aproximada de 10 000 personas y una densidad demográfica muy baja (2–3 habitantes/km²), la deforestación ha sido muy significativa. A lo largo de las partes bajas del valle de los ríos Sico y Paulaya, el paisaje se caracteriza principalmente por una gran extensión de pastos que se encuentran dispersos en algunas áreas con plantaciones de palma aceitera recientemente establecidas. Sin embargo, en el valle medio y superior del río Paulaya, todavía existe una gran área de bosque virgen en la Reserva de Biosfera de Río Plátano, donde se encuentra el sitio. Esta es el hogar de varios grupos indígenas cuyos derechos a la tierra no han sido reconocidos por el Gobierno. Los problemas de seguridad incluyen el tráfico de drogas y el acaparamiento de tierras.

Se considera que Copen es un éxito en términos de manejo forestal comunitario en La Mosquitia hondureña, ya que los comuneros participan activamente en la explotación de madera bajo una certificación de impacto ambiental mínimo, y también están organizados en una cooperativa agroforestal local que es parte de una red regional de cooperativas. La extracción de recursos forestales es una experiencia exitosa desde muchos puntos de vista (por ejemplo, ha habido un aumento en la extracción legal de madera certificada, particularmente de caoba como insumo para fabricar partes de guitarras que son exportadas directamente a una empresa



Figura 4. Paisaje en Río Plátano: habitante local de una cooperativa local que controla la madera lista para la exportación/venta (izquierda), árboles dispersos en pastizales (centro), ganado en Río Plátano (derecha)

Créditos: Jenny Ordoñez

estadounidense). Sin embargo, la cooperativa sigue dependiendo en gran medida de la asistencia técnica y administrativa de la Fundación Madera Verde, a pesar de sus muchos años de exportación de madera. Además, los recursos naturales en Copén continúan amenazados por la deforestación, la tala ilegal y el avance de la frontera agrícola, que no pueden ser controlados por las autoridades.

En términos generales, las limitaciones en transporte restringen la actividad comercial. La mayoría de los productos son para uso doméstico (alimentos, construcción de casas y muebles o leña para cocinar). Solo la caoba, que es extraída por los miembros de la cooperativa, tiene un valor lo suficientemente alto como para cubrir los costos de transporte fuera del bosque comunitario. Los datos muestran que el bosque no desempeña un papel importante en la economía comercial o de subsistencia.

3.1.2 Temas claves

El trabajo de campo en los cuatro sitios ha ayudado a identificar los siguientes problemas claves en el PCNH:

- No se han promovido formas alternativas y sostenibles para utilizar madera y productos no maderables del bosque de forma significativa. La falta de estas alternativas implica que se prefieren otras actividades productivas que degradan el bosque. Sin embargo, hay algunos casos de manejo forestal comunitario en el municipio de Iriona y en algunas áreas en la costa caribeña de Nicaragua que podrían servir como ejemplos positivos.
- El crecimiento de la frontera agrícola, basado principalmente en la expansión de la ganadería (sistemas de producción extensivos), la tala y quema y la agricultura de subsistencia es muy amplio. Los reportes indican que la cría de ganado es una de las actividades más rentables y convenientes en la región. También se informa que, en algunas áreas de Honduras, la venta y compra de tierras para el lavado de dinero se está haciendo más común.
- La migración humana está llevando a las personas sin tierra de otras zonas del país hacia las áreas menos pobladas (por ejemplo, los límites del bosque) en busca de tierra. Varios socios informan que la reducción de la pobreza en algunas áreas del país no se debe a la disminución real de la misma, sino a la expulsión de los grupos más pobres a otras áreas.
- La competencia por la tierra es alta en áreas con mosaicos de cultivos, sistemas agroforestales y remanentes forestales. La especulación y el alquiler de tierras son medios comunes para obtener ingresos, pero estas acciones impulsan la deforestación, dificultan las inversiones a largo plazo (por ejemplo, en árboles) y exacerban la degradación de la tierra. En los últimos años, la compra de grandes extensiones de tierra para establecer plantaciones de teca o palma aceitera se está volviendo más común.
- Los pastizales y las tierras en barbecho en diferentes etapas de regeneración ocupan la mayor parte del área en estos mosaicos, pero están bajo un manejo inadecuado y proporcionan pocos ingresos a los agricultores. El uso más común de esta tierra es la ganadería extensiva y la rotación de cultivos.
- Las opciones agroforestales y forestales son bastante promovidas por organizaciones gubernamentales y no gubernamentales (existe un discurso de conservación muy fuerte en estas organizaciones y también en ciertos grupos como los pueblos indígenas y algunos agricultores). La mayoría de estas intervenciones funcionan por poco tiempo y cuando finalizan los proyectos, en muchos casos, también se abandonan las prácticas implementadas.
- La equidad en la distribución de los recursos es un problema. Grandes áreas de tierra están en manos de unas pocas personas y la mayoría de los agricultores tiene pequeñas propiedades. Dado que la propiedad comunal no es una forma común de propiedad en la región, particularmente en los grupos no indígenas, hay pocas opciones para las personas sin tierra y los pequeños propietarios. Por lo tanto, se podría lograr un aumento de la cobertura arbórea en los paisajes si se involucra a los grandes agricultores, pero esto no se traducirá necesariamente en beneficios directos para los grupos más marginados.

- Tanto en Nicaragua como en Honduras, los conflictos innumerables relacionados con los derechos a los recursos naturales también están relacionados con conflictos por la tierra. Entre las situaciones y escenarios encontrados en el mosaico, surgen conflictos debido a: (i) la concesión de tierras bajo tenencia nacional a individuos o grupos sin documentación legal; (ii) la concesión a terceros de tierras reclamadas por pueblos indígenas; (iii) la asignación de tierras municipales sin que estas tierras se dividan; (iv) la invasión por terceros de tierras reclamadas por grupos indígenas, incluso en territorios demarcados y titulados; (v) la superposición de derechos de propiedad común entre diferentes comunidades indígenas; (vi) la expropiación de tierras bajo tenencia privada sin procedimientos legales y su asignación a beneficiarios de las reformas agrarias sin proceso legal de adjudicación de títulos; y (vii) la venta informal de tierras bajo regímenes de propiedad común y/o su asignación durante las reformas agrarias.
- Se valora la participación ciudadana en la gestión de los recursos naturales, pero persisten los desafíos para garantizar que esta participación sea efectiva y equitativa. Tanto en Honduras como en Nicaragua, la mayoría de los encuestados a través del proceso del PCNH dijo que no creía que hubiera mecanismos para participar en las decisiones sobre el uso de los recursos naturales (33 %) o que estos mecanismos funcionaran (22 %). Las opiniones variaron según los subgrupos de población; por ejemplo, el 40 % de todos los encuestados expresó que las mujeres y los productores agrícolas participan a menudo o siempre en el proceso de toma de decisiones; sin embargo, entre los pueblos indígenas, los porcentajes estimados de participación de mujeres fueron del 81 %, y entre los encuestados del sector privado del 42 %.
- El estado actual de la gobernanza local de los recursos naturales en los territorios indígenas presenta desafíos debido a procesos altamente complejos. Por un lado, las comunidades tienen sus propios procesos internos para gobernar el acceso a, uso y explotación de los recursos naturales que corresponden a un modelo de gobernanza indígena local tradicional

y han sido sancionados con frecuencia por reglas formales. Por otro lado, es necesario cumplir con las reglas formales para la explotación comercial de los bosques y otros recursos naturales. Esto implica respetar las normas nacionales formales, que no necesariamente tienen en cuenta los derechos comunales de los pueblos indígenas.

- Faltan mecanismos de gestión o coordinación entre Nicaragua y Honduras.
- Se espera que los efectos del cambio climático sean severos, particularmente con respecto al suministro de agua, y estos podrían ser exacerbados por los usos no sostenibles de la tierra.
- Los efectos de eventos extremos como los huracanes representan un serio desafío.

3.2 Intervenciones necesarias

- monitoreo geoespacial del cambio de uso del suelo y la deforestación (su dinámica) e implementación de indicadores para el monitoreo;
- producción forestal y gestión forestal con énfasis en el manejo comunitario para el mejor uso de los bosques, con inclusión de los productos maderables y no maderables;
- abordar los problemas creados por el avance de la frontera agrícola y la ganadería extensiva, así como promover opciones sostenibles para la reintroducción de árboles en paisajes degradados;
- gobernanza, instituciones y marco legal, con especial énfasis en la propiedad y la posición de los pueblos indígenas dentro de las leyes públicas y de acuerdo y en cumplimiento de las leyes actuales sobre propiedad;
- fortalecimiento de capacidades y mecanismos para difundir el conocimiento a diversas escalas desde los investigadores, técnicos y agentes de extensión hasta los agricultores y las personas que viven en el bosque.
- desarrollo de métodos, armonización de actividades entre varios actores dentro del Paisaje Centinela (diferentes Programas de Investigación del CGIAR [CRP, por sus siglas en inglés] y socios locales), para

implementar estudios de línea de base (recolección de datos) e intervenciones.

3.3 Brechas en la investigación

Las brechas en el conocimiento se pueden agrupar en tres temas principales:

Tema 1: Producción forestal y gestión forestal.

- ¿Cuáles son las tendencias en la cobertura del suelo dentro del paisaje?
- ¿Cuáles son los factores políticos, socioeconómicos y culturales que influyen en estas tendencias?
- ¿Cuáles son las implicaciones de estos cambios para los servicios ecosistémicos, tales como la mitigación del cambio climático y la red hidrológica, y la conectividad del paisaje?
- ¿Cuál es el estado potencial futuro del paisaje bajo diferentes escenarios de cambio?, y ¿hay estados en los que se pone en peligro el suministro de servicios ecosistémicos? Tomar en cuenta las proyecciones de una mayor cobertura de café y cacao en la Región Autónoma Atlántico Norte (RAAN), Nicaragua.
- ¿Cómo influye el marco político en el manejo forestal comunitario, cuáles son las barreras impuestas por el marco político y cómo se pueden eliminar?
- ¿Cuáles han sido los cambios en el bienestar de la comunidad vinculados a la explotación y el manejo forestal?
- ¿Cuáles son los efectos de la explotación y del manejo forestal en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los bosques comunitarios?
 - ¿Qué modificaciones se pueden implementar en las prácticas para mitigar los efectos negativos?
 - ¿Cómo interactúan las intervenciones forestales con la variabilidad climática para determinar los cambios en el bosque?
- ¿Cuáles son los efectos de los eventos climáticos extremos en el manejo forestal y cuáles son las medidas de adaptación necesarias en términos políticos y técnicos?
- ¿Cuáles son las implicaciones de las tendencias del mercado, el cambio climático potencial y otros factores para

el uso de la tierra en los territorios de la comunidad, y para el manejo forestal en particular?

- ¿Cuáles son los indicadores prácticos y relevantes para que los grupos de actores interesados monitoreen la evolución futura del uso y la conservación de los bosques y el bienestar de las comunidades?
 - ¿Son adecuados los marcos actuales o pueden modificarse?
 - ¿Es sostenible el manejo de acuerdo con los criterios de los diferentes grupos de actores?
- ¿Cuáles son las implicaciones de los factores anteriores con respecto a la resiliencia del sistema socioecológico?
- ¿Cómo difieren las respuestas a las preguntas anteriores entre los dos países y por qué?

Tema 2: Avance de la frontera agrícola y opciones para introducir árboles en paisajes degradados.

- ¿Se puede observar una transición forestal y cambios en el uso de la tierra? ¿Existen?
- ¿Cuáles son las condiciones que existen en cada una de estas etapas?
- ¿Hay formas de pasar de la degradación forestal a una etapa de recuperación sin atravesar la degradación máxima?

Preguntas específicas con énfasis en la transición a la reforestación y la fase agroforestal:

- ¿Cuáles son los tipos o modelos de reintroducción de árboles en el paisaje?
- ¿Cuáles son las condiciones o las trayectorias que conducen a este tipo de reintroducción de árboles?
- ¿Cuáles son las consecuencias de los diferentes modelos de reintroducción de árboles (con énfasis en los servicios del ecosistema, los medios de vida y la equidad)?
- ¿Cómo asegurar que se sostengan las intervenciones que promueven la reforestación y la agroforestería?
- ¿Cómo respaldar la intensificación en los sistemas de producción (por ejemplo, ganadería y agroforestería)?

Tema 3: Gobernanza, marcos legales e instituciones.

- ¿Cuáles son las demandas, necesidades e intereses de los pueblos indígenas en toda

su diversidad y cuál es la mejor manera de incorporarlos en una política estatal inclusiva en el Paisaje Centinela?

- Identificar las demandas e intereses de los pueblos indígenas.
- Identificar las debilidades específicas de la política estatal y la relación con los pueblos indígenas.
- Desarrollar estrategias de promoción y mecanismos de comunicación y negociación.
- Incorporar los intereses y necesidades de los pueblos indígenas en los planes de desarrollo estratégico en los diferentes niveles de gobierno
- ¿Cuáles son las dinámicas y factores que fomentan la invasión y usurpación de las tierras?
 - Obtener información relevante a corto plazo para la toma de decisiones y garantizar los derechos de propiedad.
 - Promover la seguridad de tenencia de los pequeños productores y pueblos indígenas.
- ¿Cuál es el estado de los recursos naturales y su potencial económico para el uso sostenible?
 - Investigar los ciclos de producción en el ecosistema.
 - Identificar los mercados.
 - Conocer los impactos socioeconómicos y ecológicos del uso, tanto legal como ilegal, de los recursos naturales.
- ¿Cuáles son las demandas e intereses de los pueblos indígenas y otros grupos étnicos que viven en reservas naturales y áreas de expansión de la frontera agrícola?
- ¿Cuáles son los indicadores prácticos y relevantes para las diferentes partes interesadas para monitorear la evolución en el uso de la tierra, la conservación de los bosques y el bienestar humano dentro de las comunidades?
- ¿Cuáles son las implicaciones de la gobernanza, el cambio climático y el manejo forestal comunitario para la resiliencia de este sistema socioecológico?
- ¿Cuáles son las nuevas oportunidades y las áreas claves en las políticas nacionales y locales actuales para asegurar la incidencia de los grupos indígenas y otros grupos étnicos en la formulación de políticas?

4 Descripción de los datos y de la información recopilada

La iniciativa Paisajes Centinela ha progresado rápidamente hacia la comprensión de los parámetros importantes de la salud del ecosistema, así como de los impulsores de la degradación de la tierra en una variedad de ecosistemas en los trópicos a nivel mundial. Una parte importante de esta iniciativa es la integración de encuestas socioeconómicas y parámetros de salud del ecosistema. Todos los datos están disponibles en: <http://dx.doi.org/10.7910/DVN/OTSSRA>.

4.1 Datos biofísicos

El Land Degradation Surveillance Framework (Marco de Vigilancia de la Degradación de la Tierra, LDSF, por sus siglas en inglés) es un diseño de muestreo aleatorio espacialmente estratificado, desarrollado para proporcionar una línea de base biofísica a nivel de paisaje y un marco de monitoreo y evaluación para estudiar los procesos de degradación de la tierra y la eficacia de las medidas de rehabilitación a lo largo del tiempo (Vågen *et al.* 2013b) (Figura 5). Las variables medidas incluyeron: cobertura del suelo, densidades de árboles y arbustos, biodiversidad de árboles, prevalencia de erosión y capacidad de infiltración; en conjunto con una evaluación del impacto para el hábitat y la presencia de estructuras de conservación del suelo. También se recolectaron y procesaron muestras de suelo. Se recogieron muestras de superficie del suelo (0–20 cm) en cada subparcela ($n = 4$) por parcela y muestras del subsuelo (20–50 cm) en cada subparcela ($n = 4$) por parcela. Las muestras procesadas se sometieron a espectroscopía infrarroja y análisis de química húmeda. Estos conjuntos de datos se utilizaron para evaluar la salud del suelo y del ecosistema para el paisaje.



Figura 5. Capacitación del equipo local en metodología biofísica en un sistema agroforestal de café

Créditos: Norvin Sepúlveda

El LDSF se ha aplicado en más de 35 países en los trópicos para obtener evaluaciones de línea de base sobre la degradación de la tierra a escalas espaciales múltiples, así como para realizar evaluaciones locales de la salud del suelo y la degradación de la tierra con resoluciones espaciales de 5–30 m (Vågen *et al.* 2013b; Vågen y Winowiecki, 2013; Winowiecki *et al.* 2016a) y a escala continental con una resolución espacial de 500 m (Vågen *et al.* 2016). Además, el LDSF se ha utilizado para evaluar el efecto del cultivo en indicadores claves de la salud del suelo como el carbono orgánico (Winowiecki *et al.* 2016b), para mapear la

cobertura herbácea como una medida de la salud de los pastizales, así como para evaluar el potencial de restauración del suelo en los pastizales (Winowiecki *et al.* 2018) y los sistemas agrícolas de pequeños productores (Lohbeck *et al.* 2018), entre otras aplicaciones. Para obtener más información, visite: <http://landscapeportal.org> o <http://landscapeportal.org/blog/2015/03/25/the-land-degradation-surveillance-framework-ldsf/>.

La metodología tiene cuatro componentes principales:

1. un diseño de muestreo de campo jerárquico y estratificado espacialmente que utiliza bloques de estudio de 10x10 km que contienen: 16 clústers de 1 km², 160 parcelas de 1 000 m² y 640 subparcelas de 100 m² (Tabla 1);
2. uso de espectroscopía infrarroja del suelo para la predicción de sus propiedades;
3. uso de métodos de teledetección y aprendizaje conjunto para mapear la degradación de la tierra y la salud del suelo
4. teledetección para mapear la cobertura del suelo y el cambio de uso del suelo.

El LDSF se llevó a cabo en los cuatro bloques de estudio en 2012. Estos sitios se seleccionaron usando un diseño de muestreo aleatorio estratificado por la intensidad de uso de la tierra y la cubierta forestal (por ejemplo, desde bosques naturales protegidos en Río Plátano, sistemas agroforestales perennes en El Tuma-La Dalia, hasta sistemas de pastoreo intensivo en Río Blanco).

4.2 Línea de base socioeconómica

Encuestas socioeconómicas

El estudio socioeconómico de referencia utilizó varias herramientas que se aplicaron a nivel comunitario y familiar para recopilar información sobre indicadores de pobreza, calidad de vida, seguridad alimentaria y uso de los recursos forestales (Tabla 2). Los datos socioeconómicos se recolectaron en las mismas comunidades donde se realizaron las evaluaciones biofísicas. Los hogares fueron muestreados al azar a partir de la lista de la comunidad proporcionada por los líderes locales. Con los datos,

se desarrolló una Guía de construcción de indicadores socioeconómicos sobre dependencia agrícola, diversificación de ingresos, pobreza y seguridad alimentaria para el Paisaje Centinela de Nicaragua y Honduras (Sepúlveda *et al.* 2015). Los protocolos y los datos están disponibles en: <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/G42GSD> y <https://doi.org/10.7910/DVN/G42GSD>.

- Línea de base de Paisajes Centinela - Resumen metodológico¹
- Módulo del hogar del Paisaje Centinela²
- Formularios International Forest (IFRI) A³, F⁴, R⁵ y S⁶
- Guía de campo de vigilancia de degradación de la tierra⁷
- Land Degradation Surveillance Framework (Marco de Vigilancia de la Degradación de la Tierra, LDSF, en inglés)⁸

Encuestas comunitarias

Se realizó una encuesta del Instituto Internacional de Investigación de Políticas Alimentarias (IFRI, por sus siglas en inglés) sobre asentamientos, asociaciones, bosques, productos y pobreza: Para desarrollar la base socioeconómica, se hicieron talleres con grupos de al menos 30 participantes y grupos focales con un número menor (particularmente para usos y productos). Se realizaron entrevistas individuales con informantes claves como líderes comunitarios, maestros y otras personas con conocimientos y perspectivas particulares, según lo recomendado por los líderes de las aldeas.

1 http://www1.cifor.org/fileadmin/subsites/sentinel-landscapes/document/SL_Baseline.pdf

2 http://www1.cifor.org/fileadmin/subsites/sentinel-landscapes/document/SL_Household_Module.pdf

3 http://www1.cifor.org/fileadmin/subsites/sentinel-landscapes/document/Association_Form_A.pdf

4 http://www1.cifor.org/fileadmin/subsites/sentinel-landscapes/document/Forest_Form.pdf

5 http://www1.cifor.org/fileadmin/subsites/sentinel-landscapes/document/SL_Product_Form_R.pdf

6 http://www1.cifor.org/fileadmin/subsites/sentinel-landscapes/document/SL_Settlement_Form.pdf

7 http://www1.cifor.org/fileadmin/subsites/sentinel-landscapes/document/LDSF_Field_Guide.pdf

8 <http://landscapeportal.org/blog/2015/03/25/the-land-degradation-surveillance-framework-ldsf/>



Figura 6. Hogar en el sitio de Mina Columbus

Créditos: Norvin Sepúlveda.

Tabla 1. Número de mediciones tomadas por bloque de estudio LDSF

País	Sitios	Línea de base biofísica				
		Infiltración	Suelos (suelo superficial y subsuelo)	Suelos (muestras acumulativas)	Vegetación (parcelas)	Árboles (subparcelas)
Nicaragua	El Tuma-La Dalia	48	320	480	160	640
	Mina Columbus	48	320	480	160	640
Honduras	Río Plátano	48	320	480	160	640
	Río Blanco	48	320	480	160	640
Total	4	192	1280	1920	640	2560

Tabla 2. Mediciones socioeconómicas por país y por sitio de PC

País	Sitio	Línea de base socioeconómica					
		Encuesta de hogares	Encuestas comunales				
			Asentamientos	Asociación	Bosques	Productos	Estadios de pobreza
Nicaragua	El Tuma-La Dalia	297	8	10	28	104	8
	Mina Columbus	302	8	7	9	302	8
Honduras	Río Plátano	146	9	11	14	146	9
	Río Blanco	104	8	0	18	104	8
Total	4	849	33	28	69	849	33

Componentes de género: El equipo de recopilación de datos trabajó para involucrar tanto a hombres como a mujeres, con el objetivo de encuestar al 50 % de hombres y al 50 % de mujeres. Para lograr un equilibrio de género, las entrevistas consideraron no solo las actividades agrícolas sino también las actividades del hogar.

Mapeo institucional: Este mapeo se realizó para encuestar a las instituciones involucradas en la gobernanza y el uso de los recursos naturales con el fin de: (i) comprender los entornos institucionales y el estado de la gobernanza de los recursos naturales en el PC; (ii) documentar cómo operan las instituciones de interés e ilustrar las

tendencias en la complejidad, los problemas y los desafíos de su funcionamiento; (iii) identificar y describir a los principales actores involucrados en la gobernanza de los recursos naturales; y (iv) establecer una lista de indicadores medibles que podrían usarse para monitorear los cambios institucionales en los paisajes. Para la implementación del mapeo institucional, CIRAD, el Instituto Nitlapan

de la Universidad Centroamericana (UCA) y CATIE-Honduras desarrollaron un enfoque pluridisciplinario dentro de un equipo formado por agroeconomistas, ingenieros forestales y sociólogos. Se desarrolló e implementó un protocolo para mapeo institucional a escala de paisaje con el liderazgo de Sandrine Fréguin-Gresh (CIRAD) en conjunto con Nitlapan y CATIE (Fréguin-Gresh *et al.* 2014).

5 Descripción de otros proyectos vinculados con el PCNH

CATIE dirigió el proceso para encontrar puntos en común entre los diferentes actores que trabajan en el PCNH con el fin de crear sinergias, mecanismos de cooperación e intercambio de datos para adelantar aún más las intervenciones necesarias en la iniciativa PC. La colaboración entre los Centros del CGIAR y los Programas de Investigación del CGIAR (CRP, por sus siglas en inglés) existió en la primera fase en Nicaragua, aunque no hubo un mecanismo central de coordinación de todas las actividades de los Centros/CRP. El trabajo de CRP en los trópicos húmedos dio como resultado una plataforma nacional de investigación para el desarrollo que representaba a los sectores de producción de café, cacao y mixtos (de cultivos básicos y de ganado) del país. A nivel local, se establecieron tres Alianzas de Aprendizaje Territorial con 41 organizaciones locales que representaban a los tres sectores productivos objetivo e incluían a los ámbitos académico, de investigación, el sector público, la sociedad civil, las asociaciones de mujeres y agricultores y las cooperativas. Sobre la base de esas colaboraciones se realizó una consulta nacional en noviembre de 2015 con los socios, los CRP y los Centros CGIAR para ayudar a identificar el enfoque y las modalidades del trabajo colaborativo. Entre los participantes estuvieron representantes de Bioversity International, del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), del Centro Internacional de la Papa (CIP), del Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF, por sus siglas en inglés) y del Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI, por sus siglas en inglés), así como de CATIE, CIRAD y los Programas de Investigación del CGIAR-CRP (CCAFS⁹, Livestock¹⁰,

9 Programa de Investigación del CGIAR sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria.

10 Programa de Investigación de CGIAR sobre Producción Pecuaria

A4NH¹¹, PIM¹², FTA¹³, RTB¹⁴ y WLE¹⁵) y más de 20 socios nacionales.

Se movilizaron otras sinergias con la inclusión de cinco proyectos del CATIE: el Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP Noruega), Finnfor y tres programas institucionales (Red Internacional de Bosques Modelo, Gestión Forestal Sostenible y el Programa Centroamericano de Gestión Integral de la Roya del Café -PROCAGICA- en Nicaragua-Honduras [adaptación del café a la roya y al cambio climático]). El desarrollo de modelos de manejo para bosques secundarios que apoyan la Iniciativa 20x20 es otro proyecto importante llevado a cabo por el CATIE en sinergia con la iniciativa PCNH.

En Nicaragua, el CIRAD tiene dos proyectos relacionados con la iniciativa PCNH: Stradiv (concepción de sistemas agroecológicos en el café desde múltiples actores) y Forecast (en busca de territorios rurales multifuncionales, sostenibles y conectados que dependen de la multifuncionalidad en la agricultura). Bioversity International / CCAFS y CATIE han trabajado juntos en otro proyecto relacionado de adaptación climática a través de ensayos en las fincas, con el uso del enfoque de comparación triádica de tecnologías (tricot) -evaluación masiva participativa- mientras continúan el trabajo con datos para mejorar la alerta temprana en los cultivos.

11 Programa de Investigación del CGIAR sobre Agricultura para la Nutrición y la Salud

12 Programa de Investigación del CGIAR sobre Políticas, Instituciones y Mercados.

13 Programa de Investigación del CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería.

14 Programa de Investigación del CGIAR sobre Raíces, Tubérculos y Bananos.

15 Programa de Investigación del CGIAR sobre Agua, Tierra y Ecosistemas.

6 PCNH: recopilación conjunta de datos e investigación a través de relaciones institucionales

Los estudios de línea de base fueron dirigidos por ICRAF y CATIE en colaboración con organizaciones locales como la Universidad Nacional Agrícola de Catacamas, la Fundación Green-Wood, el Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) de Honduras, la Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense (URACCAN), el CIRAD, Nitlapan (Nicaragua), el CIAT y las Oficinas Técnicas Nacionales del CATIE en ambos países.

Desde 2012, varios socios regionales han participado en la iniciativa Paisaje Centinela:

- En Nicaragua: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, la Universidad Nacional Agraria, la Fundación Madre Tierra, el Instituto Técnico de Waslala, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Forestal, la Secretaría Técnica de Bosawás, la Universidad Centroamericana, el Instituto de Investigación y Desarrollo Nitlapan (UCA-Nitlapan), la Universidad Nacional de Ingeniería y el Instituto de Conservación Forestal - URACCAN.
- En Honduras: la Universidad Nacional Agraria, la Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Agricultura y Ganadería y la Corporación Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ).

Un total de 12 organizaciones no pertenecientes al CGIAR participaron activamente en la selección de sitios y la recopilación de datos. Dieciocho integrantes de seis organizaciones recibieron capacitación en la metodología de campo biofísico: CATIE, Universidad Nacional Agrícola (UNAG) en Catacamas, Fundación Madera Verde (FMV) en La Ceiba, ICF en Tegucigalpa, Honduras; y CIAT y URACCAN

en Nicaragua. Además, 24 personas de cinco organizaciones tomaron parte en la capacitación sobre métodos participativos para entrevistas domiciliarias realizada por la red del Instituto Internacional de Investigación de Políticas Alimentarias (IFRI, por sus siglas en inglés).

En Nicaragua, el protocolo de mapeo institucional se implementó en 11 municipios (de 18 del PCNH) y 6 territorios indígenas (de 18 del PCNH). La mayoría de los municipios (9) y los territorios indígenas (5) se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera de Bosawás. El protocolo se aplicó con dos tipos de instrumentos y se cubrió cuatro escalas dentro del paisaje: el nivel nacional, el nivel regional (Región Autónoma de la Costa Caribe Norte) o departamental, el nivel municipal / territorial (para estos tres niveles se utilizó un cuestionario de gobernanza); y el nivel comunitario (aplicación del protocolo IFRI revisado). Se eligió un estudio de caso en el territorio indígena de Diez Comunidades (municipio de Puerto Cabezas), centrado en el bloque de seis comunidades miskitas SIPBAA (la abreviatura corresponde a las iniciales del nombre de las comunidades que forman el grupo/bloque)¹⁶, y ubicado en la zona de amortiguamiento de la Reserva de Biosfera Bosawás. El cuestionario sobre gobernanza se aplicó ampliamente a más de 60 representantes de agencias estatales a cargo de la gestión de recursos naturales, pero el equipo no logró incluir a representantes del sector privado, de la cooperación externa ni de la sociedad civil debido a limitaciones de tiempo y presupuesto.

16 Sangilaya, Il Tara, Panua, Butku, Auhya Tara y Auhya Pihni (SIPBAA)

En Honduras, el protocolo de mapeo institucional se implementó en 2 municipios (de 8 dentro del PCNH): Catacamas (departamento de Olancho) e Iriona (departamento de Colón). Se eligieron estos municipios porque coinciden con la ubicación de los sitios donde se realiza el estudio biofísico y socioeconómico de referencia. Tanto en Iriona como en Catacamas se eligió una comunidad para la aplicación del protocolo IFRI revisado para elaborar dos estudios de caso. El cuestionario sobre gobernanza se utilizó con representantes de las partes interesadas principales involucradas en la gobernanza de los recursos naturales a nivel nacional, municipal y comunitario, pero, en contraste con Nicaragua, el cuestionario se utilizó con una selección de representantes de agencias estatales, del sector privado y de cooperativas.

Se estableció una estrecha relación con CIRAD-Nitlapan para el análisis del impacto de la migración humana y otros procesos sociales en la evolución del uso de la tierra, así como en los árboles en los bosques y fuera de los bosques de la red PCNH; y para el intercambio de datos:

- Para articular la ciencia, el desarrollo rural y la educación en Nicaragua se realizaron un seminario y taller nacional con la participación masiva de un total de 12 ONG, 8 organizaciones gubernamentales, 8 universidades, 6 centros internacionales y 4 cooperativas internacionales. Los temas centrales se desarrollaron en torno al trabajo en la región central de Nicaragua que forma parte del Paisaje Centinela.
- Proyectos como CATIE/MAP Noruega han trabajado en el PCNH y recopilado mucha información en ocho municipios correspondientes a la parte nicaragüense del mismo (donde se encuentran las parcelas 4, 8 y 13). Esta base de datos contiene información sobre familias (toma de decisiones, seguridad alimentaria), fincas (usos de la tierra, riqueza y densidad de árboles, rendimiento), cadenas de valor, así como sobre organizaciones y plataformas que trabajan en el área. Se pueden compartir los datos y métodos.
- Varios Centros CGIAR y CRP están operando en varias secciones del PCNH. Una alianza entre CIAT, CATIE y CIRAD

ha dado inicio a un proceso para poner a todos en contacto y mantenerlos bien informados.

- CATIE participa en la preparación de varias propuestas de proyectos en alianza con colegas de Bioversity International, CIRAD, CATIE y otros. Se realizarán más investigaciones en el PCNH. También se está produciendo una mayor integración entre ICRAF y CATIE.
- Estudiantes de intercambio de universidades en Nicaragua, Honduras, Colombia y Francia también participaron en actividades del Paisaje Centinela.

La diversidad de respuestas por parte de los socios refleja sus diferentes antecedentes en cada sitio; algunos tienen una red de investigación mucho más fuerte y otros una red gubernamental y de desarrollo más sólida. Esto presenta oportunidades de colaboración para desarrollar una plataforma de investigación e intervención para compartir información sobre el paisaje, la experiencia acumulada en otros proyectos o adquirida por otras organizaciones, y las fuentes de información para delinear proyectos e intervenciones. Existe un claro interés en los sistemas para monitorear la deforestación, en las oportunidades para alinear iniciativas nuevas con los esfuerzos de monitoreo existentes en el paisaje y en el desarrollo de capacidades para las organizaciones locales.

El CATIE, dentro de su rol en el FTA, continuó desempeñando un papel clave como facilitador y líder en la plataforma o red 'Ciencia, Desarrollo Rural, Política y Educación', iniciativa de múltiples actores interesados (el sistema universitario, el Gobierno, el sector privado, las ONG, los donantes, etc.) del Consejo Nicaragüense de Ciencia y Tecnología- CONICYT- de la Vicepresidencia de Nicaragua. La plataforma se reúne de acuerdo con una agenda acordada entre los miembros e incluye actividades tanto a nivel nacional como local. Actualmente, miembros internacionales nuevos también se han unido a la plataforma. El Macizo de Peñas Blancas, un área icónica protegida dentro del PCNH, adoptó un enfoque de desarrollo climáticamente inteligente y se creó una

plataforma local para organizar a los diversos actores involucrados (agricultores, pequeños operadores turísticos, universidades, etc.).

El proyecto CATIE/ MAP de Noruega desarrolló un Territorio Climáticamente Inteligente (CST, por sus siglas en inglés) dentro del PCNH en Nicaragua (CST-Peñas Blancas) que continúa trabajando en el sitio.

CCAFS/ Bioversity International han estado trabajando en el PCNH desde 2012 con el establecimiento de dos parcelas para el monitoreo a largo plazo de los efectos del cambio climático sobre la agricultura y la población.

Estudiantes internacionales: Siete estudiantes de intercambio de dos universidades en Colombia (Universidad del Tolima y Universidad de Nariño) produjeron informes e investigaciones sobre el PCNH.

CATIE desarrolló tesis en el Paisaje Centinela

Tesis del CATIE: Un investigador postdoctoral y 41 estudiantes de maestría desarrollaron sus investigaciones en el PCNH entre 2012 y 2017 (ver Anexo 1; documentos disponibles en www.paisajecentinela.org).

Presentaciones, informes y otros recursos.

- Como parte de las actividades para apoyar a otros equipos de la iniciativa, el equipo del Paisaje Centinela Nicaragua-Honduras viajó a Perú para compartir la metodología, las experiencias y las lecciones aprendidas de la aplicación de Land Degradation Surveillance Network (LDSF). Se realizaron tres presentaciones sobre la importancia de los sitios de monitoreo del Paisaje Centinela, el uso de la metodología LDSF, los desafíos y las soluciones. Se hizo un análisis preliminar de los datos recién recolectados que incluyó las curvas de capacidad de infiltración. Todos los participantes pudieron usar los materiales y el equipo para luego capacitar a otros miembros de los equipos locales.
- CATIE-FTA publicaron un estudio detallado sobre la contribución de los árboles frutales y maderables en pequeñas fincas y huertos familiares en el área más poblada de Nicaragua: la zona de los

Pueblos Blancos. La publicación se puede descargar en: https://www.researchgate.net/publication/310750923_Frutales_y_maderables_en_patios_y_fincas_de_la_zona_de_Los_Pueblos_Nicaragua

- El proyecto CATIE/MAP Noruega ha producido una gama de herramientas y recursos para agricultores sobre prácticas agrícolas alternativas relacionadas con una variedad de cultivos y ganado (por ejemplo, café, cacao, ganadería, sistemas silvopastoriles, huertos caseros y granos básicos). La distribución se centró en los agricultores y los servicios de extensión agrícola. Todos los documentos están disponibles en <https://catie.ac.cr/publicaciones-catie/>

Las publicaciones, datos y otra información fueron divulgados y ampliamente distribuidos a organizaciones nacionales, productores y universidades.

Reuniones y Talleres

- Taller internacional: Análisis de datos en el Paisaje Centinela, CATIE, marzo de 2014. El taller involucró a participantes de las ocho iniciativas de Paisajes Centinela que trabajan en todo el mundo en contextos biofísicos y socioeconómicos muy diferentes. El objetivo fue analizar los datos y la metodología para las líneas de base biofísicas y socioeconómicas, tal como se desarrollaron en el PCNH. Las presentaciones y los documentos del taller están disponibles aquí:
 - https://www1.cifor.org/fileadmin/subsites/sentinel-landscapes/document/SL_Data_Analysis_Workshop.pdf
 - <https://www.slideshare.net/ForestTreesSentinelL/using-systematic-field-surveys-to-assess-the-effects-of-land-use-on-soil-health-across-diverse-landscapes>
 - Los estudios biofísicos y socioeconómicos de referencia y sus bases de datos relevantes se han presentado y compartido en el PCNH - Nicaragua a través de una serie de seminarios para personal técnico en ONG y organizaciones gubernamentales de Matagalpa, Jinotega y Carazo. El Programa

Agroambiental Mesoamericano (MAP, por sus siglas en inglés) financió un evento de intercambio de conocimientos para compartir los principales hallazgos de los estudios de base con los agricultores y otras partes interesadas locales en Matagalpa, parte del PCNH.

- Se llevó a cabo un minisimposio titulado 'Los árboles en las fincas: su presencia y contribución a las familias rurales', dirigido por ICRAF y CATIE. CATIE- Costa Rica realizó un taller internacional sobre el uso e integración de bases de datos existentes para dar respuesta a preguntas claves de investigación para el programa Paisaje Centinela (Turrialba, Costa Rica, 10–11 de noviembre de 2016). Los objetivos de este taller fueron: (i) discutir el análisis de los datos de referencia a través de los PC con respecto a las seis preguntas centrales de investigación; (ii) explorar el contenido de las diversas bases de datos disponibles para el PCNH y la viabilidad/ el potencial de combinar varias fuentes

de datos para abordar las preguntas centrales de investigación; y (iii) discutir lo que es posible en cuanto a la redacción de documentos integrados. El documento está disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=Dv97YUHJtC>.

- Como parte de las actividades de apoyo a otros equipos de PC, el coordinador de campo del Paisaje Centinela Nicaragua-Honduras, Norvin Sepúlveda, y el asistente técnico Noel Ulloa viajaron a Perú para compartir la metodología, las experiencias y las lecciones aprendidas sobre la aplicación de LDSF.
- En coordinación con la plataforma nacional 'Articulando la ciencia, la educación y el desarrollo rural', se desarrollaron cuatro talleres sobre temas como el cambio climático, la importancia de los árboles fuera del bosque, los árboles para usos múltiples y la importancia del ganado en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y su reducción.

7 Bases de datos y análisis de la información

Biofísica: Los indicadores claves medidos como parte de los estudios biofísicos de campo incluyen la densidad de árboles y arbustos, la cobertura leñosa y herbácea, la diversidad de especies leñosas, el uso del suelo y el historial de uso del suelo; además de la salud, la prevalencia de la erosión y la capacidad de infiltración del suelo. Los diversos conjuntos de datos generados como parte de la iniciativa Paisaje Centinela son compartidos a través de Harvard Dataverse. Los datos de LDSF están disponibles actualmente en Sepúlveda (2016). Esta información se ha utilizado para identificar las prioridades de las actividades agrícolas para los proyectos propuestos en El Tuma-La Dalia. Además, estos datos se han presentado en talleres nacionales sobre restauración y uso del suelo.

Asimismo, una herramienta en línea para explorar todos los datos de LDSF recopilados en los Paisajes Centinela, incluidas las cuatro muestras de LDSF en el PC Nicaragua-Honduras, está disponible en: <http://landscapeportal.org> (Figura 7).

Base de datos de libre acceso

- Bases de datos agroforestales de CATIE disponibles en: <http://thedata.harvard.edu/dvn/dv/CATIE>.
- 18 conjuntos de datos tradicionales compilados y archivados en: <http://thedata.harvard.edu/dvn/dv/N-H-SL>.
- 10 años de bases de datos sobre agroforestería cafetalera en Nicaragua en: <https://dataverse.harvard.edu/dataverse/CATIE>.
- 126 conjuntos de datos espaciales compilados y archivados en: <http://thedata.harvard.edu/dvn/dv/SL>.
- CATIE-FTA han desarrollado una página web: <https://paisajecentinela.org/> NicaraguaHonduras, donde se han subido varios documentos.
- El modelo de dinámicas forestales de GAVILÁN está terminado y está disponible en: <https://www.catie.ac.cr/gavilan>.
- La información sobre los Paisajes Centinela en Nicaragua se encuentra en FB: www.facebook.com/catienicaragua.

The screenshot shows the 'Project Details' page for the 'Sentinel Landscapes (SL) initiative' on the 'World Agroforestry Centre' website. The page features a map of the initiative's geographic areas, a list of project details (Scientist: Tor-G. Vågen, Date: July 19, 2017, 5 p.m., Donor: CGIAR Research Program on Forests, Trees and Agroforestry (FTA), Grant Ref: Members:), and a 'Social' section with icons for RSS, Facebook, Twitter, and Google+. There is also a 'Recent Posts' section with a message: 'No project related posts at this time'. The page is part of a navigation structure including 'HOME', 'ABOUT', 'LAYERS', 'MAPS', 'TOOLS', 'PROJECTS', 'BLOG', and 'RESOURCES'.

Figura 7. Captura de pantalla de la página principal de la herramienta en línea: SL Explorer: <http://landscapeportal.org/projects/1>

8 Datos recopilados directamente por la iniciativa PCNH

Los datos recopilados en el PCNH ayudaron a identificar algunas tendencias en la cobertura/ usos de la tierra dentro de un mosaico de paisajes de intensidad de uso, así como a vincular estas tendencias con factores socioeconómicos. Además, se observaron y demostraron atributos o métricas relacionadas con el funcionamiento del ecosistema (por ejemplo, los beneficios de tener árboles en el paisaje para reducir la prevalencia de la erosión del suelo). En las siguientes subsecciones se presentan los resultados principales del estudio de base de la iniciativa PCNH.

8.1 Área cultivada

A nivel de parcela: Estas observaciones se registraron en cada una de las parcelas de 160–1 000 m² por sitio. Se usó un modelo de efectos mixtos lineales generalizados para estimar el área bajo cultivo en cada sitio de 10 000 ha. En El Tuma-La Dalia se cultiva más del 50 % del sitio, mientras que las estimaciones de área cultivada fueron inferiores al 25 % para Mina Columbus y Río Blanco, y menos del 5 % para Río Plátano. Los principales cultivos en El Tuma-La Dalia eran el café y los granos básicos. En Mina Columbus eran el maíz, la yuca y el arroz; mientras que en Río Blanco predominaban la ganadería, el maíz y el frijol. El siguiente gráfico muestra el porcentaje de área cultivada por sitio. Río Plátano es todavía bosque y, por lo tanto, se cultiva muy poco o casi nada (Tabla 3).

La relación de usos de la tierra entre cultivos, pastos y bosques difiere en cada sitio. En El Tuma-La Dalia, el café bajo sombra es el cultivo principal y representa hasta el 70 % del área cultivada. Río Plátano es el sitio con la mayor proporción de bosque (con un 70 %), seguido por Mina Columbus (con un 28 %). Río Blanco es predominantemente un sitio ganadero, con un 70 % del área cubierta por pastizales.

Tabla 3. Porcentaje de área cultivada, pastizales y cubierta forestal por sitio

Sitio	Con cultivos %	Pastos %	Cobertura forestal %
El Tuma-La Dalia	59		18
Mina Columbus	12		28
Río Blanco	11	70	6
Río Plátano	10		70

8.2 Vinculación de métricas

Densidad arbórea y prevalencia de la erosión en áreas cultivadas y seminaturales:

La densidad arbórea promedio fue de 543 árboles por ha y 266 árboles por ha en Mina Columbus y El Tuma-La Dalia, respectivamente (Figura 8). Nótese que el LDSF utilizó el Sistema de Clasificación de Cobertura y Uso de la Tierra de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que usa la siguiente definición de árbol: "vegetación leñosa que mide más de 3 metros". En áreas cultivadas, este número disminuyó para ambos sitios. La Figura 8 ilustra cómo se relacionan la prevalencia de la erosión y la densidad arbórea, tanto en áreas cultivadas (1) como seminaturales (0) en los dos sitios. La prevalencia de erosión fue mayor en áreas con baja densidad de árboles (Figura 9).

8.3 Capacidad de infiltración

La infiltración se midió en tres parcelas por grupo, para un total de 48 parcelas por sitio, con el uso de un infiltrómetro de anillo único. La capacidad de infiltración promedio se trabajó utilizando modelos de efectos mixtos no lineales. La infiltración fue mayor en las

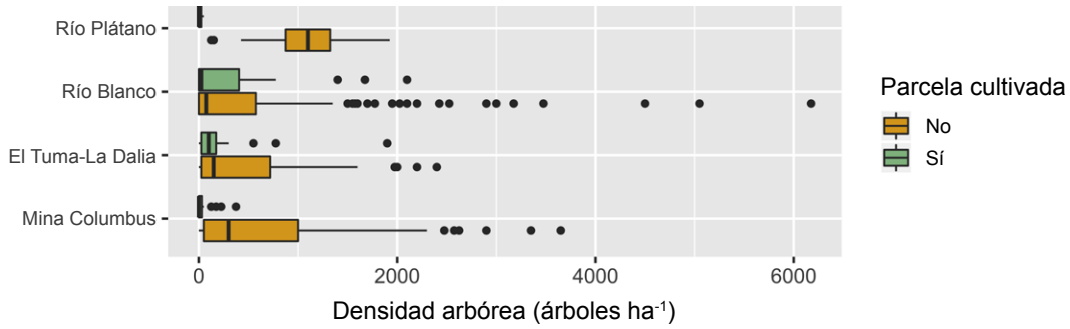


Figura 8. Densidades de árboles en parcelas cultivadas y no cultivadas para cada uno de los cuatro sitios

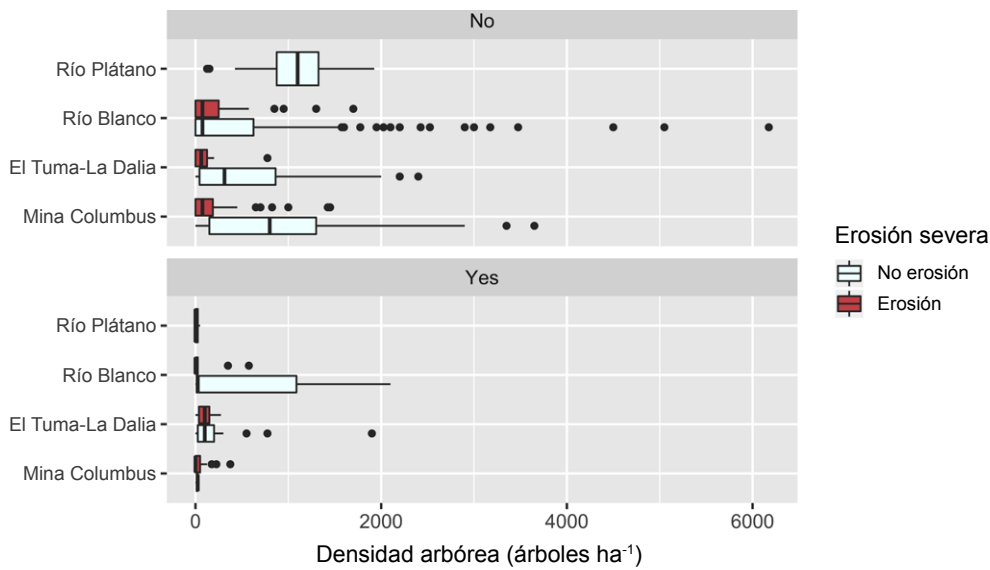


Figura 9. Comparación de densidades de árboles en parcelas severamente erosionadas versus parcelas no erosionadas en parcelas cultivadas (1) y no cultivadas (0), en sitios LDSF: El Tuma-La Dalia y Mina Columbus

Nótese las mayores densidades de árboles en parcelas no erosionadas, especialmente en las parcelas no cultivadas (0)

parcelas con árboles (1) en comparación con las parcelas sin árboles (0), como se muestra a continuación. Además, la infiltración fue mayor en las parcelas no erosionadas (0) que en las parcelas erosionadas (1) (Figura 10), lo que refleja la relación entre la densidad de los árboles y la prevalencia de la erosión mencionada anteriormente.

8.4 Análisis de suelos

Todas las muestras de suelo se secaron al aire y se procesaron localmente para pasar a través de un tamiz de 2 mm. Las submuestras se enviaron al Laboratorio de Diagnóstico Espectral de Suelo de ICRAF en Nairobi, Kenia, para su análisis posterior. Todas las muestras de suelo fueron analizadas para

absorbancia de Espectroscopía Infrarroja Media (MIR, en inglés) en el laboratorio de ICRAF. Treinta y dos muestras de referencia de cada sitio fueron sometidas a análisis químicos húmedos tradicionales. Estos datos de química húmeda se usaron para desarrollar modelos de calibración para predecir las propiedades del suelo en todo el conjunto de datos con el empleo de los espectros MIR.

La textura del suelo (contenido de arena, limo y arcilla) se midió con un Analizador de Tamaño de Partículas por Difracción Láser (LDPSA, en inglés) de HORIBA (LA950) después de agitar cada muestra de suelo durante 4 minutos en una solución de hexametáfosfato de sodio al 1 %, en el laboratorio de ICRAF. El nitrógeno total y el carbono orgánico se midieron por combustión en seco con el uso de un

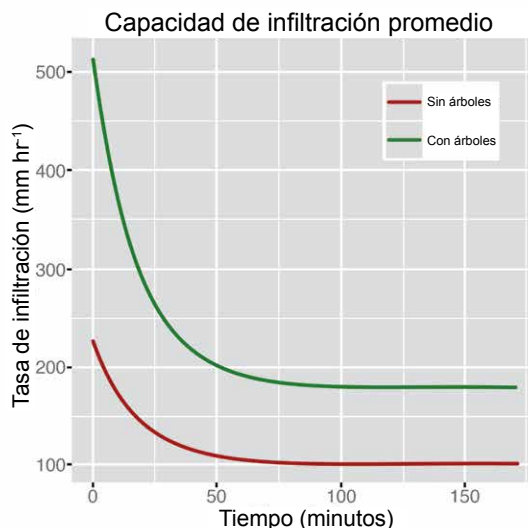


Figura 10. Capacidad de infiltración en presencia de árboles (1) y sin árboles (0)

Nota: las mayores tasas de infiltración se dan en presencia de árboles

Analizador Elemental/Espectrometría de Masas de Relación Isotópica (EA-IRMS, en inglés) de Europa Scientific, después de eliminar el carbono inorgánico con HCl 0,1 N, en el laboratorio ISO-Analytical ubicado en Crewe, Cheshire, Reino Unido. El pH del suelo y las bases intercambiables se analizaron en Crop Nutrition Laboratory Services en Nairobi, Kenia.

8.4.1 Datos de predicción de Espectroscopía Infrarroja Media (MIR)

Los resultados generales de predicción fueron buenos. El R² para pH fue 0,961, y 0,896 para carbono orgánico del suelo, 0,933 para arena y 0,931 para arcilla. La Figura 11 muestra los valores medidos frente a los valores pronosticados de MIR para pH, carbono orgánico del suelo, arena y arcilla. Los gráficos y análisis restantes se realizaron con el uso de los resultados pronosticados.

8.4.2 Indicadores de la salud del suelo

La textura del suelo tiene implicaciones en la capacidad de retención de agua y en la capacidad de intercambio de cationes, entre otras propiedades. El contenido promedio de arena fue bajo en los cuatro sitios LDSF (15 % para la parte superior y el subsuelo). Mina Columbus y El Tuma-La Dalia tuvieron el contenido de arena promedio más bajo (10 %), mientras que Río Blanco y Río Plátano tuvieron el contenido de arena más alto (23 %

y 17 %, respectivamente) (Figura 12). Además, hay que notar la distribución estrecha del contenido de arena tanto en la parte superior como en el subsuelo para El Tuma-La Dalia, mientras que Río Blanco y Río Plátano tuvieron distribuciones amplias de contenido de arena (más variabilidad). A diferencia del contenido de arena, el contenido de arcilla varió mucho entre los sitios. El contenido promedio de arcilla en la capa superior del suelo fue de 57 % y de 61 % en el subsuelo. Mina Columbus y El Tuma-La Dalia tuvieron el mayor contenido de arcilla en general (69 % y 64 %, respectivamente) y Río Blanco tuvo el porcentaje más bajo (42 %) (Figura 13). Río Plátano tuvo el mayor contenido de macronutrientes y Río Blanco el menor. El valor promedio del pH fue de 5,9 en los cuatro sitios. Río Plátano y Mina Columbus tuvieron los valores de pH más bajos (ácido) (Figura 14). El análisis de micronutrientes muestra que los contenidos fueron más altos en las parcelas con más diversificación (El Tuma-La Dalia, café agroforestal) que en aquellas con menos diversificación (Río Blanco, ganado).

El contenido de carbono orgánico en el suelo (COS) fue bajo en los cuatro sitios (Figura 15). El contenido promedio de COS en la capa superior del suelo fue de 24,8 g kg⁻¹ y en el subsuelo fue de 14,5 g kg⁻¹. El Tuma-La Dalia y Río Plátano tuvieron el mayor COS en la capa superior del suelo (29,8 y 26,6 g kg⁻¹,

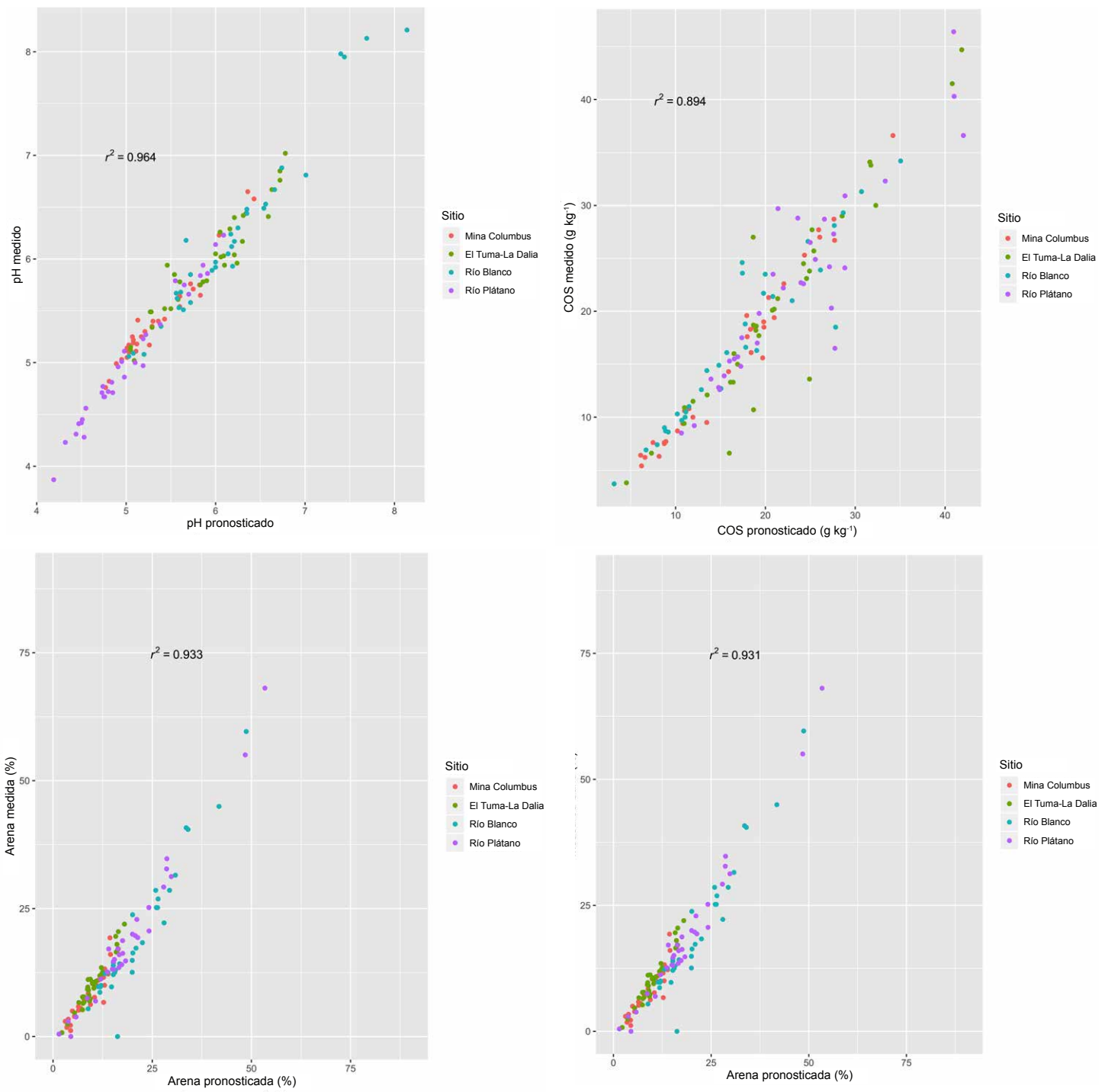


Figura 11. Resultados de predicción para pH, COS, arena y arcilla

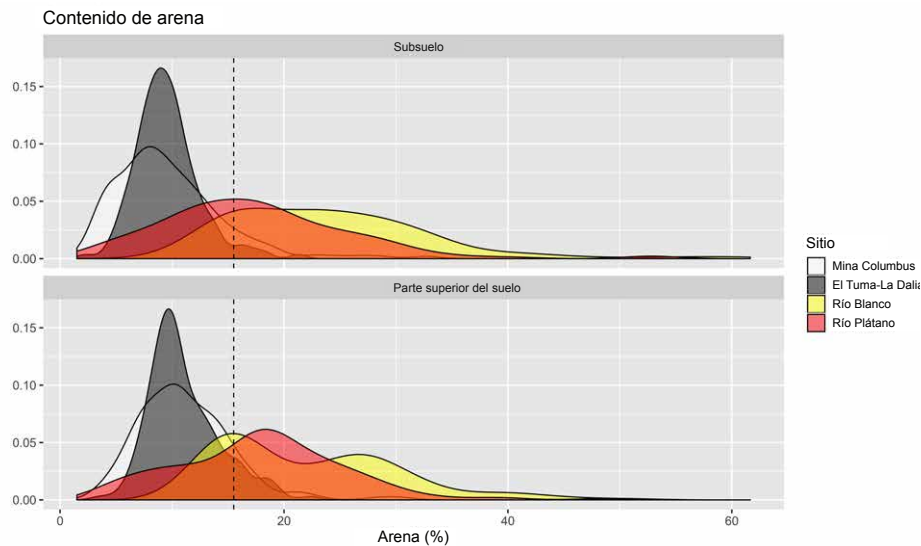


Figura 12. Contenido de arena en muestras de la parte superior (n = 619) y de subsuelo (n = 623) para los cuatro sitios de LDSF

Nota: la línea vertical indica el contenido promedio de arena (15,5 %)

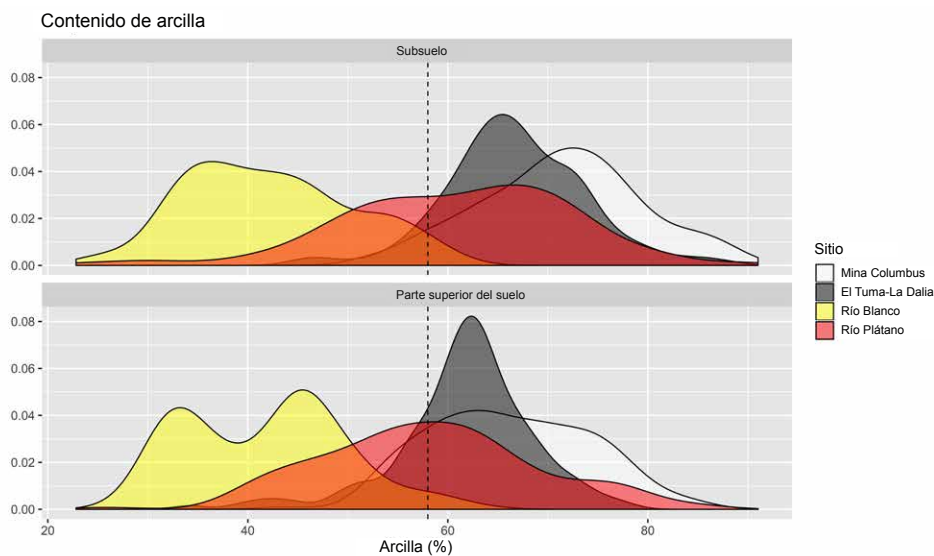


Figura 13. Contenido de arcilla en muestras de superficie del suelo (n = 619) y de subsuelo (n = 623), en los cuatro sitios del LDSF

Nota: la línea vertical indica el contenido promedio de arcilla de la capa superficial del suelo (57 %)

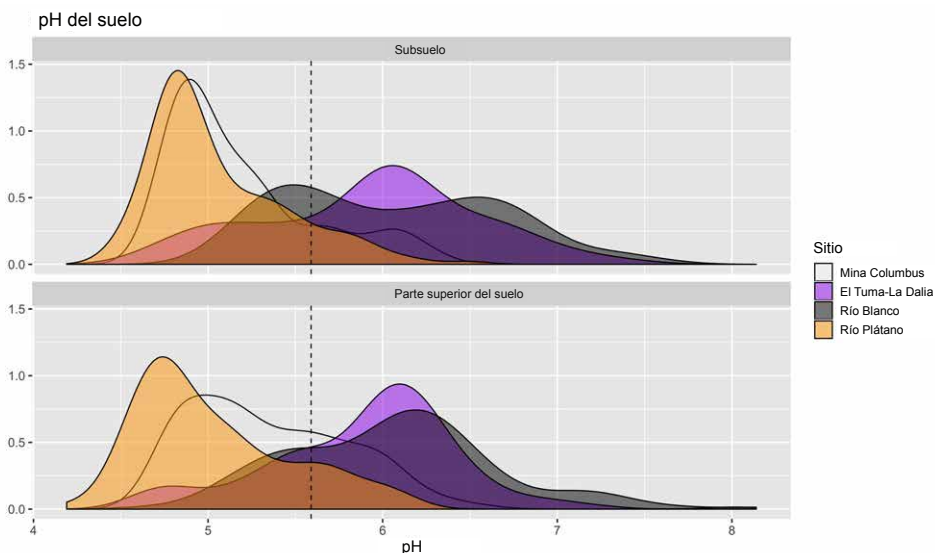


Figura 14. Valores de pH del suelo en muestras de la parte superior (n = 619) y de subsuelo (n = 623)

Nota: la línea vertical indica el valor promedio de pH (5,59)

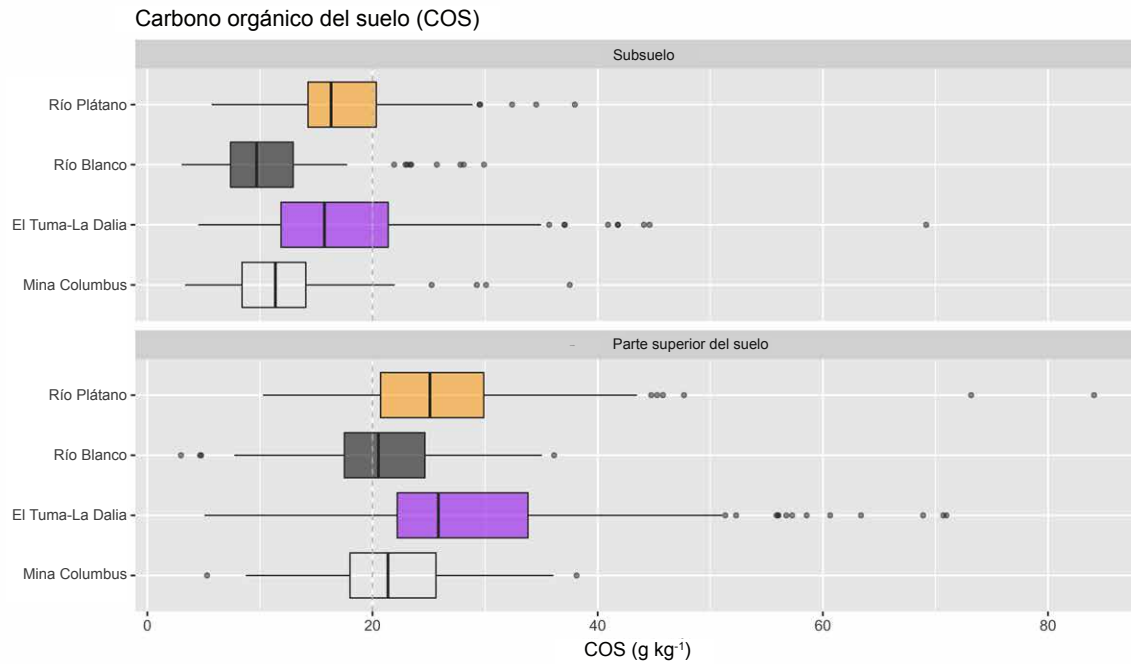


Figura 15. Diagramas de caja y bigote de COS en las muestras de la parte superior (n = 619) y subsuelo (n = 623) para los cuatro sitios LDSF

Nota: la línea vertical es de 20 g kg⁻¹, umbral para la productividad agrícola

respectivamente). La Figura 16 también muestra que El Tuma-La Dalia tuvo la mayor variación en el COS superior y en subsuelo, mientras que los otros sitios tuvieron menos variación. El próximo análisis debe demostrar la influencia del manejo de la tierra y la cubierta vegetal en el contenido de carbono orgánico en el suelo.

Las bases intercambiables son macronutrientes importantes para el crecimiento de las plantas. Río Plátano está por debajo del umbral crítico y El Tuma-La Dalia tiene la mayor variación y contenido de bases intercambiables (Figura 17).

8.4.3 Análisis de componentes principales (ACP) en cuatro sitios del Paisaje Centinela

Las dos primeras dimensiones explican el 41 % de la varianza total de los datos (26,10 % y 15,21 % para el primer eje y el segundo eje, respectivamente). El calcio (Ca en ppm), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (mEq/100 g), el boro (B en ppm), el potasio (K en ppm) y el pH son las variables que mejor explican la dimensión 1; mientras que en

la dimensión 2, la arcilla es la variable que mejor describió este eje (y la arena y el limo están negativamente correlacionados). Esto significa, por ejemplo, que los suelos con valores más altos de Ca y CIC tienen valores más bajos de azufre y aluminio o viceversa. Las variables en la dimensión 2 están relacionadas con la textura del suelo. Según el análisis de componentes principales, no hubo correspondencia de las variables con sitios específicos (Figura 18).

Se han publicado mapas de salud y erosión del suelo, pH y contenido orgánico en: <http://landscapeportal.org/>. Para una descripción detallada de los métodos utilizados para generar este mapa, ver Vågen *et al.* 2016. (Figuras 19 y 20).

Se desarrolló un conjunto de datos basado en la detección remota con el sistema de monitoreo y vegetación Terra-i (www.terra-i.org), que incluye la detección de la deforestación y el cálculo de las tasas de deforestación para el PCNH y los distritos administrativos dentro de él.

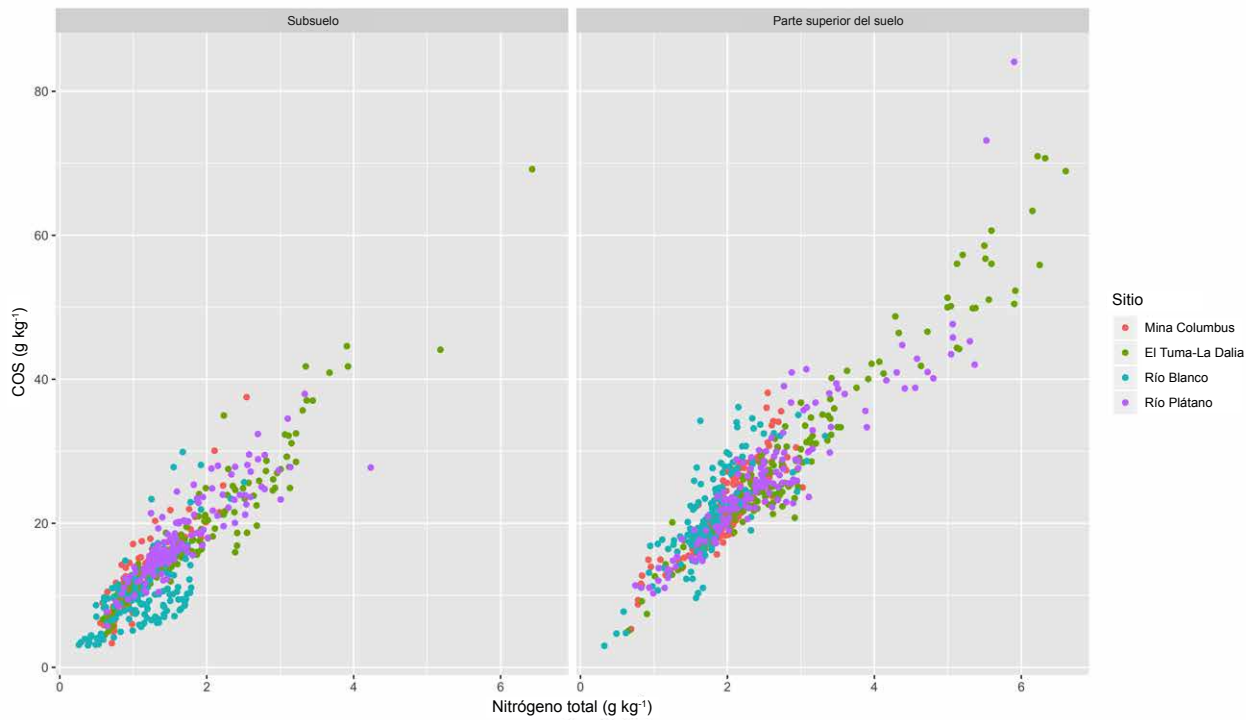


Figura 16. Relación carbono: nitrógeno en los cuatro sitios LDSF

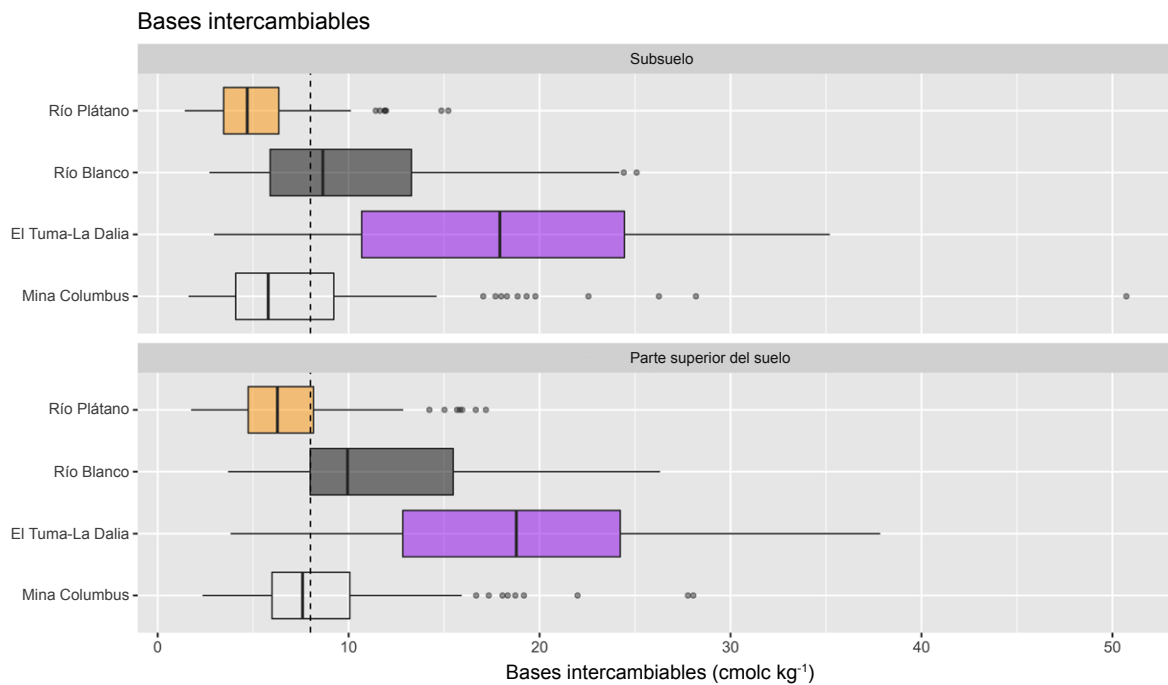


Figura 17. Bases intercambiables de muestras de la parte superior (n = 619) y subsuelo (n = 623) en los cuatro sitios

Nota: la línea vertical indica el umbral mínimo para la productividad agrícola (8 cmolc kg⁻¹)

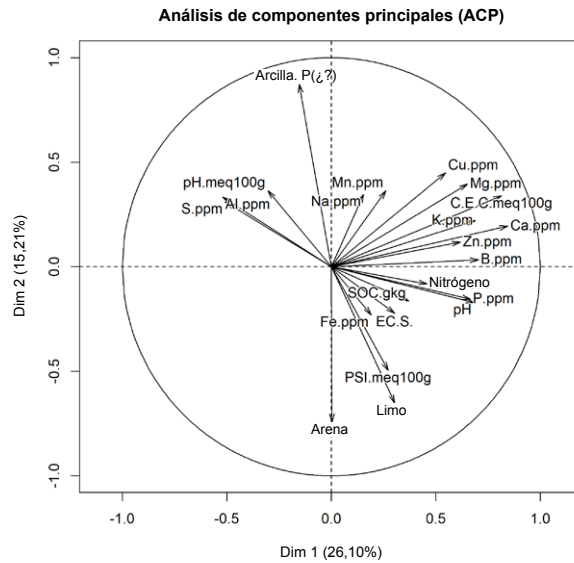


Figura 18. Análisis de componentes principales de las variables químicas del suelo y texturas en cuatro sitios del PCNH

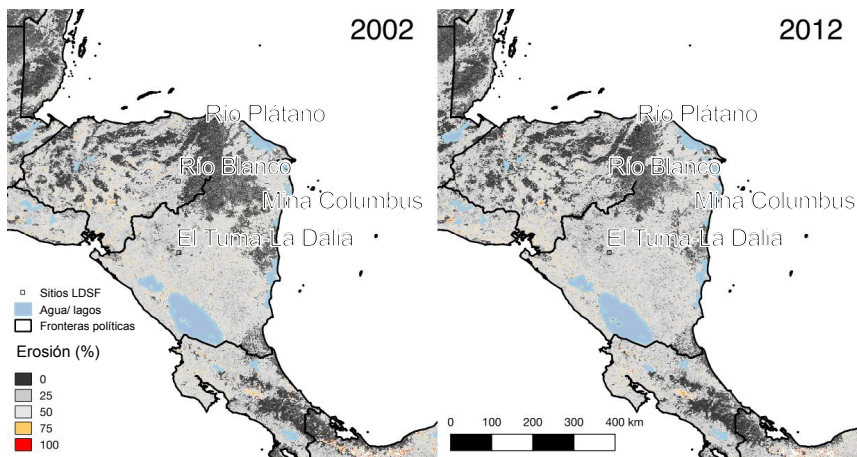


Figura 19. Prevalencia estimada de la erosión del suelo en el Paisaje Centinela Nicaragua -Honduras para 2002 y 2012 a una resolución de 500 m

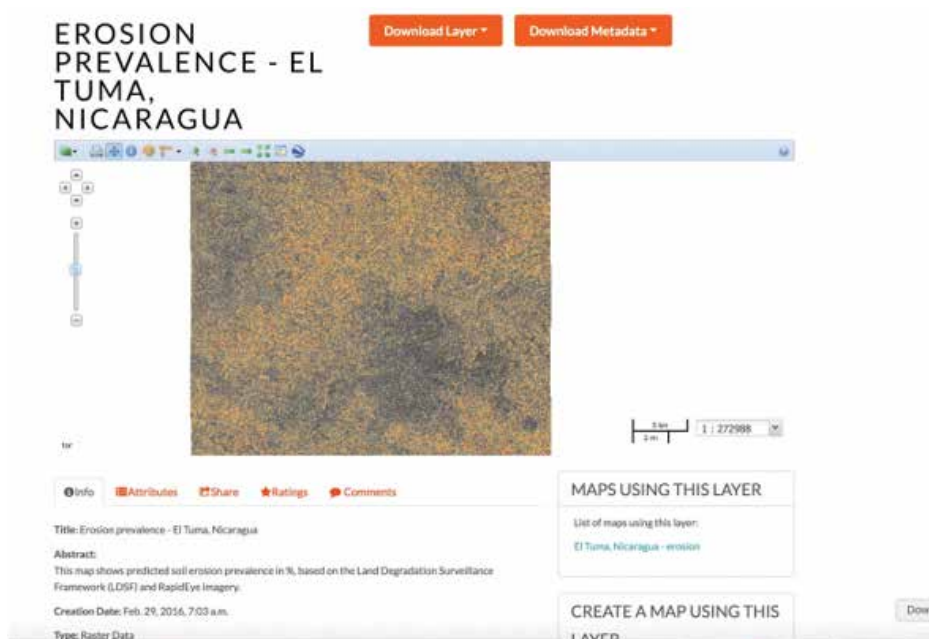


Figura 20. Captura de pantalla de los mapas de erosión de El Tuma-La Dalia en <http://landscapeportal.org>

8.5 Encuestas de hogares

La Guía exploratoria sobre la construcción de indicadores socioeconómicos para el Proyecto Paisaje Centinela: Caso Nicaragua-Honduras fue escrita por Chiputwa *et al.* 2016. El objetivo básico de este manual es proporcionar pautas conceptuales y prácticas sobre cómo construir diversos indicadores de medios de vida con el uso de datos de las encuestas de hogares del proyecto PC. Los indicadores de medios de vida ilustrados en este manual proporcionan un resumen de las estrategias sociales, económicas, demográficas y de medios de vida entre los muestreos de hogares y pueden usarse como un primer paso para explorar las diferencias entre las aldeas muestreadas y los sitios centinela, así como a nivel de paisaje. Los indicadores cubiertos en esta guía están organizados en las siguientes medidas generales: (i) propiedad de los activos del hogar; (ii) dependencia agrícola familiar, diversidad de ingresos y pobreza; y (iii) seguridad alimentaria familiar y diversidad nutricional. Para que el análisis sea replicable, todos los análisis en el manual se realizaron con el uso de R Statistical Software y la redacción se hizo con los programas de composición tipográfica R Markdown y Latex. Todos los códigos R utilizados en este manual

están disponibles en el sitio web del Paisaje Centinela.

A excepción de Río Blanco, el tamaño de los hogares es similar en todos los sitios del PCNH (2,5–7,5) (Figura 21), mientras que Río Plátano tiene rangos de mediana y RIQ más bajos (tanto inferiores como superiores) en comparación con los otros tres sitios. Se preguntó a los encuestados si generalmente contratan mano de obra para ayudar con los cultivos comerciales o los cultivos alimentarios. Las respuestas se registraron como una variable ficticia (Figura 22).

El tamaño de las fincas en Río Blanco es mayor que en los otros sitios debido al uso de la tierra (ganadería), mientras que en las fincas en El Tuma-La Dalia son las más pequeñas (café, maíz y frijoles) (Figura 23).

8.5.1 Fincas cultivadas

Las fincas cultivadas están representadas como el área de tierra con cultivos y se calcula como la proporción de tierras agrícolas dedicadas a la siembra de cultivos anuales, perennes y/o cultivos anuales integrados con cultivos perennes (Figura 24).

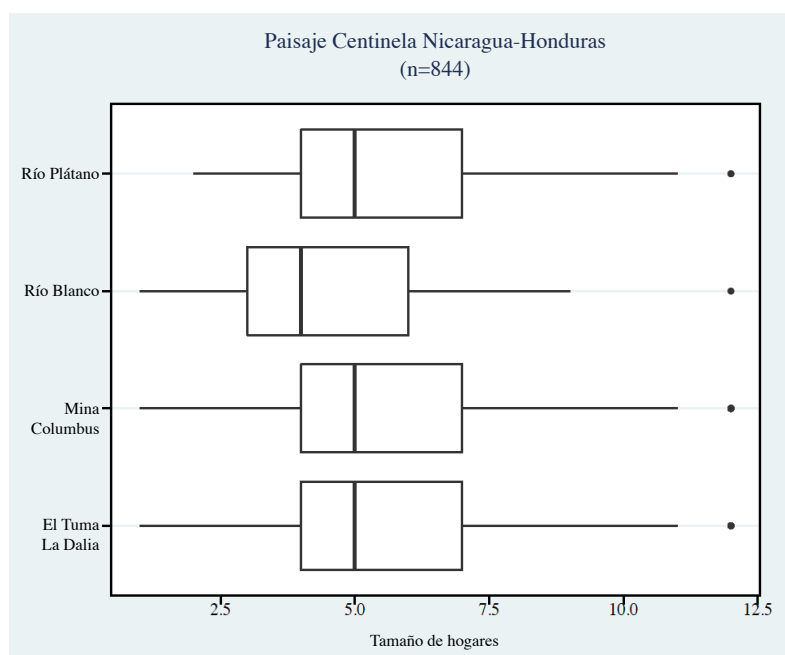


Figura 21. Tamaño de hogares en todos los sitios

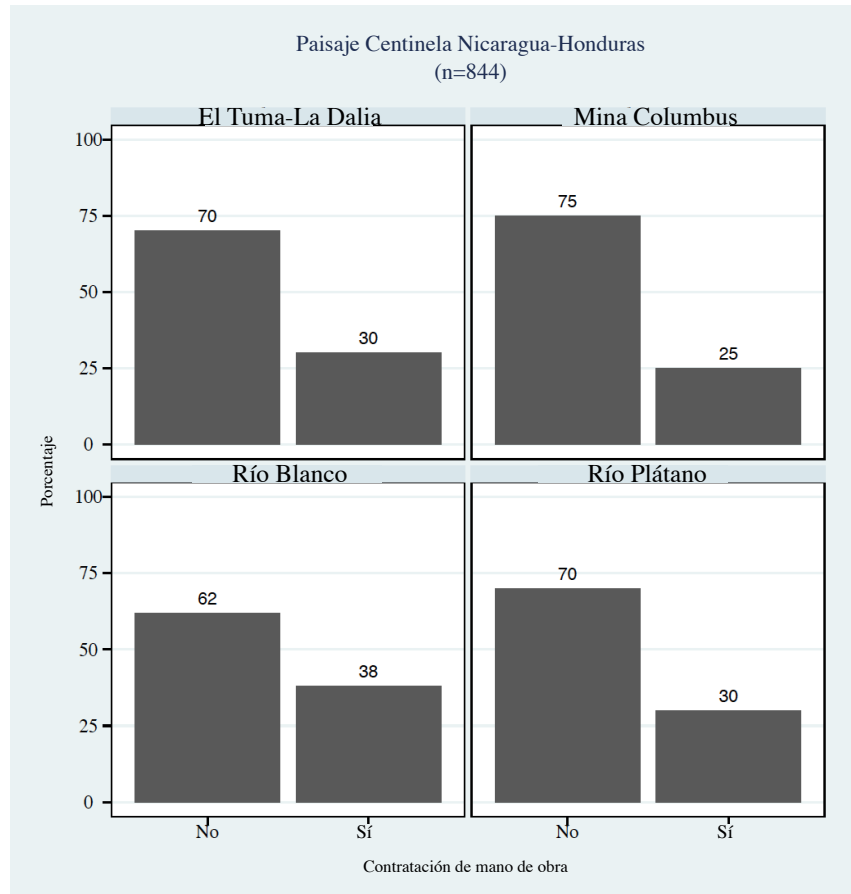


Figura 22. Proporción de hogares que contratan mano de obra

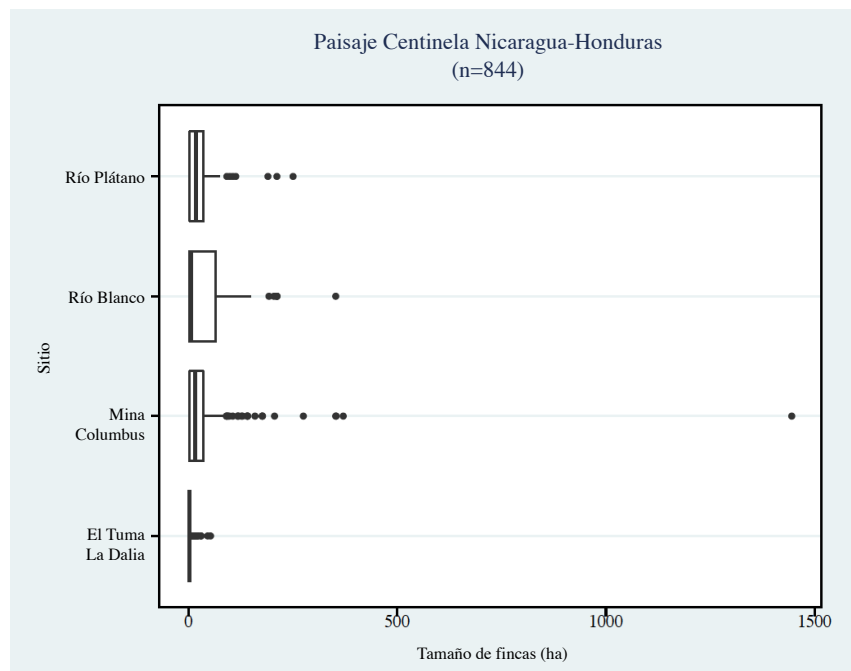


Figura 23. Tamaño de las fincas en los sitios

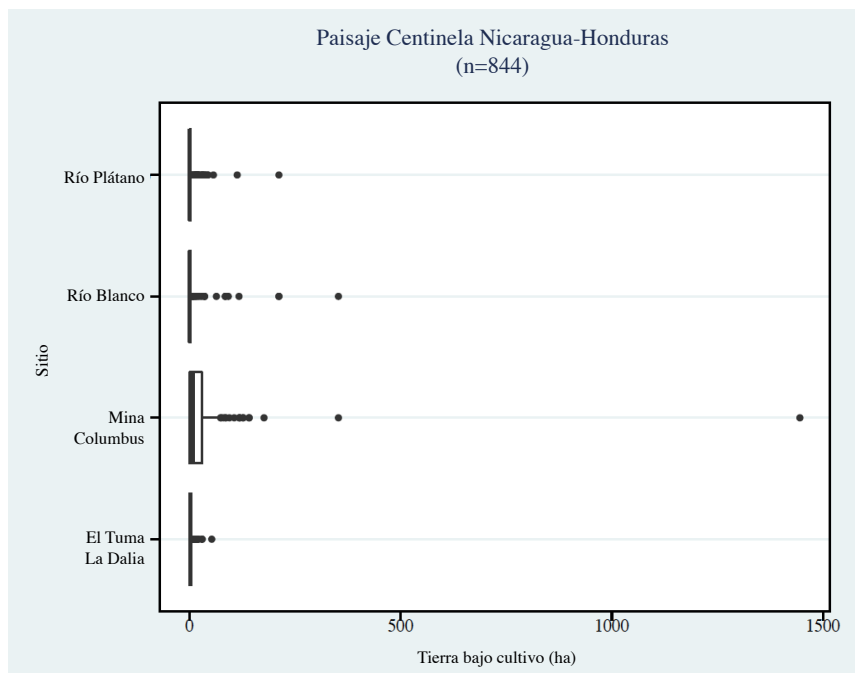


Figura 24. Tierra bajo cultivo en los sitios

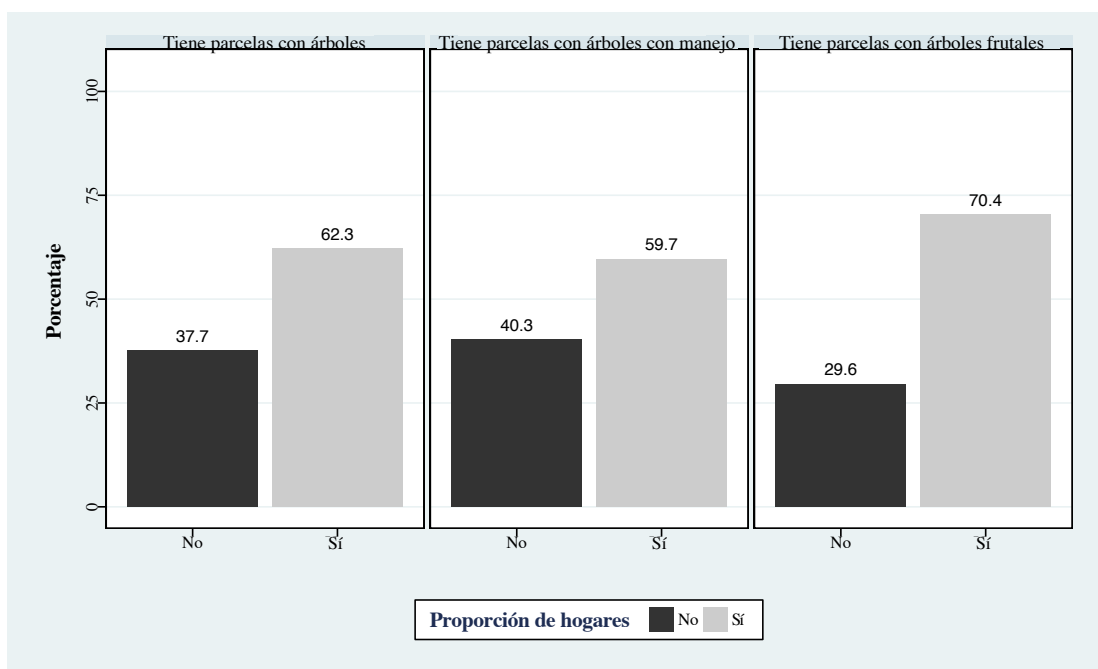


Figura 25. Árboles en fincas

8.6 Árboles en las fincas

Este indicador muestra la proporción de agricultores que practica la agroforestería en sus fincas. Los árboles son muy importantes en el PCNH y los árboles frutales son las especies más importantes. Sin embargo, este indicador no aclara mucho la densidad, diversidad o riqueza de los árboles (Figura 25).

8.7 Unidad ganadera tropical (UGT)

La unidad ganadera tropical (UGT) es una unidad común que describe el número de cabezas de ganado entre especies para producir un solo valor ponderado según el tipo de especie y la edad, con el uso del concepto de ‘relación de intercambio’. El ganado se considera una fuente importante para el

suministro de energía, alimentos y apoyo a la producción agrícola. Entre las familias rurales en diferentes partes del mundo, el ganado también es una reserva de riqueza. Cuanto más ganado posee un hogar, es considerado más rico en la sociedad. La Figura 26 muestra las UGT en los sitios del PCNH.

8.8 Índice de Avance para Salir de la Pobreza (PPI)

El Índice de Avance para Salir de la Pobreza (PPI, por sus siglas en inglés) es una medida de la probabilidad que tiene un hogar de caer por debajo de cierto umbral de pobreza y fue desarrollada por la Fundación Grameen.

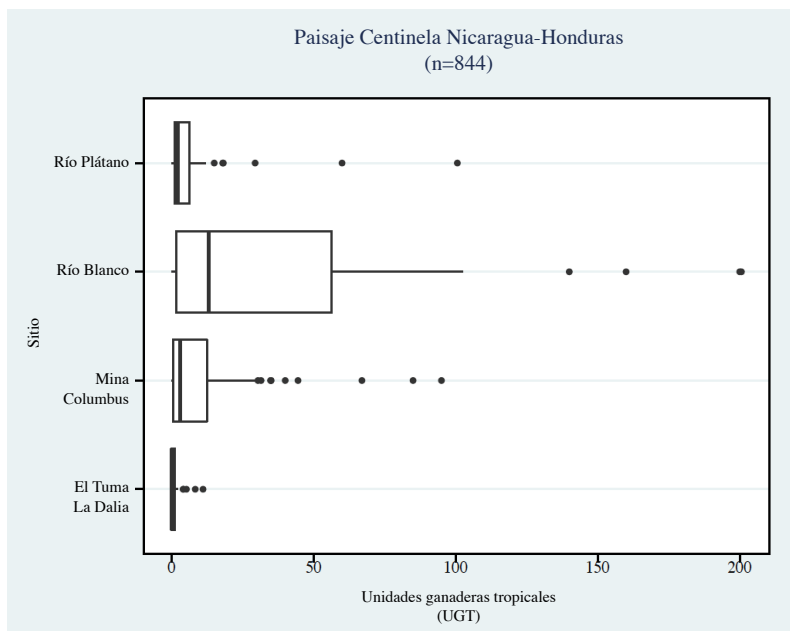


Figura 26. Unidades ganaderas tropicales en los sitios

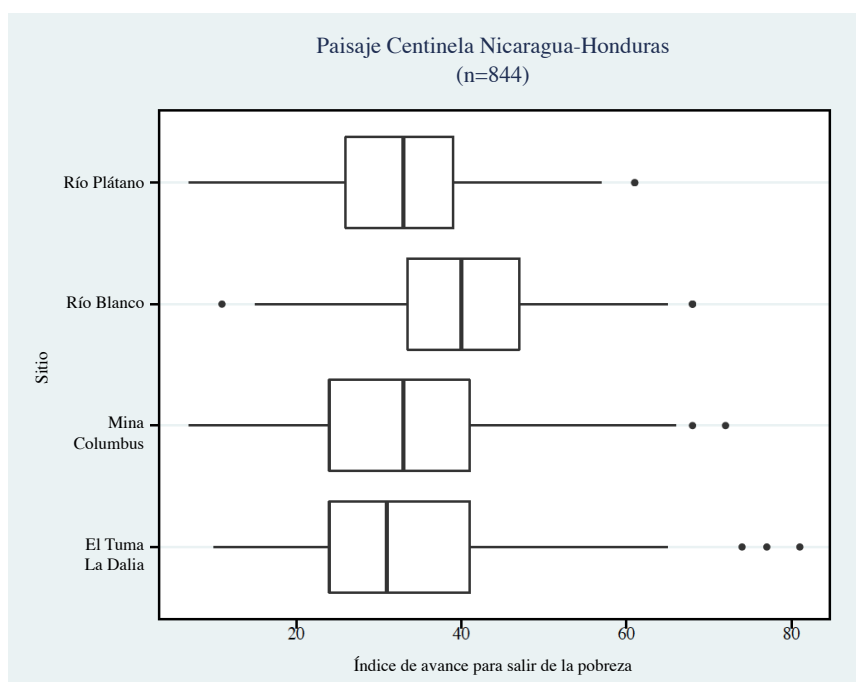


Figura 27. Índice de avance para salir de la pobreza en todos los sitios

Se formula un conjunto de 10 preguntas a los hogares sobre las características socioeconómicas y la propiedad de activos, y cada elemento tiene una puntuación. Al final, cada hogar tendrá un puntaje sumado que se convertirá en un puntaje de probabilidad (en términos de porcentaje), que denota su probabilidad de caer por debajo de un

umbral determinado. Para este ejercicio se usaron umbrales de pobreza de niveles internacionalmente reconocidos de USD 1,25, USD 2,50 y los niveles de pobreza extrema de USAID, que se ajustan al nivel nacional en la Paridad de Poder de Compra (PPC) de 2005. La Figura 27 muestra los valores de PPI en los sitios del PCNH.

9 Otros estudios y datos relacionados sobre el PCNH, provenientes de organizaciones del CGIAR, CRP y otros socios

Se han desarrollado 38 tesis de maestría en el PCNH que se enumeran en el Anexo 3 y están disponibles en: <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/JLAMS1&version=DRAFT>.

Se han producido muchas publicaciones en conjunto con socios y colaboradores (ver Anexos 1 y 2).

Aproximadamente 20 mujeres líderes comunitarias fueron capacitadas por el Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP, por sus siglas en inglés) para reforzar su conocimiento sobre el enfoque de Territorios Climáticamente Inteligentes y el uso de herramientas para el análisis, la reflexión y la comprensión de la vulnerabilidad al cambio climático y sus implicaciones para hombres y mujeres (CATIE-MAP, 2016). El reporte y la información se pueden obtener en: <https://catie.ac.cr/publicaciones-catie/>.

ICRAF, CATIE y Bioversity International produjeron un atlas de cambio climático para Centroamérica (de Sousa *et al.* 2017). El atlas proporciona mapas de idoneidad de hábitat para 54 especies que se utilizan ampliamente en América Central como sombra en los sistemas agroforestales de café o cacao. Las 54 especies son 24 especies frutales, 24 especies maderables y 6 especies usadas para mejorar la fertilidad del suelo. Los mapas de idoneidad corresponden al clima de referencia (1960–1990) y una predicción de climas al año 2050 para Rutas de Concentración Representativas

(RCR) 4,5 y 8,5. El hábitat se clasificó como adecuado en climas futuros si un mínimo de 12 de 17 Modelos de Circulación Global predijeron climas adecuados. En el atlas se proporcionan detalles de la metodología de modelado de idoneidad de conjunto con el paquete "BiodiversityR". El atlas fue desarrollado para apoyar iniciativas orientadas al cambio climático para la diversificación y conservación de los recursos genéticos forestales en América Central. Agricultores, científicos y técnicos pueden usar el atlas para identificar áreas adecuadas y vulnerables para especies de sombra y desarrollar estrategias para la adaptación al cambio climático. El atlas está disponible en: <https://www.worldagroforestry.org/news/climate-change-atlas-central-america>.

Se implementó un programa de Escuelas de Campo (ECAS) que involucró a 4 913 familias (Trifinio y Nicacentral), lo que condujo a la adopción de innovaciones agroforestales (100 % de las familias estableció al menos una especie leñosa en sus patios). Este programa desarrolló 141 escuelas de campo y las familias han fortalecido sus conocimientos y habilidades prácticas y han compartido con los miembros su decisión de planificar y llevar a cabo acciones para diversificar la producción en sus patios, sitios comunales, huertos y fincas. Estas acciones tienen como objetivo mejorar la seguridad alimentaria y nutricional, la diversificación de la dieta familiar y la agricultura ecológica en patios y fincas alternativas. Además, se realizó una primera reunión entre promotores de las escuelas de campo en Honduras con organizaciones asociadas. Se puede

obtener información en: <https://catie.ac.cr/publicaciones-catie/>. También se han producido herramientas para las prácticas de sistemas agrícolas (café, cacao, ganado silvopastoril, patios y granos básicos) (Sánchez *et al.* 2015).

El Observatorio Forestal Mesoamericano se constituyó formalmente.

Se elaboró la metodología para desarrollar Territorios Climáticamente Inteligentes en Nicaragua.

Se han desarrollado y difundido tablas volumétricas y pautas para mejores prácticas

silvícolas y la estimación del valor en pie y el volumen de las plantaciones de teca (*Tectona grandis*), melina (*Gmelina arborea*) y *Eucalyptus camaldulensis*.

Se ha facilitado el desarrollo de empresas forestales pequeñas y medianas para el manejo de bosques secundarios en Nicaragua, Guatemala y Costa Rica (se han presentado más de 12 propuestas conceptuales y tres están en la fase de viabilidad económica).

Las estimaciones de las emisiones de GEI se realizaron en conjunto con agricultores de Honduras y Nicaragua.

10 Resultados: Papel de los árboles en el PCNH

Los resultados del PCNH se han documentado en un conjunto de tesis, todas compartidas a través de: <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/JLAMS1&version=DRAFT> (Anexo 3).

En el territorio del PCNH se desarrollaron 39 tesis, lo que contribuyó a la comprensión de la dinámica temporal y espacial de los árboles y los bosques en un PC. La mayor parte de la investigación realizada (28 tesis) está relacionada con la gobernanza y los modelos necesarios para optimizar el uso de los recursos naturales (bosque y árboles) y los impulsores y procesos vinculados a la presencia de árboles y bosques en un paisaje. Las 11 tesis restantes dan luz sobre el stock de árboles y bosques en el paisaje y en las fincas, y el efecto de los cambios en la provisión de servicios ambientales.

Estas tesis utilizaron datos del PCNH en conjunto con otros datos, de acuerdo a las secciones anteriores.

A continuación se resumen los hallazgos principales y aspectos destacados de estos estudios, asignados a las preguntas de investigación originales del PCNH: (i) P1: ¿Cuáles son los impulsores y procesos que determinan / influyen en la presencia de árboles y bosques?, (ii) P2: ¿Cuál es la magnitud del stock y la tasa de variación de la presencia de árboles y bosques en el paisaje y en las fincas?, (iii) P3: ¿Cuáles son las consecuencias de los cambios en los árboles/bosques en paisajes/fincas en la provisión de servicios ambientales? y (iv) P4: ¿Qué nuevos conceptos y modelos se necesitan para optimizar la presencia de árboles y bosques en paisajes/fincas y asegurar una provisión sostenible de servicios ecosistémicos?

10.1 P1: Impulsores y procesos que determinan/influyen en la presencia de árboles y bosques en el paisaje.

Tesis: Análisis del efecto de las prácticas de manejo agrícola en el impacto de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en dos áreas de cultivo de café en Nicaragua

- **Contexto:** La roya es un problema importante en los países productores de café de América Latina. Las pérdidas en el rendimiento estimadas debido a la infestación por roya son de alrededor del 20 % y el 80 % a nivel de fincas, lo que implica enormes variaciones en la incidencia, gravedad y pérdidas entre las áreas afectadas. En América Central se informó sobre brotes recientes de la enfermedad en la temporada de cosecha 2012-2013. Nicaragua fue el país menos afectado por el brote, con una incidencia del 37 % y pérdidas estimadas en torno al 10 %.
- **Desafío:** Los informes sobre la incidencia y la gravedad de la enfermedad atrajeron la atención de los investigadores y de los productores de café dado que estas, así como las pérdidas, varían mucho entre las fincas, incluso en las áreas que se consideran altamente afectadas. Estas diferencias en la respuesta al brote de la enfermedad están relacionadas con las prácticas de manejo agrícola en las fincas de café. Villarreyna (2013), estudió la relación entre el manejo del café y la incidencia de la roya en dos municipios de Nicaragua. El objetivo del estudio fue identificar las prácticas que podrían reducir la incidencia y la gravedad de la roya del café y mejorar el conjunto de conocimientos a nivel de finca sobre cómo

enfrentar y convivir con dicha enfermedad de cara al cambio climático.

- **Enfoque metodológico:** Se seleccionaron 58 fincas cafetaleras ubicadas a una altitud de entre 800–1200 m en una zona severamente afectada por la roya del café durante 2012–2013. La mitad de las plantaciones de café presentó una incidencia alta de roya y la otra mitad tuvo una incidencia baja. Se organizaron pares de fincas cercanas para hacer comparaciones entre fincas cafeteras.
- **Lo más destacado:** Hubo una relación entre las prácticas de manejo agrícola y el nivel de incidencia de la roya del café en las áreas afectadas. Las fincas cafeteras se agruparon en tres categorías de prácticas de manejo agrícola: altas, medias y bajas. Las fincas de café con mejores prácticas de manejo agrícola tuvieron baja incidencia de roya, mientras que aquellas con prácticas deficientes presentaron mayor incidencia y severidad. Las estimaciones de pérdidas de productividad para fincas con mejores prácticas de manejo fueron de solo 1.5 q/ha en comparación con 14 q/ha reportadas para fincas de café con manejo limitado.
 - Las fincas de café con buenas prácticas de manejo agrícola aplicaron la siguiente estrategia:
 - Fertilización (foliar y al suelo) dos o más veces en 2011 y 2012.
 - Aplicación de fungicidas dos o más veces en 2011, más de 3 aplicaciones en 2012. Los principales productos utilizados fueron sistémicos. La primera aplicación fue planificada para el primer semestre de la temporada de cosecha.
 - La mayoría de los agricultores hizo monitoreo de la roya, reguló la sombra del café al menos una vez al año y manejó los tejidos de las plantas (podas).
 - Los productores de café en este grupo recibieron asistencia técnica (> 10 visitas por año), capacitación (4 veces por año), tuvieron acceso a financiamiento e ingresos del café de alrededor de USD 1500/ha.

- Las fincas de café con prácticas de manejo agrícola deficientes emplearon las mismas medidas, pero con una menor frecuencia (por ejemplo, una primera aplicación de fungicida sistémico en el segundo semestre y a la edad de 18 años). Los productores en esta categoría no recibieron apoyo en capacitación o asistencia técnica, carecieron de acceso a financiamiento y tuvieron menos ingresos por la venta de café.

La lista de variables que probablemente explican las diferencias en el efecto de la roya en las fincas de café, según el análisis de jerarquía, estuvieron relacionadas con la nutrición vegetal: aplicación de nutrientes foliares (B, K, N, Mn, P y Fe) y fertilización del suelo con B y K; aplicación de fungicidas en 2011 y 2012, monitoreo de la roya del café, regulación de la sombra en 2011 y 2012 y acceso a capacitación, asistencia técnica y crédito.

Tesis: Análisis económico y financiero de fincas agrícolas ubicadas en la zona norte-central de Nicaragua y el papel de la unidad familiar en el proceso de toma de decisiones

- **Contexto:** El sector agrícola es el rubro principal de la economía nicaragüense. En 2010, este sector generó ingresos por USD 1 890 millones. El 80 % de las fincas son de tamaño medio. La ganadería, los cultivos comerciales y los cultivos permanentes ocupan el 40 % del territorio.
- **Desafío:** La pobreza es un problema recurrente en Nicaragua y las áreas rurales son las más vulnerables a esta situación. Debido a que la agricultura es un elemento importante en la generación de ingresos, se necesita más información sobre los beneficios económicos de las actividades agrícolas para mejorar los procesos de gestión y toma de decisiones en las fincas. Toruño (2012) documentó los ingresos y costos de producción de las principales actividades agrícolas practicadas en las fincas de los municipios de El Cuá, Waslala, Matiguás y Muy Muy, en Nicaragua. También se reconoció el

papel de la unidad familiar en el proceso de toma de decisiones.

- **Enfoque metodológico:** Se seleccionaron 14 fincas distribuidas en cuatro municipios de Nicaragua para monitorear y registrar la producción, los ingresos generados por las ventas, el consumo y el cambio de inventario de las principales actividades agrícolas. Se hicieron entrevistas y mapas del uso de la tierra para complementar los datos sobre la generación de ingresos y registrar la participación de los diferentes miembros de la unidad familiar en las actividades de la finca. Las fincas seleccionadas fueron representativas de los principales usos de la tierra registrados en los cuatro municipios. El tamaño de las fincas varió entre 2,7 y 137,7 ha.
- **Lo más destacado:** Actividades agrícolas: Se registraron entre 4 y 15 actividades en las fincas, incluyendo actividades no agrícolas. Las 14 familias cultivaban maíz y tenían ganado y patios en sus fincas. Doce familias cultivaban frijoles, 9 familias cultivaban café y arroz y 6 cultivaban cacao, yuca y cultivos hortícolas (hortalizas). El cultivo de banano y frutas, la apicultura y la lumbricultura eran practicados por cinco o menos familias. En promedio, las actividades agrícolas contribuyeron en 2011 con 93 % del margen bruto total de las 14 familias. El café fue el cultivo con mayores costos de producción por hectárea (NIO 29 356 /ha equivalentes a USD 1 328 /ha¹⁷), seguido por "otros cultivos comerciales", (como yuca, hortalizas, frutas y banano), que representaron NIO 10 217 (USD 462) /ha. Además estuvieron el cultivo de arroz, frijoles, cacao y actividades ganaderas con costos de NIO 9 460 (USD 428)/ha, NIO 8 359 (USD 378)/ha, NIO 5 534 (USD 250)/ha y NIO 4 242 (USD 192), respectivamente. El trabajo agrícola fue la categoría que generó costos mayores (en promedio 69 %), seguido por los insumos (23 %) y "otros costos" (8 %). Estos últimos incluyen la depreciación y el transporte de productos al mercado, entre otros. Los

cultivos con mayor margen bruto por ha, en orden de importancia fueron el café (NIO 50 117 [USD 2 268]/ha); "otros cultivos" (NIO 11 809 [USD 534]/ha); cacao (NIO 11 746 [USD 532] /ha); ganado (NIO 3 517 [USD 159]/ha); y granos básicos (NIO 2 371 [USD 107]/ha). Este patrón se explica por la productividad, los precios y el costo de cada actividad agrícola.

Con base en los resultados del análisis financiero, las familias con áreas más grandes dedicadas al cultivo de café y a la cría de ganado tuvieron mejor rentabilidad agrícola (aumento en los ingresos y producción por unidad). La mayoría de las fincas pudo cubrir (en función de los ingresos generados y el indicador de beneficio familiar), los salarios de cada miembro de la unidad familiar. El proceso de toma de decisiones varió de acuerdo con el tipo de actividad, la cantidad de ingresos generados o la inversión, las costumbres, el acceso a la tierra y otros bienes, quién gestionó la actividad agrícola, el conocimiento general de la actividad y las habilidades de negociación. Por ejemplo, los hombres estuvieron a cargo de las decisiones en la finca que requirieron más inversión o generaron más ingresos. Las mujeres pudieron participar si la actividad de la finca rindió menos.

Tesis: Contribución de los sistemas agroforestales de cacao a la economía rural y la nutrición en Waslala, Nicaragua

- **Contexto:** Nicaragua tiene un gran potencial en cuanto a producción agrícola. Sin embargo, 2,4 millones de personas viven en la pobreza y entre el 25 % y el 35 % de su población sufre desnutrición. Las fincas de cacao no solo producen cacao, sino también carne de res y cerdo, café y maíz. Varios estudios reconocen los beneficios de las fincas de cacao para el bienestar de las familias rurales en Waslala, Nicaragua, y su contribución como uno de los principales medios para satisfacer las necesidades familiares.
- **Desafío:** Los medios de subsistencia de los pequeños productores de cacao dependen de las actividades en la finca;

17 USD 1 = NIO 22.30 en marzo de 2011.

sin embargo, se sabe muy poco sobre los beneficios económicos y nutricionales del sistema agroforestal de cacao. Sáenz (2012) investigó la composición botánica de los sistemas agroforestales de cacao y sus productos y cómo estos sistemas contribuyen a la nutrición y a las finanzas familiares.

- **Enfoque metodológico:** Se estudiaron 37 fincas de cacao en Waslala, Nicaragua. En cada finca se hizo un inventario del dosel de sombra para el cacao. Se realizaron entrevistas semiestructuradas para obtener información sobre la cantidad y frecuencia del consumo de frutas producidas por los árboles que dan sombra al cacao. También se realizó un análisis financiero para determinar la contribución de los sistemas agroforestales de cacao al ingreso agrícola neto.
- **Lo más destacado:** Un total de 4 434 individuos distribuidos en 143 especies y 40 familias fueron inventariados. La densidad de plantas leñosas se estimó en 107 plantas ha⁻¹. Los árboles frutales representaron el 43 % del total de individuos inventariados, seguidos por árboles maderables. Las especies más frecuentes fueron *Inga spp*, *Cordia alliodora*, *Bactris gasipaes*, *Cedrela odorata* y *Mangifera indica*.

El análisis de los árboles frutales inventariados mostró que se pueden formar cinco grupos de frutas en función de sus características nutricionales. El grupo 1 incluye 17 especies de frutas que tienen el mayor contenido de vitamina A en comparación con los otros grupos (algunos ejemplos son: *Citrus spp*, *Manilkara zapota*, *Pouteria sapota*, *Mangifera indica*, *Bixa orellana*, *Carica papaya*, *Persea americana*). En el grupo 2 solo hay una especie (*Mammea americana*) con un alto contenido de vitamina A. El grupo 3 está formado por *Bactris gasipaes* y presenta un mayor contenido de zinc y hierro. El grupo 4 reúne especies con mayor contenido de proteínas y carbohidratos (por ejemplo, *Cocus nucifera*, *Tamarindus indica*, *Artocarpus communis*). El Grupo 5 está formado solo por *Guava spp.*, que

presenta un alto contenido de vitamina C. Una mayor diversidad de árboles frutales se asocia con un aumento en la diversidad funcional. Según las estimaciones de ingresos netos y beneficios familiares (ingresos netos + beneficios en especie), las fincas de cacao son una fuente tanto de ingresos en efectivo como de beneficios en especie.

Tesis: Balance de GEI (gases de efecto invernadero), diversidad de árboles y su efecto sobre las reservas de carbono en diferentes usos de la tierra de fincas ganaderas de doble propósito en el valle de Sico y Paulaya, Honduras

- **Contexto:** La producción ganadera contribuye al cambio climático y se la ha relacionado con los procesos de deforestación y la pérdida de biodiversidad en los trópicos. También es reconocida como una gran contribuyente de emisiones antropogénicas de GEI.
- **Desafío:** Es imperativo que el sector ganadero reconozca y considere su huella de carbono ambiental. Las experiencias de varios países en los trópicos muestran que los sistemas silvopastoriles pueden contribuir a mitigar las emisiones de GEI del sector a través de la implementación de buenas prácticas de manejo. Rodríguez-Salguera (2017) estimó las emisiones de GEI de la ganadería de doble propósito y la relación entre la diversidad de especies arbóreas y el almacenamiento de carbono en los principales usos de la tierra que se practican en la ganadería en Honduras.
- **Enfoque metodológico:** Se seleccionaron 30 fincas ganaderas de doble propósito para el estudio. Se aplicó un cuestionario semiestructurado para describir los sistemas predominantes y las características biofísicas de las fincas a fin de determinar anualmente las emisiones de GEI utilizando el enfoque de Nivel 1 y Nivel 2 de las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). La diversidad de especies de árboles y su capacidad de almacenamiento de carbono se estimaron

en cuatro usos de la tierra: árboles dispersos en pastos (ADP), cercas vivas (CV), áreas de conservación hidrológica (ACH) y bosques (B). Las estimaciones de la capacidad de almacenamiento de carbono se realizaron utilizando un modelo alométrico genérico. El balance de las emisiones netas de GEI se calculó con el uso de la información generada en los pasos anteriores (emisiones de GEI y estimaciones de tasas de fijación de carbono).

• **Lo más destacado:**

Emisiones de GEI en números:

- Las fincas de ganado de doble propósito en Honduras emitieron 4 397,7 mg año⁻¹ de CO₂e. La ganadería de leche es responsable de la mayoría de las emisiones.
- En promedio, las emisiones de GEI por hectárea fueron de 3,9 mg ha⁻¹ año⁻¹.
- Las emisiones de GEI por finca fueron de 146,6 mg año⁻¹.
- Aproximadamente el 65 % de las emisiones de la cría de ganado de doble propósito fue en forma de CH₄ por fermentación entérica y el 23 % fue en forma de N₂O producido por la deposición de estiércol.
- La intensidad de emisión (es decir, emisiones por unidad de producto) se estima en 2,3 kg de CO₂e por kg de leche producida.
- La mayoría de las fincas ganaderas presentó un saldo positivo de emisiones netas de GEI, solo cuatro fincas tuvieron saldo neto negativo. El rango de emisiones netas de GEI estuvo entre 31,1 y -109,1 mg año⁻¹.

Diversidad de especies arbóreas y almacenamiento de carbono

- En total, se inventariaron 4 585 árboles, de los cuales 1 816 se registraron en CV, 1 768 en ADP, 757 en B y 244 en ACH.
- 248 especies fueron registradas en los cuatro usos de la tierra. ADP fue el uso más diverso de la tierra con 158 especies, seguido por B (140 spp.), ACH (92 spp.) y CV (27 spp.).

- Bosque (B) y áreas de conservación hidrológica (ACH) fueron los usos del suelo con mayor valor de almacenamiento de carbono (172,2 mg C ha⁻¹ y 143,4 mg C ha⁻¹, respectivamente), seguidos por CV (77,8 mg C ha⁻¹) y ADP (5,6 mg C ha⁻¹). CV y ADP fueron estadísticamente diferentes en términos de almacenamiento de carbono.
- No hubo relación entre la diversidad de árboles y la capacidad de almacenamiento de carbono en los cuatro usos de la tierra. Sin embargo, el número de individuos por hectárea tuvo un efecto positivo en el almacenamiento de carbono.

Finalmente, la unidad animal (UA ha⁻¹) y la producción de leche (kg ha⁻¹) fueron las variables que mejor explicaron las emisiones por unidad de tierra. El tamaño de la finca, la presencia de B y ACH y la gran extensión de pastizales influyeron en las emisiones netas de GEI.

Tesis: Evaluación de los medios de vida agrícolas, la nutrición y el uso de la agrobiodiversidad con enfoque de género en el desarrollo sostenible de cuatro comunidades del municipio de Waslala, Nicaragua.

- **Contexto:** El análisis de las opciones disponibles para la diversificación agroecológica de las fincas, a fin de minimizar los riesgos y la incertidumbre ante las condiciones climáticas cambiantes, es esencial para la sostenibilidad del desarrollo rural. Los pequeños agricultores en el norte de Nicaragua tienen fincas que varían en tamaño entre 1 y 5 ha y producen y comercializan entre uno y ocho productos agrícolas.
- **Desafío:** Existen varios factores que influyen en el grado de diversificación de las fincas, como las condiciones agroclimáticas, el acceso al mercado, la disponibilidad de mano de obra y semillas, la historia de la comunidad y la cultura. Sin embargo, se sabe poco sobre el efecto de las actividades agrícolas en la composición de las fincas y de la

diversidad de productos comercializados en la generación de ingresos a nivel familiar y en los ingresos de las mujeres, y la contribución de esta diversificación en la nutrición. Aquí se presentan los resultados de la agrobiodiversidad encontrada en las fincas y cómo esta diversidad puede tomarse en cuenta para la promoción de mejores prácticas y optimizar el estado nutricional de la comunidad.

- **Enfoque metodológico:** Las comunidades se seleccionaron según los siguientes criterios: bajo nivel económico y estado nutricional, acceso al mercado y potencial de mejora del rendimiento. Para hacer la investigación se desarrolló un enfoque participativo que incluyó entrevistas a organizaciones locales (cuatro en total) para recopilar información relacionada con la nutrición, generación de ingresos, medios de vida principales en la comunidad, acceso al mercado, etc. También se realizaron entrevistas a nivel de finca para evaluar el medio de vida de los hogares. Luego se hizo un análisis de agrobiodiversidad a través de grupos focales para generar una base de datos de las especies de plantas producidas, consumidas, comercializadas y compradas a nivel comunitario.
- **Lo más destacado:**
 - Los medios de vida principales fueron: actividades agrícolas, venta de productos agrícolas, extracción de productos forestales, trabajo remunerado y actividades no agrícolas (maestros de escuela, preparación de alimentos, etc.). Se produjeron granos, leguminosas, raíces y tubérculos en casi todas las fincas, especialmente, yuca, malanga, maíz y frijoles. Las frutas, plantas medicinales y hierbas fueron los grupos de plantas con mayor diversidad en las comunidades. Las especies frutales más frecuentes fueron: pejibaye, naranja, mango, banano y guayabo. El cultivo de vegetales también fue reportado en la mayoría de las comunidades estudiadas. El chayote, chilote y ayote fueron los vegetales preferidos para consumo.

- El maíz y los frijoles fueron el alimento básico de las comunidades. Las raíces y los tubérculos también son parte de la ingesta diaria de alimentos.
- Las aves de corral, los cerdos y el ganado también formaron parte de la cartera de actividades agrícolas en las fincas. Los cerdos y el ganado eran solo para venta, las gallinas para consumo y venta.
- El cacao y el café fueron los cultivos comerciales de las fincas y sus comunidades.
- Los árboles fueron comunes alrededor de las fincas. Se registraron 55 especies de árboles.
- El trabajo doméstico se dividió entre todos los miembros de la unidad familiar. Jóvenes, mujeres y hombres tuvieron diferentes roles, adaptados a las actividades agrícolas. Hubo algunos cultivos que solo fueron manejados por mujeres, como en el caso de la malanga y las plantas medicinales. El comercio estuvo en manos de los hombres. Las mujeres se encargaban de cuidar el hogar, a los niños, de la preparación de alimentos, la limpieza y la administración de los recursos. Los jóvenes y los niños ayudaban a sus padres en las actividades en curso en la finca.
- La mayoría de las familias informó sobre la falta de acceso a equipo agrícola suficiente para cuidar del maíz, los frijoles y para el cultivo de cacao.

Tesis: Diversidad de árboles y almacenamiento de carbono en dos sitios con diferente grado de intensificación de usos de la tierra en Nicaragua

- **Contexto:** La deforestación y la fragmentación forestal causadas por la producción de bienes agrícolas es una situación recurrente en los trópicos. Estos cambios en la matriz del paisaje tienen un efecto negativo sobre la diversidad de especies y la complejidad estructural de la vegetación que está rodeada por áreas agrícolas.
- **Desafío:** En los paisajes modificados por el hombre es común encontrar formas

de usos de la tierra con cobertura de árboles (por ejemplo, bosque secundario, árboles dispersos en pastos y/o cultivos comerciales). Los árboles en las fincas son ahora parte de la agenda de los institutos de investigación que buscan analizar la contribución de los árboles a la provisión/mantenimiento de los servicios ambientales. Caicedo Albán (2016) estudió la contribución de los sistemas agroforestales a la mitigación del cambio climático a través de la captura y el almacenamiento de carbono en biomasa aérea y diversidad arbórea en dos sitios.

- **Enfoque metodológico:** Para evaluar la variación en la diversidad taxonómica y las reservas de carbono en sistemas agroforestales con diferente estado de desarrollo agrícola, se seleccionaron 45 fincas en cada sitio y 6 usos de la tierra. Los 6 usos de suelo predominantes fueron: plantaciones de café (PC), árboles de cacao (CC), cercas vivas (CV), granos básicos (GB), pastos (PA) y huertos familiares (HF). Se registraron individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) $\geq 9,9$ cm y $\geq 4,8$ cm en el caso de *Citrus* sp. La biomasa aérea y el carbono almacenado en el dosel de sombra (árboles y palmas) se estimaron mediante ecuaciones alométricas. Los componentes de la diversidad alfa y beta se evaluaron a través de diversas métricas.

- **Lo más destacado:**

Diversidad de árboles

- Se evaluaron 171,6 hectáreas en 344 parcelas en los dos sitios. Se registró un total de 16 579 individuos de 235 especies leñosas distribuidas en 160 géneros y 54 familias. Se identificaron 183 especies leñosas en El Tuma-La Dalia y 195 en Waslala.
- La composición y la riqueza a nivel del paisaje difieren según los sitios y el uso de la tierra. En el sitio El Tuma-La Dalia, PC y CV fueron más diversos y equitativos que en Waslala, pero el patrón se revirtió para CC, PA y GB, que fueron más diversos y equitativos en Waslala que en El Tuma-La Dalia. Los huertos familiares no difieren en

diversidad y equidad entre los dos sitios y muestran niveles intermedios entre todos los usos de la tierra.

- La similitud florística entre los dos sitios de estudio fue del 60 %, con 144 especies compartidas. Hubo mayor riqueza de especies en el paisaje de Waslala que en El Tuma - La Dalia. La riqueza acumulada de especies, la riqueza de especies por ha y la diversidad a nivel de parcela (Shannon, Simpson) difirieron solo por el uso de la tierra.

Almacenamiento de carbono

- Las plantaciones de café (PC) tuvieron la mayor tasa de almacenamiento de carbono en biomasa aérea por hectárea, que fue similar a la de los árboles de cacao (CC) y cercas vivas (CV), mientras que los granos básicos (GB) tuvieron el carbono almacenado más bajo en biomasa aérea.
- Las plantaciones de café (PC) y los pastos (PA) mostraron valores intermedios de carbono almacenado.
- La densidad y el área basal de los individuos tuvieron un fuerte impacto en la biomasa y, por lo tanto, en la cantidad de carbono almacenado.
- El análisis de ruta que evalúa el efecto de la riqueza de especies y la abundancia de individuos en el carbono almacenado mostró correlaciones significativas ($p < 0,05$) para todos los usos de la tierra. La relación entre carbono almacenado en biomasa aérea y la riqueza de especies del dosel de sombra dependió del tipo de uso de la tierra.

Tesis: Efecto del huracán Félix sobre la población de murciélagos dispersores de semillas en la Costa Caribe Norte de Nicaragua.

- **Contexto:** Los eventos climáticos extremos, como los huracanes, tienen un impacto negativo en los recursos naturales, la infraestructura y el bienestar de las comunidades pues producen pérdidas económicas y medioambientales enormes. La estimación del daño causado por el huracán Félix en los bosques de la

Costa Caribe Norte de Nicaragua fue de alrededor de 1 170 000 ha.

- **Desafío:** La capacidad de recuperación forestal depende de una combinación de factores tales como la posibilidad de regeneración natural, las plántulas que se encuentran en el suelo y los agentes dispersores. El efecto de estos factores ayuda en la recuperación estructural del área alterada. Los murciélagos son unos de los principales dispersores de semillas y polinizadores del Neotrópico. Aquí se describe cómo la perturbación inducida por los huracanes afectó la población de murciélagos en un bosque tropical, específicamente la composición y la riqueza del murciélago frugívoro, y la contribución de los murciélagos como agentes dispersores. También se estudió la asociación entre la diversidad de palmas y la comunidad de murciélagos frugívoros que viven en el dosel (perturbado y no perturbado).

- **Enfoque metodológico:** El estudio se realizó en dos tipos de bosque, según el estado de perturbación inducida por el huracán: (i) parche forestal severamente afectado (>75 % de árboles caídos, existencia de plántulas pioneras y regeneración natural) y (ii) perturbación mínima (bosque no afectado por el huracán Félix, existencia de 40 árboles/ha con diámetro > 60 cm).

- **Lo más destacado:**

Composición y riqueza de los murciélagos:

- Se encontraron 19 especies de murciélagos en los dos tipos de bosque: 9 en el bosque perturbado y 10 en el bosque no perturbado. Los murciélagos pertenecientes a las familias Phyllostimidae y Vespertilionidae fueron los más abundantes.
- *Carollia perspicillata*, *Carollia brevicauda*, *Artibeus lituratus*, *Chiroderma villosum* y *Artibeus phaeotis* fueron las especies con mayor abundancia relativa en el bosque perturbado (todas frugívoras).
- *Carollia perspicillata*, *Carollia castanea*, *Carollia brevicauda* (frugívora), *Micronycteris brachyotis* (insectívora) y *Uroderma bilobatum* (frugívora) fueron las especies con mayor abundancia relativa en el bosque no perturbado.
- Hubo diferencias en cuanto a riqueza y abundancia de murciélagos en los bosques perturbado y no perturbado. En el primero se registró una mayor riqueza y abundancia de murciélagos que en el bosque no perturbado.
- De acuerdo con el análisis de la curva de rarefacción, la probabilidad de capturar una nueva especie es mayor en el bosque no perturbado que en el bosque perturbado.
- De acuerdo con los rasgos funcionales (hábitos de alimentación y biometría), se identificaron 4 grupos.
 - Grupo 1. Identificado como dispersores pioneros. Son murciélagos pequeños que se alimentan con semillas encerradas en estructuras similares a una oreja. Tres especies de murciélagos pertenecen a este grupo: *Uroderma bilobatum*, *Carollia castanea* y *Carollia brevicauda*.
 - Grupo 2. En este grupo los murciélagos son pequeños y se alimentan de semillas que están en bayas o frutos en forma de oreja. Las especies que componen este grupo son: *Carollia perspicillata* y *Artibeus toltecus*. Este grupo dispersa semillas de especies pioneras y tardías.
 - Grupo 3. Formado por murciélagos que son de tamaño mediano (*Chiroderma villosum*, *Platyrrhinus helleri* y *Artibeus phaeotis*) y se alimentan de semillas que se encuentran en frutas parecidas a las bayas. Este grupo dispersa semillas de especies forestales tardías.
 - Grupo 4. Conformado por murciélagos de gran tamaño (*Artibeus lituratus* y *Artibeus jamaicensis*) que se alimentan de semillas que se encuentran en frutas parecidas a las bayas. Se cree que este grupo podría dispersar semillas de mayor tamaño y de especies tolerantes a la sombra.

Comunidad de palmas y murciélagos:

- Se registró un total de 10 especies de palmas en ambos tipos de bosque. Las especies más abundantes en el bosque perturbado fueron: *Geonoma congesta*, *Reinhardtia gracilis*, *Asterogyne martiana* y *Geonoma deversa*. Las especies más abundantes en el bosque no perturbado fueron: *A. martiana*, *Prestoea decurrens*, *G. congesta* y *Bactris hondurensis*.
- El bosque perturbado registró más especies de palmeras (9) y abundancia en comparación con el bosque no perturbado (1).
- Los bosques no perturbado y perturbado fueron estadísticamente diferentes. El bosque no perturbado presentó valores más bajos del índice de Shannon y una menor abundancia y riqueza de especies, así como valores más altos para el Índice de Simpson en comparación con el bosque perturbado.
- En sitios donde hay mayor riqueza y diversidad de palmas, se espera menor riqueza de murciélagos.
- En 12 palmas de tres especies se establecieron casetas de murciélagos, todas ellas en el bosque perturbado. Solo en una de las casetas se encontraron semillas pertenecientes a *Inga spp.*

Tesis: Evaluación de sistemas silvopastoriles para aumentar la productividad ganadera en el corredor seco de Matiguás, Nicaragua

- **Contexto:** La ganadería es un elemento importante en la economía de Nicaragua. Se estima que el 12 % del PIB del país proviene del sector ganadero. En general, el ganado se maneja en sistemas de producción extensivos con baja productividad y con tendencia a aumentar la población pecuaria. Las innovaciones y los cambios en los paradigmas son una necesidad primordial para los ganaderos con el fin de mejorar el manejo de los pastizales. Los sistemas silvopastoriles son usos de la tierra que integran de forma sostenible los pastizales y los árboles para mejorar la productividad de los sistemas pecuarios.

- **Desafío:** La proyección de sombra de los árboles es un problema constante en el diseño de sistemas silvopastoriles. La interacción del dosel de sombra y el componente herbáceo del sistema se ha documentado en otros lugares, especialmente en cuanto a aspectos relacionados a estrés hídrico y disponibilidad y calidad del pasto. Sin embargo, se sabe poco sobre el efecto del dosel de sombra (transmisión y distribución de luz) en el pasto. Aquí, Ayestas (2012) contribuyó al proceso de toma de decisiones relacionado con la densidad adecuada y las especies arbóreas establecidas/gestionadas en los pastizales. Esta información ayudará en el diseño de sistemas silvopastoriles sostenibles en la región.
- **Enfoque metodológico:** Se realizó un inventario de árboles en 10 fincas ganaderas de doble propósito con diferentes usos de la tierra y con cobertura arbórea. La selección de pastizales siguió estos criterios: presencia de árboles, condiciones contrastantes en la estructura y densidad de los árboles y productividad del pasto, capacidad de pastoreo tanto en la estación seca como lluviosa y condiciones de manejo similares durante los períodos de pastoreo y de no pastoreo. El porcentaje de oclusión del dosel se estimó con el uso de diferentes métodos/instrumentos.
- **Lo más destacado:**
 - Se registraron 2 419 árboles (dap > 5 cm) pertenecientes a 47 especies y 21 familias en 25,5 hectáreas. El tipo de herbácea más frecuente en las pasturas evaluadas fue *Paspalum conjugatum* para ambas estaciones. La disposición espacial de los árboles en los pastizales fue la siguiente: en 12 pastizales evaluados, los árboles se distribuyeron aleatoriamente con un índice de cercanía de 0,98. Seis pastizales tuvieron un arreglo espacial disperso con un índice de 1,41 y siete pastizales presentaron una disposición espacial de clúster con un índice de 0,85.

- Se formaron tres grupos según la cobertura de la sombra: cobertura de árboles con sombra alta, media y baja. La disponibilidad de pasto fue estadísticamente similar en los tres grupos. Hubo un efecto de la cobertura de sombra sobre la disponibilidad de pasto para ambas estaciones. Se ajustaron dos modelos para predecir la disponibilidad de pasto estacionalmente:

$$PA^{kgDM/ha} \text{ (estación seca)} = 51,63 + 3,97^{sc} - 0,13^{sc}$$

$$PA^{kgDM/ha} \text{ (estación lluviosa)} = 239,15 + 4,84^{sc} + 0,14^{sc}$$
 Donde:
 PA: disponibilidad de pasto
 DM: materia seca
 SC: cobertura de sombra (%).
- La densidad arbórea que puede permitirse en los pastizales sin comprometer la productividad del pasto, de acuerdo con la estacionalidad, es de entre 65 y 115 árboles ha⁻¹.
- No hubo diferencias en la simulación de la producción de leche en relación con la cobertura de sombra de los árboles.
- Las especies que proyectaron sombra densa fueron: *Adelia barbinervis*, *Ficus spp.*, *Simarouba amara*, *Cassia grandis*; mientras que las especies que proyectaron una cobertura más amplia para las estaciones secas y lluviosas fueron: *Guazuma ulmifolia*, *Albizia saman*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Cassia grandis* y *Lonchocarpus miniflorus*.

Tesis: Factores socioeconómicos que influyen en la presencia de árboles en fincas ubicadas en el Paisaje Centinela-Nicaragua

- **Contexto:** Los árboles en las fincas son recursos valiosos en los medios de subsistencia de los pobres de las zonas rurales. Se han realizado grandes esfuerzos para documentar su papel en las áreas agrícolas en términos de cobertura. Sin embargo, se requieren más esfuerzos para investigar el proceso de toma de decisiones detrás de la presencia de árboles en las fincas, especialmente en el contexto de deforestación y expansión de la frontera agrícola.
- **Desafío:** Detener los procesos de deforestación en los trópicos y promover la restauración del paisaje son elementos

claves en la agenda de los gobiernos y de las agencias de ayuda/financiamiento, especialmente porque son considerados procesos que contribuyen al logro de la sostenibilidad del manejo de los recursos naturales. En el Paisaje Centinela en Nicaragua se evaluaron los factores socioeconómicos que influyen en la presencia de árboles en las fincas (dos Santos Moreira, 2017).

- **Enfoque metodológico:** Este estudio se hizo en dos municipios de la Costa Caribe Norte de Nicaragua. Se desarrolló un enfoque participativo que incluyó entrevistas semiestructuradas a las familias de las fincas seleccionadas, grupos focales y observación participativa para documentar los posibles factores que determinan la presencia de árboles en las fincas.
- **Lo más destacado:** Hubo una relación sólida entre los medios de vida locales y los árboles, entre cómo las percepciones de los agricultores influyen en el cultivo de árboles en las fincas y en la relación entre la seguridad de tenencia de la tierra y la presencia de árboles en las fincas. Se concluyó que los agricultores atribuyen valores, usos y símbolos a los árboles, de acuerdo con su contexto cultural, social, político, económico y ambiental.
 - Hubo varios factores que influyeron en la presencia de árboles en las fincas, entre ellos: la identidad como agricultor, el apego a las tradiciones familiares, la cosmovisión de que los árboles son seres vivos y divinos, el papel fundamental que desempeñan los productos arbóreos en el suministro de madera, leña y frutas a las familias, los valores estéticos y económicos que los árboles confieren a las fincas, el capital financiero que representan como madera en pie y los servicios ecosistémicos provistos por los árboles que son percibidos por los agricultores.
 - Las estrategias y objetivos de los agricultores al cultivar árboles responden a las percepciones y necesidades generadas por el contexto en el que viven. Por ejemplo, eligen los árboles que se van a

- cultivar, los recursos que van a usar y definen la distribución de los árboles en la finca, de acuerdo con la forma en que los perciben en su contexto. Si son especies que se consideran buenas (es decir, proporcionan mejor sombra, madera de buena calidad, producen frutas o conservan el agua), les asignarán más recursos y una ubicación privilegiada en la finca. Si un árbol puede aliviar algunas necesidades familiares, el agricultor decide extraerlo y aprovechar su capital financiero. Si hay árboles que tienen valores afectivos, se conservan. Si los perciben como seres vivos, evitan cortarlos.
- Los agricultores cultivan árboles independientemente de la seguridad formal sobre la tenencia de la tierra.

Tesis: Impacto del cambio climático en la productividad del sistema agroforestal de café (*Coffea arabica*) en Costa Rica y Nicaragua

- **Contexto:** La evaluación de los efectos del cambio climático sobre la productividad del café ha pronosticado resultados negativos para su cultivo. Es por eso que el uso de herramientas analíticas, como los modelos de simulación de cultivos, es imprescindible para proporcionar alternativas para gestionar el cultivo del café en condiciones climáticas cambiantes.
- **Desafío:** El modelado de cultivos ha demostrado ser una herramienta útil para pronosticar la productividad bajo diferentes condiciones y manejo. El CAF2007 es un modelo de proceso dinámico básico que simula el comportamiento de los sistemas agroforestales de café. Este modelo incluye elementos de la fisiología de la planta de café y su respuesta a diferentes condiciones de crecimiento. Estos elementos se integran en un modelo a escala de parcela de crecimiento de árboles y cafetos y puede simular prácticas de manejo tales como espaciamiento, raleo, poda y fertilización y tasas de producción de café bajo dos opciones: café con sombra o a pleno sol. El modelo requiere calibración para reducir las incertidumbres en cada sitio simulado y una mayor validación de los resultados obtenidos. En este estudio, el modelo CAF2007 fue calibrado dentro de 12 parcelas ubicadas en tres zonas agroecológicas (Ovalle Rivera, 2015).
- **Enfoque metodológico:** El modelo fue calibrado en 12 sitios ubicados en Costa Rica (8 sitios) y Nicaragua (4 sitios). Las diferentes prácticas de manejo (fertilización, poda, tipo de árbol, café a pleno sol, raleo) se incluyeron en el modelo (insumos). Los resultados del modelo se validaron utilizando los datos de una parcela en Nicaragua (finca de café Hammonia). Los parámetros para ejecutar el modelo son 104, de los cuales 70 están calibrados. Las parcelas se ubicaban en tres zonas agroecológicas: Zona 1, con clima frío-seco; Zona 2, con clima frío-húmedo y Zona 3, con clima cálido-húmedo. La simulación del efecto del cambio climático sobre la productividad del café se realizó en tres parcelas calibradas (paso previo del estudio): una parcela manejada a pleno sol y con prácticas convencionales en Nicaragua y dos parcelas gestionadas bajo sombra de *Terminalia amazonia* y *Erythrina poeppigiana* y prácticas convencionales medias en Costa Rica.
- **Lo más destacado:** Un aumento de 5 °C en la temperatura anual afectará la producción anual de ambos sistemas (café con sombra y a pleno sol). Las parcelas del sistema de café que crece a pleno sol reducirán su productividad en un 40 %. Se espera una reducción de entre 18 % y 27 % en las parcelas con sombra de *Terminalia amazonia* y *Erythrina poeppigiana*, respectivamente. Una menor precipitación afectará el rendimiento del café positiva o negativamente, según las condiciones locales y la reducción de la lluvia. Por ejemplo, en una de las parcelas manejadas a pleno sol y en un clima cálido - húmedo, una reducción en la precipitación anual de 763 mm disminuirá el rendimiento en un 76 %. En cambio, en una parcela ubicada en un sitio donde los valores de precipitación anual están por encima del óptimo para

el cultivo de café, una reducción en la precipitación puede tener un efecto positivo en la productividad. El aumento en los niveles de CO₂ puede tener un efecto de fertilización en las plantas de café e incrementar los rendimientos promedios estimados. *Escenarios de cambio climático en los rendimientos de café*: En una simulación de rendimiento del café bajo el dosel de *Terminalia amazonia*, con prácticas convencionales medias y el uso del escenario climático del modelo de circulación global MIROC5 (con niveles de CO₂ de 380 ppm y Rutas de Concentración Representativas - RCR 8,5), la producción de café esperada se reducirá en 18 %; a la vez que se espera un aumento en el rendimiento en 10 % con un incremento de los niveles de CO₂ a 541 ppm.

Tesis: Impulsores del cambio de uso del suelo y capacidad de almacenamiento de carbono a lo largo de un gradiente de paisajes modificados por el hombre en Nicaragua

- **Contexto:** La deforestación en los trópicos puede explicarse por causas proximales y subyacentes. El primer grupo incluye la expansión agrícola, el desarrollo de infraestructura y la extracción de madera. Las causas subyacentes están relacionadas con las sinergias entre variables económicas, tecnológicas, sociales, demográficas e institucionales. El énfasis de la investigación en cuanto a cambios de usos de la tierra y cambios en la cobertura arbórea está en la mejora de los sistemas de monitoreo, de los procesos/impulsores de transiciones en los bosques y del modelado de escenarios futuros con el uso de análisis multitemporales.
- **Desafío:** El uso de teledetección por radar en las últimas décadas ha mostrado su utilidad para evidenciar la rápida disminución de los bosques en los trópicos. Estudios recientes han demostrado la capacidad de la detección remota, especialmente ALOS PALSAR, para estimar la distribución y la cantidad de biomasa aérea en diferentes tipos

de bosques, incluso en los bosques con condiciones de gran nubosidad. A pesar de que el enfoque ha ganado cierto impulso en el monitoreo forestal, su aplicación todavía es limitada en los trópicos debido a su costo y menor área de cobertura geográfica. Aquí se presenta una estimación de la biomasa y de las reservas de carbono en un bosque de coníferas y un bosque tropical latifoliado, con el uso de datos de teledetección por radar. También se analizan los impulsores de la cobertura arbórea y de los cambios en los usos del suelo en un gradiente de paisajes modificados con el empleo de técnicas de modelado espacial.

- **Enfoque metodológico:** El estudio se realizó en Nicaragua, en siete municipios pertenecientes a tres zonas ecológicas. El área de estudio está hipotéticamente ubicada a lo largo de un gradiente de actividades humanas que se pueden incorporar en la curva de transición del bosque para explicar las dinámicas de deforestación/degradación de la cubierta arbórea. Un modelo que pronostica el cambio de uso de la tierra y de la cobertura arbórea en el tiempo (por ejemplo, al 2030) se construyó con el software Dinamica EGO. En el proceso de modelación se utilizó una serie de variables biofísicas y mapas de uso del suelo/cobertura arbórea para los años 2000, 2008 y 2014. Las imágenes de ALOS PALSAR para 2008 y 2009 se analizaron usando la longitud de onda de la banda L y la técnica de polarización HV para predecir la biomasa aérea y las reservas de carbono en los dos tipos de bosques.
- **Lo más destacado:** El software Dinamica EGO permitió el modelado exitoso de los cambios en los usos del suelo para 2030 en tres zonas agroecológicas de Nicaragua. Este proceso también proporcionó las tasas anuales de transición de los usos del suelo y los pesos asignados a cada una de las variables incluidas en el proceso de modelado. Hubo evidencia para respaldar la existencia de una curva de transición forestal en el área de estudio y se observó

una tasa más baja de recuperación forestal. La curva de transición forestal comienza con la presencia de bosques en Puerto Cabezas y Rosita, y disminuye en dirección a los municipios de Waslala y Siuna. El bosque en estos municipios está siendo reemplazado por pastizales. La fase de recuperación de la curva a un ritmo lento se ubica en algunas áreas de Rancho Grande, El Tuma-La Dalia y San Ramón. Parece que la presencia de vastas áreas de sistemas agroforestales de café influye en el aumento de la cobertura forestal. Hubo una relación directa entre la pérdida de cobertura forestal y el aumento de pastizales. La pérdida de cobertura forestal fue consecuencia de la migración durante la reforma agraria y el aumento de la población.

Los resultados del estudio actual sugieren que la banda L de ALOS PALSAR predijo con éxito la biomasa aérea tanto para bosques de coníferas (con cualquier densidad de árboles) como para bosques latifoliados (con densidad superior a 160 árboles/ha). Una relación sólida entre la biomasa aérea y el coeficiente de retrodispersión de la técnica de polarización HV demostró que esta metodología es una alternativa viable para estimar la biomasa aérea. Tres factores influyen en la correlación entre la señal del radar y la estimación de la biomasa aérea: densidad arbórea, homogeneidad/heterogeneidad de los bosques y topografía. Por ejemplo, en los bosques latifoliados se encontró que con una mayor densidad de árboles en las parcelas de muestreo (de 0,5 ha), se espera una mayor correlación con el coeficiente de retrodispersión de la señal del radar.

Tesis: Potencial socioeconómico del manejo de bosques secundarios: Tres casos en América Central

- **Contexto:** Los bosques secundarios tropicales se definen como aquellos que resultan de la perturbación humana (es decir, bosques talados y barbecho forestal). Los bosques secundarios son extensos en los trópicos. En América Central, la extensión de los bosques

secundarios (latifoliados y pinares) es de 6 millones de hectáreas. Varios estudios han destacado su potencial de manejo y su contribución a nivel socioeconómico. Sin embargo, poco se sabe del potencial económico de los bosques secundarios en América Central.

- **Desafío:** En América Central existen experiencias en manejo y aprovechamiento de bosques secundarios en varios sitios. Esto representa una oportunidad para documentar tanto el potencial económico de los bosques secundarios para los dueños de bosques como la influencia del marco legal y la política forestal en su manejo.
- **Enfoque metodológico:** Este estudio se realizó en tres países de Centroamérica. Los casos seleccionados para el estudio se basaron en las recomendaciones de los actores principales del sector forestal en la región. Se realizaron entrevistas semiestructuradas y abiertas a informantes claves relevantes en cada uno de los casos seleccionados para recopilar información importante sobre la gestión de bosques secundarios. Asimismo, se revisó información secundaria como planes de manejo forestal, leyes, decretos y regulaciones. La sostenibilidad económico-financiera se evaluó con el uso de la tasa interna de retorno, el valor neto actual, los valores de flujo de efectivo y el análisis de sensibilidad para cada caso.
- **Lo más destacado:** Solo el caso en Costa Rica fue rentable (es decir, todos los costos, incluidos los requisitos legales, fueron cubiertos por la actividad). En Nicaragua y Honduras, los casos estudiados presentaron índices de rentabilidad negativos (los ingresos generados por la actividad no cubrieron todos los costos en que se incurrió). Los costos más altos se debieron a los requisitos legales que deben cumplirse para manejar y cosechar el bosque secundario. La misma regulación y procesos se aplican tanto a los bosques maduros como a los bosques secundarios, lo que conlleva a un proceso largo y agotador que afecta negativamente la

rentabilidad de la actividad. Además, los precios bajos de la madera en el mercado nacional influyeron en la rentabilidad negativa. Sin embargo, los propietarios hallaron que el manejo de bosques secundarios es una forma de proteger las propiedades de la ocupación ilegal, así como una opción para la generación de ingresos y la contratación de mano de obra familiar.

Tesis: Prácticas agroecológicas para aumentar la productividad y la seguridad alimentaria en los huertos familiares en Nicaragua Central.

- **Contexto:** La agroecología es el ámbito que combina prácticas agrícolas y ecología para resolver los problemas más apremiantes en torno a la producción de alimentos. La identificación y la implementación de prácticas agroecológicas producen numerosos beneficios sociales y productivos.
- **Desafío:** La implementación de prácticas agroecológicas en los huertos familiares puede mejorar las condiciones biofísicas y socioeconómicas del sistema y ayudar a asegurar los alimentos para la familia. Los estudios sobre la efectividad de las prácticas agroecológicas en la producción de los huertos familiares son limitados. En esta investigación, las prácticas agroecológicas encontradas en los huertos familiares fueron documentadas y jerarquizadas en función de la evaluación de su idoneidad para aumentar la productividad y la nutrición.
- **Enfoque metodológico:** Se describieron 30 huertos familiares y se jerarquizaron las prácticas agroecológicas para asegurar una producción sostenible. Cada práctica se evaluó en función de los criterios desarrollados por agricultores, profesionales e investigadores (tales como viabilidad económica y agronómica, capacidad de adopción y su posible contribución a los sistemas climáticamente inteligentes).
- **Lo más destacado:** Según la descripción de los huertos familiares, se registró un

total de 42 especies de cultivo, 28 plantas frutales y 10 especies animales. La mayoría de los huertos familiares (85 %) no incluye prácticas agroecológicas en su sistema de manejo, tales como rotación y asociación de cultivos, almacenamiento de semillas y uso de plantas u organismos beneficiosos. Se jerarquizaron cuatro prácticas agroecológicas (puntaje más alto): dos prácticas relacionadas con el manejo de la fertilización (aplicación de compost y vermicultura) y otras dos prácticas sobre el manejo de plagas (con un extracto botánico elaborado a partir de hojas de *Gliricidia sepium* en combinación con hojas de *Psidium guajava*, ajo o chile). Sin embargo, los experimentos de validación realizados para evaluar el efecto de las cuatro prácticas en el rendimiento de la zanahoria y el repollo (evaluaciones de altura de planta a los 30 y 60 días después de la siembra y peso a los 100 días después de la misma), indicaron que las prácticas fueron estadísticamente similares a un control. Las razones por las cuales las prácticas no produjeron diferencias fueron la alta mortalidad sufrida por los cultivos (90 % de pérdida en zanahorias y 30 % en repollos) debido al exceso de lluvias e inundaciones.

Tesis: Evaluación económica de los sistemas silvopastoriles y buenas prácticas ganaderas para mejorar la resiliencia climática de las fincas lecheras a pequeña escala en el municipio de Olanchito, Yoro, Honduras

- **Contexto:** Honduras, al igual que el resto de países centroamericanos, es vulnerable al cambio climático. La ganadería es un sistema de producción dominante en las zonas rurales de Honduras y, especialmente, en el municipio de Olanchito, Yoro. Tradicionalmente, los ganaderos en Yoro implementan varios sistemas silvopastoriles (SSP), mejores prácticas agrícolas (MPA) y medidas de infraestructura (MMI) para hacer de la ganadería una actividad más sostenible y rentable a largo plazo. Sin embargo, el papel de los SSP, las MPA y las MMI como estrategias efectivas y resistentes de mitigación/adaptación al cambio climático no se han evaluado completamente en todo el país.

- **Desafío:** Faltan datos/información actualizados sobre la idoneidad, confiabilidad y viabilidad económica de SSP, MPA y MMI como medidas efectivas para mitigar el cambio climático y aclarar si la ganadería es lo suficientemente resistente como para superar escenarios climáticos futuros.
- **Enfoque metodológico:** Se documentaron los SSP, MPA y MMI dominantes a través de talleres participativos realizados en zonas a diferente elevación (alta, media y montañosa) en todo el municipio. Las entrevistas semiestructuradas se utilizaron para recopilar información sobre las medidas de SSP y MPA implementadas a nivel de fincas con el fin de identificar y priorizar aspectos de las acciones de productividad, adaptación y mitigación. También se realizó un análisis económico comparativo para evaluar el desempeño financiero y ambiental de SSP, MPA y MMI categorizado entre las tipologías de los agricultores (pequeño y mediano) y elevación (alta, media y montañosa).
- **Lo más destacado:**
 - Un total de 22 prácticas fueron identificadas e implementadas por > 20 % de los productores con una edad de uso de > 5 años.
 - Los agricultores priorizaron un subconjunto de 10 prácticas que incluyen: cortar pasturas, pasturas mejoradas, cercas vivas, mejoramiento genético, ordeño limpio, división y rotación de potreros, ensilaje, espacio adecuado para productos agrícolas, salas de ordeño y cultivos de agua.
 - La mitad de la muestra de estudio se seleccionó para realizar una evaluación económica adicional entre las fincas.
 - La evaluación económica por tipología mostró que todas las fincas (n = 17) eran rentables. Sin embargo, las mejores prácticas se desempeñaron mejor en las fincas pequeñas, como se evidencia en los flujos netos que fueron más altos en comparación con las fincas medianas.
 - El análisis financiero por zonas agroclimáticas mostró valores positivos en fincas y prácticas; sin embargo, las fincas ubicadas en el área media

presentaron un valor neto actual por hectárea más alto y una capacidad moderada para la reinversión.

- El análisis financiero por tipo de práctica mostró que las fincas con SSP fueron las más rentables, con mayor ganancia neta/ha, mayor rendimiento financiero y una alta capacidad de reinversión.

10.2 P2: Magnitud del stock y tasa de variación de la presencia de árboles y bosques en el paisaje y en las fincas

Tesis: Almacenamiento de carbono y beneficios familiares en pequeñas fincas de café en Nicaragua

- **Contexto:** El café arábico representa el 63 % del mercado mundial de café y es de suma importancia en la economía de varios países tropicales, especialmente en América Central. En América Latina, el 90 % del café se produce bajo la sombra de árboles. Varios estudios han señalado la importancia de los sistemas agroforestales de café en los medios de vida de los agricultores y las empresas de café y en la provisión de servicios ecosistémicos (es decir, conservación de la biodiversidad, almacenamiento de carbono y conservación de agua y suelo).
- **Desafío:** Comprender las sinergias y las compensaciones de los servicios del ecosistema (producción de café, beneficios de los árboles, almacenamiento de carbono, producción de alimentos y gestión del agua,) es clave para mejorar su manejo. Existen modelos cualitativos que muestran las sinergias entre el almacenamiento de carbono y la rentabilidad del café, donde es posible obtener un escenario de alta rentabilidad y almacenamiento de carbono si se optimiza la selección, plantado y manejo de árboles de sombra. En esta investigación se estudió la relación entre dos servicios ecosistémicos claves: la producción agroforestal (estimada como beneficio familiar) y el almacenamiento de carbono (regulación) en fincas cafetaleras con composiciones diferentes de sombra.

- **Enfoque metodológico:** Se evaluaron 27 fincas de café y se agruparon según el tipo de sistema de sombra. C1: café cultivado al sol, C2: café + musáceas + leguminosas, C3: café + leguminosas + árboles madereros y C4: café + leguminosas, árboles madereros + árboles frutales y musáceas. Se estimó el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y los rendimientos de los productos agroforestales (café, frutas, bananos, madera y leña). El valor (ingresos y autoconsumo) de la agroforestería del café se estimó utilizando tres índices económicos: flujo de caja neto, ingreso neto y beneficio familiar.
- **Lo más destacado:** La capacidad de almacenamiento de carbono varió de 7,8 mg/ha en sistemas de café cultivado a pleno sol hasta 35 mg/ha en sistemas agroforestales de café con dosel de sombra diversificada. Los árboles almacenaron 74 % del carbono (19,6 mg C/ha) del sistema, seguidos por las plantas de café con 19 % (4, 9 mg C/ha) y las musáceas con 7 % (1,9 mg C/ha). Los productos agroforestales contribuyeron positivamente al flujo de caja neto, a los ingresos netos y a los beneficios familiares. El café es el producto que proporciona más ingresos en comparación con otros productos agroforestales. Estos últimos son un componente importante en la estimación del beneficio familiar (autoconsumo). Dos de los sistemas estudiados (sistemas agroforestales de café C3 y C4) pudieron proporcionar ambos servicios ecosistémicos, lo que indica una sinergia entre los dos servicios ambientales.

Tesis: Contribución de los árboles en las fincas a los medios de vida de las familias rurales de dos sitios diferentes en Nicaragua

- **Contexto:** El desarrollo rural es esencial tanto para mejorar la calidad de vida de la población rural como para la conservación de los recursos naturales. La agroforestería es una alternativa sostenible para el desarrollo rural y un elemento visible en el paisaje agrícola. La estimación reciente de la extensión agroforestal es de mil

millones de hectáreas. Los árboles en las fincas pueden contribuir a las estrategias de subsistencia de los agricultores para enfrentar eventualidades climáticas o socioeconómicas y pueden suministrar bienes importantes para satisfacer las demandas de los agricultores.

- **Desafío:** Los estudios socioeconómicos son importantes para cuantificar la participación de los sistemas agroforestales en la rentabilidad del sistema agrícola. Este estudio evaluó si la contribución de los árboles en las fincas varió en dos sitios con un historial agrícola contrastante (El Tuma -La Dalia y Waslala), con diferencias en historias, de acceso al mercado y densidad de población, e historial distinto de cobertura de árboles.
- **Enfoque metodológico:** Se estudiaron 90 fincas, 45 fincas por cada sitio. En cada finca se evaluaron cinco usos del suelo: cacao, café, pastos, huertos familiares y cultivos básicos. Se registraron cuatro grupos de variables: diversidad y densidad de árboles, área basal, productos de los árboles (madera, frutos y leña) y beneficios económicos proporcionados por los árboles (ventas y beneficios familiares).
- **Lo más destacado:** Los sitios de estudio fueron similares en cuanto a diversidad y densidad de árboles, pero se encontraron diferencias en los beneficios económicos proporcionados por ellos. Se registró un total de 262 especies de árboles en ambos sitios (160 especies fueron compartidas), 202 especies en El Tuma - La Dalia y 220 especies en Waslala. En relación a usos de la tierra, el café fue el uso de la tierra con mayor diversidad de árboles (197 spp.), seguido por los pastos (189 spp.), el cacao (169 spp.), los huertos familiares (152 spp.) y los cultivos básicos (138 spp.). Las especies más importantes como resultado de su abundancia, frecuencia y dominio relativo fueron: *Cordia alliodora*, *Mangifera indica*, *Persea americana*, *Citrus sinensis*, *Platymiscium dimorphadrum*, *Inga oestadiana*, *Psidium guajava*, *Cedrela odorata*, *Guazuma ulmifolia* y *Tabebuia rosea*. A nivel de parcela, los usos del suelo con mayor diversidad de árboles

fueron los sistemas agroforestales de café y cacao, mientras que los cultivos básicos fueron el uso del suelo con el valor más bajo en diversidad arbórea. El café, el cacao, los pastos y los cultivos básicos mostraron una mayor similitud en la composición botánica (70–90 %), mientras que los huertos familiares fueron el uso del suelo con una mayor distancia ecológica (30–50 %). Los sistemas agroforestales de café y cacao registraron la mayor densidad de árboles (138 y 79 árboles/ha, respectivamente) y los cultivos básicos tuvieron la más baja (30 árboles/ha).

Los productos arbóreos con mayor frecuencia de uso por parte de las familias en ambos sitios fueron: madera, frutas, leña y postes. Las frutas y la leña fueron cosechadas por casi todas las familias entrevistadas (97 %), por lo que estos productos tuvieron una mayor participación en la estimación del beneficio familiar. Los beneficios familiares de los productos de los árboles fueron mayores en los sistemas agroforestales de café y cacao (USD 268/ha/año y USD 242/ha/año), seguidos por los pastos, los huertos familiares y los cultivos básicos. A nivel de finca, el beneficio familiar puede alcanzar hasta USD 550/ha/año. Este estudio demostró que los productos de los árboles son una estrategia importante de las familias rurales para mejorar sus condiciones de vida a través de la seguridad alimentaria y el ahorro.

Tesis: Contribución de los huertos familiares a la seguridad alimentaria y la nutrición de las familias que trabajan con el Programa Agroambiental Mesoamericano en Trifinio y en el centro-norte de Nicaragua

- **Contexto:** El cambio climático, los ingresos bajos, la falta de acceso a buena educación y la mala gestión de los recursos naturales, entre otros aspectos, amenazan la ingesta de alimentos y su calidad nutricional. Los eventos climáticos, tales como sequías, son un fenómeno recurrente en América Central, por lo tanto, el desarrollo de estrategias para adaptarse a estas amenazas es importante para proteger a las personas y las comunidades que viven en estas condiciones.
- **Desafío:** La diversificación de la producción de alimentos, la introducción de árboles en las fincas y los cultivos resistentes a la sequía son parte de las estrategias establecidas para combatir las condiciones climáticas cambiantes. Este estudio determinó la diversidad de alimentos producidos en los huertos familiares y su contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición de las familias que dependen de ellos.
- **Enfoque metodológico:** En 2013 se entrevistó a 329 familias para establecer una línea de base y también en 2015 para monitorear los cambios en el tiempo. Se utilizó el Índice de Shannon para calcular la diversidad de alimentos en los huertos familiares. La puntuación de consumo de alimentos (FCS, por sus siglas en inglés) se empleó para comparar la calidad nutricional de la ingesta alimenticia en 2013 y 2015 en Nicaragua y Trifinio (El Salvador, Honduras y Guatemala).
- **Lo más destacado:** Los huertos familiares son una fuente de diferentes tipos de alimentos para ambos grupos de familias (Nicaragua y Trifinio) durante algunos meses o durante todo el año. Por ejemplo, las verduras ricas en vitaminas, ácido fólico y minerales estuvieron disponibles para las familias en Nicaragua; pero este no fue el caso en Trifinio, donde este grupo de alimentos fue afectado gravemente por la sequía en 2014. La riqueza de la dieta por grupo de alimentos tuvo un mejor panorama en Nicaragua que en Trifinio, debido a la severidad de las condiciones ambientales. Se observó un aumento en la riqueza de alimentos en el grupo de leguminosas (que son una buena fuente de proteínas, micronutrientes y fibra alimenticia). Los grupos de alimentos como la carne y los productos lácteos fueron los más afectados por la sequía. La calidad de la dieta, medida en dos momentos diferentes con el uso del índice de puntuación por consumo de alimentos (FCS, por sus siglas en inglés), mostró que las familias en Nicaragua

tuvieron una dieta de calidad superior en comparación con el grupo de Trifinio, este último clasificado en la categoría de bajo consumo de alimentos y dieta de baja calidad. Las familias en Nicaragua ingieren un mayor número de grupos de alimentos en comparación con las familias en Trifinio; es decir, las familias en Nicaragua tienen una dieta más diversificada y un mejor consumo de alimentos.

Tesis: Densidad y diversidad de nemátodos en sistemas agroforestales de café cultivado a la sombra de bananos y leguminosas en Jinotega, Nicaragua

- **Contexto:** El sector del café en Nicaragua representa el 3,5 % del PIB y el café verde es el octavo producto en las exportaciones de Nicaragua. Alrededor de 130 000 ha se cultivan con café, de las cuales 77 000 ha están bajo la sombra de árboles maderables y de banano. Los bananos se siembran como sombra temporal en los sistemas agroforestales de café y son una fuente importante de ingresos para los agricultores, especialmente en tiempos de precios bajos para el producto.
- **Desafío:** Varios estudios han reportado el efecto de los nemátodos en la producción de café. Sin embargo, existe incertidumbre sobre la relación entre el cultivo de bananos en el café y el aumento de la densidad de los nemátodos en las plantaciones de café a la sombra. El presente estudio examinó la incidencia de nemátodos en el sistema de café y bananos.
- **Enfoque metodológico:** El estudio se realizó en 28 fincas. Se evaluaron cuatro tratamientos por finca: café-banano-leguminosas (CBL), café-banano (CB), café-leguminosas (CL) y café a pleno sol (C). Se tomaron muestras de suelo para la identificación de nemátodos y el análisis fisicoquímico (porcentajes de hojarasca, de malezas y de sombra y densidad aparente del suelo). También se examinaron las raíces del café y del banano.
- **Lo más destacado:** Se identificaron un total de 11 663 nemátodos en las

muestras de suelo (pertenecientes a 14 familias y 3 géneros) que se dividieron en cuatro grupos tróficos: bacterívoros, omnívoros, frugívoros y fitonemátodos. No se encontraron diferencias significativas en los diversos grupos tróficos entre tratamientos. Los nemátodos presentaron una alta densidad poblacional tanto en las raíces del banano como del café. El *Meloidogyne J2* tuvo una mayor densidad en los tratamientos donde los bananos estaban ausentes de los sistemas (CL y C). El género *Pratylenchus* en bananos tuvo una mayor densidad de población en el tratamiento CB, mientras que el *Meloidogyne J2* en las raíces de los bananos fue mayor en el tratamiento CBL. Hubo una relación positiva significativa en los bananos entre el daño de la raíz y la presencia de *Meloidogyne* y *Helicotylenchus*, y el total de nemátodos encontrados en sus raíces.

- El género *Pratylenchus* en las raíces del banano presentó una relación negativa significativa con *Pratylenchus* en las raíces del café y una relación positiva con *Meloidogyne* en las raíces del café. Los fitonemátodos en las raíces del café y del banano, a pesar de ser del mismo género, mostraron relaciones diferentes con las características físicas y químicas del suelo, lo que podría indicar que no pertenecen a la misma especie.
- El género *Pratylenchus* en el café aumentó en el tratamiento CBL, pero disminuyó en el banano bajo esa combinación. El *Meloidogyne J2* en el café disminuye cuando hay más bacterívoros en los sistemas con mayor diversidad de plantas, mientras que en el banano, *Meloidogyne J2* aumenta en esos sistemas.
- Se estimaron los parámetros de la red alimentaria del suelo y no se encontró ningún efecto significativo entre los diferentes tratamientos e índices de la misma, excepto por la proporción de huella de depredador y presa en el tratamiento CB, que fue significativamente diferente en los otros tres tratamientos.

Tesis: Dinámica de crecimiento de *Swietenia macrophylla* y *Carapa guianensis* en un bosque de la Región del Caribe Norte de Nicaragua, con el uso de técnicas dendroecológicas: una contribución al manejo forestal sostenible.

- **Contexto:** Los bosques tropicales en la Región del Caribe de Nicaragua son una fuente importante para el crecimiento económico y el bienestar de las comunidades indígenas que dependen de ellos para sobrevivir. Los estudios sobre anatomía, análisis de anillos y relación fenológica en bosques tropicales en América Latina son limitados, y se encontraron incluso menos estudios sobre el uso del análisis de anillos para describir el crecimiento y ecología de la familia Meliácea.
- **Desafío:** Las comunidades indígenas en el Caribe Norte de Nicaragua requieren información sobre la dinámica de crecimiento de especies valiosas que les ayuden en el proceso de toma de decisiones a corto y mediano plazo para mejorar la gestión forestal. Este estudio describe una metodología que utiliza el análisis de anillos como herramienta para mejorar el manejo sostenible de dos valiosas especies forestales.
- **Enfoque metodológico:** Esta investigación tiene como objetivo contribuir al manejo forestal comunitario en dos sitios forestales (Butku y Layasicsa) con el uso de un enfoque dendroecológico que describe la dinámica de crecimiento de dos especies forestales, *Swietenia macrophylla* y *Carapa guianensis*, en relación con los factores climáticos. Se examinaron 18 árboles de *Swietenia macrophylla* y 42 de *Carapa guianensis*. La investigación estableció la dinámica de crecimiento de ambas especies, comenzando con la validación de los anillos anuales.
- **Lo más destacado:** Se obtuvieron 27 y 24 series sincronizadas y correlacionadas para *Swietenia* y *Carapa*, respectivamente. Esta sincronización proporcionó cronologías y un índice de ancho de anillos que posteriormente se correlacionó con la precipitación y la temperatura. No hubo una relación significativa entre el incremento del diámetro y la temperatura o la precipitación. Las condiciones ambientales de ambos sitios estaban en el rango de las condiciones descritas para las especies en el área de su distribución natural. En cuanto a las condiciones del suelo, los parámetros evaluados para *Swietenia* tenían valores similares a los establecidos por los investigadores para la especie. La condición de crecimiento del suelo para *Carapa* fue similar a las condiciones encontradas para *Swietenia*.
 - El análisis de anillos de *Swietenia macrophylla* estableció un incremento medio anual del diámetro a la altura del pecho (dap) de 5,8 mm y de 4,8 mm para *Carapa guianensis*. El modelado del patrón de incremento diametral permitió la definición de tiempos de rotación y ciclos de corta. Para *Swietenia macrophylla* el período de cosecha es entre 65 y 85 años, en el cual el árbol puede alcanzar diámetros entre 40 y 65 cm (dap), respectivamente. Para *Carapa guianensis*, el ciclo de rotación y corta es entre 70 y 122 años, en el que los árboles pueden alcanzar diámetros de 40 a 70 cm (dap).
 - Los modelos desarrollados con base en el análisis del ancho de los anillos de los árboles mostraron discrepancias con los diámetros de corte mínimos establecidos por las normas técnicas. El diámetro mínimo de corte (DMC) de 40 cm fijado por las normas técnicas nicaragüenses para *Carapa guianensis* no es apropiado, ya que la estimación de diámetros deseables para el aprovechamiento (basada en criterios biológicos), es mayor (50 cm). Por otro lado, el DMC de 50 cm para *Swietenia macrophylla* está en el rango considerado biológicamente deseable.
 - La variación interanual en la precipitación y la temperatura en el área de estudio no se correlacionó con el diámetro de crecimiento de las dos especies, probablemente debido a la corta duración del período seco anual.

Tesis: Estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea en tres paisajes forestales de América Central y su relación con el factor ambiental

- **Contexto:** La mayoría de las investigaciones sobre la biomasa y el almacenamiento de carbono en diferentes regímenes de uso de la tierra en Costa Rica y Nicaragua no considera el efecto de las condiciones ambientales sobre la biomasa y las reservas de carbono de los ecosistemas.
- **Desafío:** La conservación y el manejo de los bosques tropicales son una de las soluciones basadas en la naturaleza para reducir y capturar el CO₂ de la atmósfera. La reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques (REDD+) es un mecanismo financiero disponible para los países en desarrollo con el fin de fortalecer la gobernanza forestal, la conservación de los bosques y la reducción de emisiones derivadas de la deforestación. Los Gobiernos de Costa Rica y Nicaragua ya habían desarrollado sus estrategias REDD+; sin embargo, para diseñar y evaluar estas estrategias se necesitan metodologías para medir, cuantificar y monitorear la variación en los flujos de carbono. Por lo tanto, con esta investigación se proporcionaron conocimientos relevantes sobre el almacenamiento de carbono y su relación con las condiciones ambientales, con el uso de datos de parcelas de medición permanentes y temporales de tres paisajes forestales en América Central.
- **Enfoque metodológico:** Se seleccionaron tres bosques, dos en Nicaragua (volcanes Maderas y Mombacho) y uno en Costa Rica (Cordillera de Talamanca). Los bosques se encuentran en diferentes ubicaciones altitudinales. Se establecieron/monitorearon 18 parcelas de medición (0,25 ha) en los volcanes Maderas y Mombacho a través de un gradiente altitudinal de 437 a 1 157 msnm y 27 parcelas de medición permanentes en Talamanca, en un gradiente altitudinal entre 400 y 2 810 msnm. Se midieron todos los árboles con diámetro a la altura del pecho (*dap*) > 10 cm. En Nicaragua,

las estimaciones de biomasa aérea se calcularon con el empleo de las ecuaciones de Chave *et al.* 2014, que incluyen el uso de las variables diámetro (*D*), densidad de la madera (ρ) y altura total del árbol (*A*). En Talamanca se utilizó una combinación de ecuaciones (Chave *et al.* 2005; Álvarez *et al.* 2012 y Goodman *et al.* 2013), que incluyó el uso de *D* y ρ . Luego se estimó el carbono utilizando un factor de 0,5.

- **Lo más destacado:** Se identificaron tres tipos de bosques en el volcán Mombacho, similares a los del volcán Maderas, en función de la abundancia de especies de árboles registradas en las parcelas. Se identificaron cuatro tipos de bosques en la Cordillera de Talamanca. La relación entre carbono y altitud puede ser positiva o negativa y está influenciada por la frecuencia y severidad de las perturbaciones naturales. Las regresiones lineales sugieren una relación lineal negativa entre el carbono y la altitud en los gradientes altitudinales evaluados en Nicaragua, y entre 440 y 1 120 m en Talamanca, considerando que, una relación lineal positiva entre el carbono y la altitud se encontró entre 1 400 y 2 810 msnm en Talamanca.

No se encontró relación entre las variables edáficas y el carbono en los volcanes Mombacho y Maderas. En la región montañosa de Talamanca se encontraron relaciones lineales negativas entre K, Ca, Mg y pH con el carbono, y relaciones lineales positivas entre P y limo con el carbono.

En esta investigación, ningún parámetro ambiental individual influyó en el almacenamiento de carbono, pero se probó el efecto de un conjunto de parámetros ambientales sobre el mismo. En el volcán Maderas, la partición de la varianza sugiere un efecto conjunto de la altitud sobre el nivel del mar y las variables espaciales sobre la varianza del carbono, lo que explica un 25 % de la misma. En el volcán Mombacho no fue posible encontrar un efecto para la mayoría de las variables ambientales estudiadas. La partición de la varianza solo encontró

una relación con la altitud. En Talamanca se encontró un efecto conjunto de la temperatura media anual, las variables edáficas y las espaciales, que explican el 3 % de la varianza de carbono.

Tesis: Validación del modelo GAVILÁN: una herramienta para el manejo e investigación en las selvas tropicales de las tierras bajas de Centroamérica.

- **Contexto:** En todo el mundo, alrededor de 510 millones de hectáreas de bosques se encuentran en la categoría de producción de madera; en América Central, 2,1 millones de hectáreas están en esta categoría. Por lo tanto, contar con herramientas efectivas para planificar la rotación óptima de corte y la dinámica poblacional de la plantación de árboles es esencial en la gobernanza y gestión forestal.
- **Desafío:** El uso de modelos para simular diferentes intervenciones silvícolas en los bosques se ha convertido en una herramienta útil en el proceso de toma de decisiones de manejo forestal. Este tipo de técnicas reducen el tiempo en la elaboración del plan de manejo y aprovechamiento forestal. En esta investigación, se validó el modelo de dinámica forestal de *Pentaclethra* en un bosque lluvioso de tierras bajas de Costa Rica para promover el manejo forestal sostenible de esta especie.
- **Enfoque metodológico:** GAVILÁN es un modelo que se basa en la teoría de la dinámica de brechas desarrollada por Shugart (1984) y Botkin (1993) y se basa en el enfoque de árboles individuales reconocidos como adecuados para la simulación de bosques más complejos y el efecto del tratamiento silvícola sobre rodales y dinámica de árboles. En el modelo se pueden determinar cinco grupos de especies según la tasa de crecimiento: especies de crecimiento muy lento, especies de crecimiento lento, especies de crecimiento moderado, y especies de crecimiento rápido y muy rápido. Para validar el modelo se utilizó una base de datos de seis parcelas de medición permanentes (PMP). Estas PMP

se midieron desde 1993 hasta 2010. GAVILÁN puede modelar el efecto de la intervención silvícola y la extracción en la regeneración, el crecimiento, la mortalidad, la extracción futura, la diversidad y la composición del bosque.

- **Lo más destacado:** Los resultados confirman que el modelo GAVILÁN muestra un buen desempeño y que se puede usar tanto para la investigación a largo plazo como para el manejo forestal sostenible. El modelo presentó un porcentaje de error bajo a medio para el área basal, el número de individuos y la mortalidad. Aun cuando el modelo presentó una tasa de mortalidad atípica en el primer año, este resultado no afecta la precisión general ni el rendimiento del modelo como una herramienta para pronosticar la dinámica forestal. El error asociado a la mortalidad atípica parece estar relacionado con la subestimación de las causas de mortalidad independientes de la densidad y una sobreestimación de las causas de mortalidad dependientes de la densidad. Estas mediciones se pueden mejorar mediante la optimización de la parametrización del modelo.

10.3 P3: Consecuencias de los cambios en árboles/bosques en paisajes/ fincas en la provisión de servicios ambientales

Tesis: Catalizadores y limitaciones en la provisión de servicios de ecosistemas hidrológicos en fincas ganaderas en una pequeña cuenca del río Bulbul, Matiguás, Nicaragua.

- **Contexto:** En Nicaragua, la mayoría de las cuencas hidrográficas se enfrenta a una reducción drástica de la cobertura forestal debido a las actividades agrícolas. La deforestación en Nicaragua es uno de los mayores problemas ambientales. Según World Forest Watch, Nicaragua tiene la segunda tasa más alta de deforestación en América Central. Este problema tiene varios efectos negativos en la provisión de servicios ecosistémicos, por ejemplo, en la disponibilidad de agua para consumo humano/uso agrícola, como resultado de la sedimentación de los cuerpos de agua.

- **Desafío:** En el municipio de Matiguás, la población rural depende de cuerpos de agua superficiales para satisfacer sus necesidades hídricas. En esta región, la ganadería es el uso más importante de la tierra y, por lo tanto, existe la necesidad de aumentar o mantener la cobertura arbórea en los pastizales a fin de garantizar los servicios de los ecosistemas hidrológicos para la comunidad. Este estudio analizó la viabilidad de la prestación de servicios ecosistémicos hidrológicos en sistemas silvopastoriles.
- **Enfoque metodológico:** Se seleccionaron 23 fincas ganaderas para establecer la línea de base de los usos actuales de la tierra en el área de estudio. Según un índice de usos de la tierra para la cría de ganado propuesto por Alpízar y Madrigal (2005), se planteó un conjunto de prácticas mejoradas de uso de la tierra para aumentar la probabilidad de prestación de los servicios de ecosistemas hidrológicos (SEH). Las limitaciones y los catalizadores para la implementación de mejores prácticas de uso de la tierra se documentaron como un medio para identificar posibles incentivos que podrían aumentar la probabilidad de implementación de nuevas prácticas en fincas ganaderas.
- **Lo más destacado:** Los usos predominantes de la tierra en las fincas ganaderas fueron los sistemas silvopastoriles (65 %) en comparación con los pastizales sin árboles (12 %). La mayoría de las fincas ganaderas con árboles dispersos en sus pastizales tiene una baja densidad de árboles (66 % de las fincas ganaderas, < 30 árboles/ha). Cuarenta y uno por ciento de las fincas ganaderas estudiadas manejaron pasturas mejoradas en sus pastizales. De acuerdo con el análisis jerárquico, basado en la contribución de los usos de la tierra a la provisión de servicios hidrológicos ecosistémicos, las mejores prácticas identificadas para mejorar la entrega de estos servicios fueron: (i) mejora de los pastos, (ii) plantar árboles en pastizales que no los tienen e (iii) incrementar la densidad arbórea en los sistemas silvopastoriles.

Los agricultores indicaron que para ellos son más importantes los beneficios económicos percibidos por las actividades agrícolas que la provisión de servicios ecosistémicos por parte de la finca. A nivel de políticas, la formulación de un paquete de incentivos monetarios es imperativa, especialmente para pequeños ganaderos (< 15 ha y menos de USD 1 000/mes de ingresos brutos). También son importantes los incentivos en especie, como el suministro de insumos, para los ganaderos medianos (< 25 ha y menos de USD 4 000/mes de ingresos brutos). El paquete de incentivos debe ir acompañado de una campaña sobre la importancia/valor de la gestión de los recursos naturales en el bienestar general de la finca y la comunidad. En el caso de los grandes ganaderos, (>50 ha y USD 4 000/mes de ingresos brutos), estos tienen una actitud positiva para manejar los árboles en sus fincas, ya que reconocieron la importancia de los árboles en la provisión de beneficios (crecimiento económico/ bienes en especie).

Tesis: Análisis hidrológico en el escenario de cambios en el clima y usos del suelo en la cuenca del río Compasagua, Nicaragua.

- **Contexto:** Estudios recientes sobre el efecto del cambio climático en Nicaragua determinaron que la disponibilidad de agua se reducirá en 2100 en un 63 % si el modelo habitual persiste en el proceso de toma de decisiones de las partes interesadas. Por otro lado, la calidad y la cantidad del agua son afectadas por las actividades agrícolas (cambio de uso del suelo).
- **Desafío:** Comprender los escenarios históricos de cambios en el uso del suelo es clave para reconocer el vínculo entre los procesos socioeconómicos y el manejo de los recursos naturales. El uso de tecnologías (como la teledetección y los modelos estocásticos) aporta herramientas confiables para pronosticar cambios futuros en el uso del suelo. En esta investigación se evaluaron los cambios en el uso del suelo y el cambio climático en la cuenca del río Compasagua, Muy Muy, Nicaragua, y sus impactos en los componentes de la estabilidad del agua y la erosión.

- **Enfoque metodológico:** Los mapas de uso del suelo para 2030 se modelaron con el empleo de cadenas de Markov y del modelo Automata celular para evaluar la transición de la matriz y el cambio en las tendencias en el uso de la tierra. El análisis hidrológico se realizó mediante la aplicación de las Herramientas de Evaluación de Suelo y Agua (SWAT, por sus siglas en inglés) integradas en el software ArcGIS (versión 10). Para este análisis se utilizaron datos climáticos de un período de 10 años (2000–2010) registrados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). Los modelos de cambio climático usados en esta investigación fueron GFLDR30, ECHAM4 y HADCM3 simulados en un escenario pesimista (A2).
- **Lo más destacado:** El análisis dinámico espacial mostró que ocurrieron cambios en el uso del suelo durante los períodos de análisis. Por ejemplo, entre 1981 y 2010 ocurrió una reducción de 31 % en el área de bosque denso. La transición más alta en el uso fue desde pastos abiertos hacia pastizales con árboles dispersos en más del 700 % del área para el período 1981–2010. En el caso del bosque secundario, el 43 % del área se ha desplazado a otros usos del suelo, mientras que el 53 % restante se mantuvo como bosque, en el mismo período.

La simulación de los cambios en los usos del suelo para 2030 mostró un aumento en el área de pastizales con árboles dispersos (44 %), seguida de bosques secundarios sucesionales (16%). Al comparar los mapas de 2010 con el mapa proyectado para 2030, el área de pastizales sin árboles se reducirá en un 37 %, mientras que los pastizales con árboles dispersos aumentarán en un 21 %. El bosque secundario tendrá un aumento en área de 30 %, mientras que el bosque denso tendrá una disminución en área de 16 %.

A pesar de que estos cambios en la dinámica de la cobertura arbórea conducen a una mejora en las condiciones hidrológicas de 2010 a 2030, este sigue siendo un tema delicado porque

algunos componentes hidrológicos como la recarga de aguas subterráneas, la escorrentía y la erosión son más sensibles al cambio climático que a los cambios en el uso del suelo. De acuerdo con el ejercicio de simulación, pequeños cambios en la temperatura y en las precipitaciones afectan gravemente la cantidad de agua producida en la cuenca (entre 49 % y -25 %) en comparación con los escenarios sin cambio climático. Al analizar los impactos del cambio climático en los escenarios de manejo propuestos (mejores prácticas agrícolas en la cuenca, zonificación ecológica y económica -EEZ, por sus siglas en inglés), se observó una disminución en la deposición de sedimentos en un 39 % en función de los usos de la tierra previstos para 2030.

Según este estudio, el cambio climático tendrá el mismo impacto con escenarios de manejo (EZZ) y sin gestión, pero con la implementación de prácticas de EEZ se pueden obtener mejores condiciones para mitigar los efectos de la erosión y gestión del riesgo en la producción de agua. Por lo tanto, el diseño de estrategias para mitigar el cambio climático debe ser complementado con la gestión de las prácticas de los recursos de agua, para contribuir a la adaptación a las condiciones climáticas desfavorables, tales como reducción en las precipitaciones, como se prevé en los modelos HADCM3 y ECHAM4.

Tesis: Diversidad genética de *Cedrela odorata* L. en una matriz agrícola en el Paisaje Centinela Nicaragua-Honduras y su implicación para la restauración forestal

- **Contexto:** La degradación de los bosques naturales es un problema constante en los países tropicales. Entre 2010 y 2015 se perdieron anualmente cerca de 6,6 millones de hectáreas de bosques naturales. A nivel nacional, Nicaragua reportó pérdidas anuales de bosque natural de 85 329 ha. En 2008, la cobertura forestal era de solo el 25 % del territorio nacional.
- **Desafío:** Como resultado de los procesos de deforestación, los paisajes son un

mosaico de usos de tierra compuestos por parches de bosques (originales, secundarios y ribereños), insertados en una matriz de actividades agrícolas y pastizales. La fragmentación de los bosques provoca aislamiento y afecta negativamente los patrones de flujo genético, la estructura y la diversidad de una población. Las especies de alto valor como la *Cedrela odorata* son sobreexplotadas en su área de distribución natural (que se encuentra en zonas fuera de los parches de bosque) y podrían ser una opción para aumentar el flujo de genes y mantener la variabilidad genética de las poblaciones restantes, como se ha reportado para otros grupos vulnerables y valiosos de especies forestales. En esta investigación se estudió el grado de variación genética de *Cedrela odorata* en un paisaje fragmentado.

- **Enfoque metodológico:** Se tomaron muestras de 164 árboles en un área de 50 000 ha. Los árboles seleccionados se distanciaron entre sí por al menos 100 m. La diversidad genética de *Cedrela odorata* se estudió a partir de 10 marcadores moleculares microsatélite (secuencias simples repetidas -SSR). El análisis genético se llevó a cabo en el Laboratorio de Biología Molecular y Celular de la Universidad de Ciencias de la Vida, en Praga.
- **Lo más destacado:** En general, en toda la población se encontró un total de 189 loci, con una riqueza alélica de $A = 18,90$. Los niveles de heterocigosidad esperada ($H_e = 0,76 \pm 0,01$) fueron casi el doble que los niveles de heterocigosidad observados ($H_o = 0,4 \pm 0,04$), lo que indica una deficiencia en heterocigosis a nivel de individuos en la población estudiada. Los árboles con diámetro a la altura del pecho ($d_{ap} > 60$ cm) fueron más diversos (15,15 alelos por loci) que los árboles con $d_{ap} < 60$ cm (14,11 alelos por loci) con valores de F_{ST} de 0,03 y $P = 0,01$. La procedencia de los árboles (regeneración natural o árboles plantados) mostró niveles similares de diferenciación genética; sin embargo, los árboles de regeneración natural fueron más diversos que los árboles plantados.

El análisis de diferenciación genética por categoría de uso de la tierra mostró pequeñas diferencias genéticas en la población ($F_{ST} 0,026$, $P = 0,001$). El análisis fenológico mostró valores para F_{ST} más altos (0,052, $P = 0,001$), lo que indica que la fase vegetativa presentó una mayor riqueza alélica que la fase reproductiva (14,74 y 13,47 respectivamente). Sin embargo, estas variaciones genéticas fueron pequeñas; por lo tanto, ni el uso del suelo ni las fases fenológicas pueden influir en la divergencia genética en la población.

Se identificaron tres subpoblaciones de *Cedrela odorata* con diferentes niveles de diversidad genética. Las subpoblaciones A y B fueron significativamente más diversas que la subpoblación C. Las variables fenotípicas y ambientales que presentaron una tendencia similar a los rasgos genéticos fueron la fenología y la altitud. Por ejemplo, la subpoblación C, que tenía un mayor número de individuos en etapas reproductivas, estaba ubicada a una altitud ligeramente más baja y mostró valores de diversidad genética más bajos. Las subpoblaciones A y B tenían una proporción de casi 50/50 de individuos en fases reproductivas y vegetativas, estaban ubicadas a una mayor altitud y presentaron niveles de diversidad genética más altos.

10.4 P4: Conceptos y modelos necesarios para optimizar la presencia de árboles/bosques en paisajes/fincas para asegurar una provisión sostenible de servicios ecosistémicos

Tesis: Adaptación local al cambio climático a través de la planificación estratégica territorial en la comunidad de Wasaka Abajo (Municipio de El Tuma-La Dalia, Matagalpa, Nicaragua)

- **Contexto:** La población rural de Nicaragua es vulnerable al cambio climático. Según estudios recientes, Nicaragua es el cuarto país más afectado por eventos climáticos extremos en los últimos 20 años y también es uno de los países más pobres de América Latina. La mayor parte de su

población (70 %) depende de la agricultura para satisfacer sus necesidades.

- **Desafío:** La comunidad de Wasaka Abajo enfrenta los mismos desafíos que el resto del país. En el contexto del cambio climático, se espera un aumento de la temperatura y una disminución de las precipitaciones, con períodos más largos de días secos que afectan directamente las propiedades del suelo (fertilidad). Esta situación tendrá un efecto directo en las actividades agrícolas y amenazará los medios de vida de la comunidad que depende del manejo de los recursos naturales. Este escenario es agravado por las condiciones socioeconómicas de la comunidad que está clasificada como afectada por pobreza extrema. Como resultado, es imperativo el diseño de herramientas/metodologías para desarrollar estrategias locales y participativas.
- **Enfoque metodológico:** En este estudio se presenta el proceso de planificación estratégica en el contexto del cambio climático y se siguió la metodología de Estrategias locales para el desarrollo sostenible en el escenario del cambio climático (LSSDCC, por sus siglas en inglés) (Imbach *et al.* 2015)¹⁸. Esta metodología tiene un enfoque participativo e inclusivo y se centra en las singularidades de la comunidad en el contexto de la vulnerabilidad al cambio climático y sus condiciones socioeconómicas, culturales y políticas generales. La estrategia está diseñada para crear un mecanismo por el cual los proyectos priorizados se incluyan en la agenda de las partes interesadas locales y puedan beneficiar a los grupos de personas más vulnerables.
- **Lo más destacado:** Las partes interesadas locales participaron activamente en el diseño de la planificación estratégica territorial de la comunidad y validaron y analizaron la información comunal. La

planificación estratégica territorial contiene la visión de todos los interesados y su participación fue esencial en el proceso de toma de decisiones, ya que estas se basaron en las necesidades y prioridades de la comunidad. A través del proceso de planificación, las partes interesadas locales se empoderaron y se espera que asuman un papel protagónico en la ejecución exitosa de la planificación estratégica propuesta, como herramienta para enfrentar cualquier desafío futuro. La visión de la comunidad se basó en cinco aspectos claves: conservación de cuerpos de agua, mejor acceso a la educación, implementación de buenas prácticas agrícolas, manejo de desechos y conservación de bosques. Sobre la base de las condiciones y características se formuló un conjunto de objetivos y acciones estratégicas para responder a los aspectos claves importantes para la comunidad.

Tesis: Condiciones legales y habilitantes para la formación y funcionamiento de comités de cuencas hidrográficas en Nicaragua.

- **Contexto:** El agua es esencial para la vida y el desarrollo de las naciones. La distribución de suficiente agua para el mundo es uno de los principales objetivos sociales de las últimas décadas. El aumento de la población, el cambio climático y el mal manejo de los recursos naturales han tenido un impacto negativo en el suministro de agua en Nicaragua. Es necesario un cambio de paradigma en cuanto a gestión adecuada de los recursos hídricos para asegurar el desarrollo sostenible.
- **Desafío:** La gestión de cuencas hidrográficas es un enfoque convincente que utiliza el agua como elemento unificador en el proceso de toma de decisiones de un territorio. Sin embargo, el manejo de cuencas hidrográficas no es sencillo, ya que requiere de una serie de condiciones legales y regulatorias que permitan una participación institucionalizada y organizada de los usuarios y la población en general de una cuenca hidrográfica. Esto se puede lograr a través de la conformación de comités de cuencas hidrográficas integrados por actores claves

¹⁸ <https://labmeh.catie.ac.cr/2016/03/03/la-construccionde-estrategias-locales-de-adaptacion-al-cambio-climatico-una-propuesta-desde-el-enfoque-de-medios-de-vida/>

que comparten responsabilidades en el manejo de las cuencas.

- **Enfoque metodológico:** Para analizar las condiciones propicias para la creación de comités de cuencas hidrográficas, se identificaron dos estudios de caso. El primero está relacionado con la formación del comité de la cuenca hidrográfica del río Estelí. Para establecer este comité fue necesario implementar un proceso metodológico propuesto por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), entidad a cargo de la formación de los comités de cuencas hidrográficas. Este proceso metodológico tuvo tres fases (reconocimiento de la cuenca, conformación y legalización y operacionalización del comité). El segundo estudio de caso analizó la experiencia del programa FOCUENCAS II en la creación del comité del río Jucuapa. También se realizó un análisis integral de la Ley Nacional del Agua (Ley n.º 620) y el Reglamento de la Ley (Decreto 34-2010) con respecto a la implementación y operacionalización de los comités de cuencas hidrográficas.
 - **Lo más destacado:** Con esta investigación fue posible validar la metodología propuesta por ANA y se espera que esta tesis sea un documento oficial, una guía para la conformación de comités de cuencas hidrográficas en Nicaragua. Sobre la base del análisis del marco legal actual y los dos estudios de caso, las condiciones propicias para la formación de comités de cuencas hidrográficas fueron: legitimidad y representatividad, tipificación de las cuencas hidrográficas, necesidad de formar un comité, voluntad política de las autoridades municipales, existencia de una herramienta metodológica para guiar el proceso, cercanía al territorio, análisis de las habilidades y capacidades de las personas que integrarían el comité, equidad, compromiso de las autoridades locales y responsabilidades compartidas, sostenibilidad y estrategias financieras, creación de conocimiento, un plan de cogestión, descentralización o comité de apoyo, apropiación de herramientas metodológicas y establecimiento de objetivos a corto plazo.
- Tesis:** Construcción participativa de una estrategia de desarrollo sostenible en un escenario de cambio climático en el territorio del Macizo de Peñas Blancas, Nicaragua.
- **Contexto:** Los Territorios Climáticamente Inteligentes (TCI) son áreas sociogeográficas donde diferentes actores manejan los servicios ecosistémicos proporcionados por los recursos naturales para mejorar el bienestar de la comunidad, optimizar el uso de la tierra y contribuir a la adaptación y mitigación del cambio climático. El enfoque TCI fue la estrategia central del programa CATIE-MAP - Noruega.
 - **Desafío:** El Macizo de Peñas Blancas es un área protegida de gran importancia en términos de prestación de servicios ambientales debido a las características del área (tierras altas). El Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP, por sus siglas en inglés) consideró este territorio como estratégico desde el punto de vista de la gestión política, económica y social. Una de las estrategias del MAP es facilitar herramientas/enfoques que puedan promover la buena gobernanza y la gestión territorial. En este estudio se implementó el proceso de planificación estratégica para el desarrollo en el Macizo de Peñas Blancas.
 - **Enfoque metodológico:** En 2014 se creó en el territorio una plataforma participativa denominada Grupo de Gestión Territorial Peñas Blancas (PP-GTP). Este grupo reúne a diferentes actores de tres municipios (Rancho Grande, El Cuá y El Tuma-la Dalia) interesados en el manejo apropiado del territorio y del área protegida. En coordinación con este grupo, un equipo del CATIE facilitó el proceso de planificación estratégica como una herramienta para respaldar el proceso de toma de decisiones y la gestión adecuada del territorio. El proceso de planificación estratégica para el desarrollo utilizó la metodología de Estrategias Locales para el Desarrollo Sostenible en el Escenario del Cambio Climático (LSSDCC, por sus siglas en inglés) (Imbach *et al.* 2015).
 - **Lo más destacado:** La planificación estratégica para el desarrollo es un proceso

participativo que involucra el análisis de todas las dinámicas presentes en un territorio. A través de este proceso fue posible promover discusiones públicas y concientización que tuvieron un efecto positivo en la participación de los actores locales a diferentes escalas. Las estrategias creadas como resultado del proceso participativo son el complemento de los instrumentos/mecanismos existentes (por ejemplo, el Plan de Manejo de la Reserva Natural Macizo de Peñas Blancas) para gestionar el área protegida. La planificación, la investigación y el intercambio de conocimientos son temas transversales que garantizan el logro de una visión territorial.

Tesis: Desarrollo de una propuesta de bio-protocolo del derecho al Consentimiento Libre, Previo e Informado de los pueblos indígenas para la comunidad Sauni Arungka de la etnia mayangna.

- **Contexto:** A pesar de que los países han reconocido los derechos de las comunidades indígenas a la autonomía, a la tierra y a disfrutar libremente de su patrimonio cultural, social y espiritual, todavía existe un camino largo en el proceso de reconocimiento de sus obligaciones como Estados hacia las comunidades indígenas. En la década de 1980, Nicaragua reconoció el derecho a la autodeterminación de los pueblos indígenas mediante la promulgación del Estatuto de Autonomía de las Regiones del Caribe que se ratificó en agosto de 2010 por medio del Convenio 169. También son importantes el Decreto 15-2003 (Comisión Interinstitucional para la Defensa de la Madre Tierra) y la demarcación y seguridad de los derechos sobre la tierra de los territorios indígenas y afrodescendientes.
- **Desafío:** Entre los derechos promulgados y reconocidos para las comunidades indígenas se encuentra el derecho al Consentimiento Libre, Previo e Informado de los pueblos indígenas (CLPI), que forma parte de las legislaciones internacionales y nacionales respecto a los derechos indígenas. El objetivo de este instrumento es consultar y buscar la aprobación de las

comunidades indígenas en el proceso de toma de decisiones cuando se desarrolla un proyecto/actividad/ley/regulación sobre sus territorios y que podría afectar su cultura, bienestar y derechos de subsistencia. Este instrumento requiere que los Estados cooperen de buena fe. Es imperativo que las comunidades indígenas conozcan este instrumento de consulta para que no se violen sus derechos. En este estudio, se facilitó el proceso de consulta para obtener (o no) un CLPI en una comunidad de la Reserva de Biósfera Bosawás.

- **Enfoque metodológico:** El proceso de facilitación para la formulación del bioprotocolo a fin de hacer respetar el principio del CLPI, incluyó la historia y cosmovisión de los pueblos indígenas de la comunidad Sauni Arungka, así como los recursos naturales existentes en el territorio. También se reconoció la estructura de gobierno para la resolución/deliberación de conflictos. Con esta información, se determinaron los pasos necesarios para facilitar el proceso de consulta.
- **Aspectos destacados:** El bio-protocolo incorporó aspectos del marco legal a todos los niveles (territorial, municipal, regional, nacional e internacional). El proceso de facilitación ayudará a hacer prevalecer los puntos de vista y los derechos de los pueblos indígenas a través de sus propias instituciones y demandas al Estado (garantía del proceso de consentimiento) y del uso del bio-protocolo, cuando ciertas circunstancias o personas requieran su consentimiento para realizar una actividad de desarrollo en sus territorios. Este documento es el primer instrumento disponible para que el gobierno regional de la Costa Caribe Norte y el Gobierno de Nicaragua consulten y mejoren sus relaciones con los pueblos indígenas.

Tesis: Estrategia local para el desarrollo sostenible en un escenario de cambio climático en el territorio indígena Wanki Awala Kupia, Waspán, en la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte de Nicaragua.

- **Contexto:** Wangki Awala Kupia (WAK) es uno de los ocho territorios indígenas que pertenecen al municipio de Waspán. El territorio está ahora en proceso de convertirse en un territorio autónomo. El proceso de autonomía significa, entre otros aspectos y derechos, que las estructuras de gobierno indígenas y otras formas de organización se consolidan, los límites de su territorio se definen y hay reconocimiento legal por parte del Estado. El grupo indígena WAK ha avanzado en el desarrollo de una planificación estratégica territorial como parte de sus esfuerzos hacia un territorio autónomo.
 - **Desafío:** La planificación estratégica territorial busca ser una guía para lograr y mantener en el tiempo los objetivos de desarrollo propuestos por los miembros de una comunidad o territorio. Estos objetivos necesitan ser definidos por todos los miembros de la comunidad, respetando la autodeterminación de los pueblos indígenas reconocida en leyes y tratados nacionales e internacionales, y con base en los recursos disponibles en un territorio, con perspectiva local y teniendo en cuenta los efectos del cambio climático.
 - **Enfoque metodológico:** La metodología aplicada es la integración de la planificación estratégica territorial para el desarrollo y el análisis de los efectos actuales y futuros del cambio climático a nivel local y territorial (Imbach *et al.* 2015). Esta metodología se conoce como Estrategias Locales para el Desarrollo Sostenible en el Escenario del Cambio Climático (LSSDCC, por sus siglas en inglés) y en WAK siguió cuatro pasos: (i) mapeo de actores locales (identificación de actores con presencia y poder de incidencia en el territorio); (ii) análisis del territorio para conocer la situación actual y proyectar tendencias futuras; (iii) análisis de vulnerabilidad actual y los impactos del cambio climático, sobre todo para identificar niveles de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación del territorio al cambio climático; y (iv) definición de la estrategia local para el desarrollo sostenible del territorio.
 - **Lo más destacado:** El LSSDCC contiene 10 aspectos estratégicos claves para el desarrollo que incluyen temas sociales, culturales, económicos y ambientales. El uso sostenible de los recursos naturales desempeñó un papel clave en la definición del documento LSSDCC. La aplicación de los 10 puntos estratégicos será un esfuerzo concertado de los actores para construir un territorio sostenible. La facilitación de un proceso participativo e incluyente en una sociedad con diversas ideologías requiere un gran esfuerzo para lograr un diálogo abierto y productivo. En el territorio WAK, el proceso para buena gestión territorial puede ser impedido o limitado por las ideologías políticas.
- Tesis:** Evaluación del uso de cocinas ecológicas, análisis de la producción y uso de biocarbón como enmienda del suelo sobre los rendimientos del maíz (*Zea mays*) en tres municipios de León, Nicaragua.
- **Contexto:** El maíz es uno de los cultivos básicos consumidos y producidos en León, Nicaragua. La zona se caracteriza por un clima seco con poca precipitación anual. El uso de leña para cocinar es una de las razones de la deforestación en la zona. Según las autoridades nacionales, el cambio climático ha exacerbado las condiciones secas del lugar y ha provocado eventos de sequía recurrente que afectan a la población que depende de la agricultura como medio de vida.
 - **Desafío:** El uso de biocarbón tiene efectos positivos en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo (por ejemplo, pH, capacidad de intercambio catiónico [CIC], acidez del suelo, materia orgánica y condiciones de retención del agua). Por lo tanto, el empleo de biocarbón en áreas secas es una alternativa para promover la capacidad de retención de agua en el suelo y sostener la producción agrícola. El biocarbón es reconocido también como un método para contrarrestar las emisiones de gases de efecto invernadero cuando estos son secuestrados en el suelo. El biocarbón puede ser producido por los pequeños agricultores que adaptan sus sistemas de cocina. Las cocinas

que producen biocarbón usan biomasa tradicional para la creación de energía para cocinar y dejan biocarbón como subproducto, el que luego se aplicará al suelo para mejorar sus condiciones y, finalmente, para aumentar el rendimiento de los cultivos. A la vez, con el uso de cocinas mejoradas se puede disminuir la presión que supone la recolección de leña. En este estudio se investigó el efecto del biocarbón en el rendimiento del maíz y la percepción de los agricultores sobre el uso de cocinas que producen biocarbón en comparación con las cocinas tradicionales.

- **Enfoque metodológico:** En el presente trabajo, se investigó el efecto de los abonos de biocarbón y de las aves de corral en tres clases de textura de suelo diferentes (arenoso-franco, franco-arenoso, y areno-arcillo-limoso) sobre los rendimientos del maíz. Se midieron las siguientes variables: tasa de infiltración de agua, densidad aparente, capacidad de retención de agua, materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de nutrientes (Ca, Mg, K, N de NO_3 , P), peso de elote y mazorca de maíz, así como biomasa de la planta. Se construyeron y distribuyeron cocinas mejoradas de biocarbón entre los agricultores y se hicieron comparaciones con las cocinas tradicionales. Para contrastar los tipos de cocción y las cocinas, se llevaron a cabo análisis cuantitativos y cualitativos.
- **Lo más destacado:** *Características del suelo y retención de agua.*
 - Con la aplicación de biocarbón, la capacidad de retención de agua en el suelo puede aumentar hasta en un 18 %, independientemente de su textura. El pH aumentó a 7,36.
 - Biocarbón + estiércol de aves de corral (15 t/ha) aumentaron el valor del contenido de macronutrientes en el suelo: Ca: 324 mg/100 g; K: 111 mg/100 g; Mg: 35 mg/100 g; N: 35 mg/100 g, P: 66 mg/100 g.
 - Los valores de densidad aparente disminuyeron (0,82 g/cm³) en los suelos con textura franco-arcillo-arenosa.

- Además, la aplicación de biocarbón + estiércol de aves de corral mejoró la textura del suelo y permitió un mejor sistema de crecimiento radicular de las plantas de maíz, así como un aumento en los rendimientos y peso.

Cocinas mejoradas de biocarbón.

- El comportamiento térmico de la cocina mejorada de biocarbón es similar al de las cocinas tradicionales; alcanza los 340 °C en 60 minutos. El tiempo total de cocción en la cocina mejorada de biocarbón fue menor. El consumo de madera fue el mismo en ambos casos.
- El rendimiento de biocarbón en las cocinas mejoradas fue de 26 %.
- El 78 % de los productores/usuarios manifestó sentirse muy satisfecho con los resultados del uso de biocarbón en sus cultivos. El precio y el humo emitido por las cocinas fueron las barreras mencionadas por los usuarios/agricultores para el uso de las cocinas mejoradas. Sin embargo, el tiempo para cocinar, la estética, la facilidad en la preparación de la madera para utilizar en la cocina, la durabilidad y la simplicidad de uso fueron las características que más agradaron a los usuarios.
- El 100 % de los usuarios estuvo satisfecho con el uso de la cocina mejorada de biocarbón, porque ahora esta tiene tres espacios de cocción y pueden cocinar hasta tres alimentos diferentes al mismo tiempo.

Tesis: Identidad territorial, una contribución al proceso de gobernanza. Un análisis del contexto socioinstitucional en la Reserva del Macizo de Peñas Blancas, Nicaragua.

- **Contexto:** Un territorio es un espacio socialmente construido como resultado de procesos históricos, sociales y culturales que lo hacen único. Los Territorios Climáticamente Inteligentes (TCI) se definen como un modelo que busca transformar la manera en que la población comprende su entorno y la naturaleza de su relación con él. Cada territorio tiene una identidad definida por la condición de vivir en un lugar determinado.

- **Desafío:** Fortalecer el proceso de gestión territorial es una parte clave del programa agroambiental del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Este proceso busca apoyar las buenas prácticas de gobernanza y la gestión conjunta de un territorio. Aquí se presenta un análisis del contexto socioinstitucional existente en la Reserva del Macizo de Peñas Blancas, Nicaragua.
- **Enfoque metodológico:** Se llevó a cabo un proceso participativo que promovió una observación continua de la realidad para transformarla y la inclusión de actores claves del territorio. Entrevistas, historias de vida, transectos, observación participativa y talleres locales estuvieron entre las herramientas utilizadas para realizar el análisis.
- **Lo más destacado:** El territorio de Peñas Blancas está compuesto por cinco subterritorios que pertenecen a tres municipios. Cada uno de los subterritorios tiene su propia historia de creación y de colonización. El sentimiento de pertenencia varía entre las edades; las generaciones más jóvenes tienen más sentido de pertenencia que las generaciones mayores.
 - Las plataformas locales que trabajan en Peñas Blancas cuentan con un potencial alto para la gestión ambiental y apoyan las actividades intermunicipales que se llevan a cabo en el territorio. Se pueden asignar nuevos temas a estas plataformas locales en lugar de promover nuevas estructuras de organización. Las plataformas a nivel municipal no centran su trabajo solo en el funcionamiento de Peñas Blancas, sino que hay un interés en colaborar en temas compartidos tales como agua, seguridad alimentaria y alternativas agrícolas de producción para reducir la presión sobre los bosques naturales que quedan.
 - El instrumento de comunicación masiva disponible y más utilizado por las plataformas locales es la radio, por ejemplo, Radio Bosawás ubicada en el municipio de El Cuá. Esta no solo se

utiliza para la difusión de noticias, sino también para crear conciencia sobre temas ambientales, especialmente dirigidos a los agricultores.

- El Gobierno de Nicaragua tiene leyes, decretos y otros instrumentos que favorecen el buen manejo de los recursos naturales. Sin embargo, las oficinas locales tienen una tasa baja de ejecución de actividades y sus técnicos cuentan con niveles limitados de capacitación o poca capacidad de coordinación.

Tesis: Impacto de los créditos verdes financiados por el Proyecto CAMBlo en el establecimiento de sistemas silvopastoriles en las fincas ganaderas en localidades del centro-norte de Nicaragua

- **Contexto:** La ganadería ocupa el 70 % de la superficie agrícola en todo el mundo. Este sector es responsable de la deforestación, la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo y el cambio climático. En América Central, el 35 % de los bosques fueron convertidos en pastizales por lo que es urgente promover la adopción de buenas prácticas en las fincas ganaderas para reducir el impacto negativo de la cría de ganado en el medioambiente.
- **Desafío:** Los sistemas silvopastoriles (SSP) han demostrado ser opciones sostenibles para la intensificación de las fincas ganaderas. Sin embargo, los ganaderos necesitan incentivos para ayudarlos a adoptar SSP en sus fincas. Los créditos verdes son un tipo de mecanismo financiero disponible para los ganaderos que integran prácticas verdes en sus fincas. En esta investigación se evaluó el impacto de los créditos verdes promovidos por el proyecto Mercados Centroamericanos para la Biodiversidad (CAMBlo, por sus siglas en inglés) y la asistencia técnica proporcionada por el Instituto Nitaplan en la adopción de sistemas silvopastoriles en las fincas ganaderas.
- **Enfoque metodológico:** Las limitaciones y lecciones aprendidas en el acceso a

créditos verdes fueron documentadas a través del análisis de la base de datos de beneficiarios de Nitaplan y del proyecto CAMBlo. Para analizar el impacto del crédito verde en la adopción de SSP, se seleccionaron al azar 70 fincas beneficiadas con los incentivos y 30 fincas sin incentivos.

- **Lo más destacado:** Los créditos fueron clasificados como positivos por los ganaderos. El 91 % de ellos indicó que gracias al incentivo estableció sistemas silvopastoriles en sus fincas. El 89 % recibió Bio Premium (equivalente al 14 % de la cantidad total del crédito) que es la medida de cumplimiento de los compromisos (establecimiento de SSP).
 - El 94% de los ganaderos tiene conocimientos previos sobre SSP, una condición que favoreció su adopción. La asistencia técnica proporcionada por Nitaplan tuvo un efecto positivo en la adopción de SSP y se logró un gran éxito.
 - Con la adopción de SSP, los ganaderos pueden obtener otros productos provenientes de los árboles como leña, madera y sombra para el ganado, alimento y beneficios estéticos.
 - Los ganaderos indicaron sentir satisfacción con respecto a la tasa de interés del crédito concedido, pues piensan que este crédito tenía mejores condiciones generales en comparación con otros créditos que han recibido en el pasado.
 - Hubo un efecto positivo en la ganadería con la implementación del proyecto CAMBlo, por ejemplo, un aumento en la cobertura arbórea fue evidente en las fincas estudiadas, así como una reducción de las pasturas naturales a pasturas mejoradas e incremento de bancos forrajeros. El índice de biodiversidad de las fincas de ganado aumentó en 0,03 puntos, como efecto directo del mecanismo financiero.

Tesis: Índice de desempeño social para la priorización de la inversión agrícola bajo el enfoque de agricultura climáticamente inteligente en dos territorios (Nicacentral y Trifinio) de América Central

- **Contexto:** La agricultura climáticamente inteligente (CSA, por sus siglas en inglés) es un enfoque que busca soluciones innovadoras con el fin de lograr las metas de aumento de rendimientos, mejora de resiliencia y promoción de un sector agrícola de bajas emisiones. El enfoque CSA también identifica opciones integrales para la promoción de sinergias, evalúa las barreras para la adopción de nuevas prácticas e integra financiación climática con inversiones agrícolas en el modelo actual.
- **Desafío:** Una metodología para la priorización de prácticas agrícolas fue desarrollada por el programa CGIAR-CCAFS, para operacionalizar el enfoque de la CSA a través de la selección y clasificación de las carteras de inversiones. Esta metodología debe ser flexible y ajustada/adaptada a las condiciones locales de cada territorio o país donde se aplica. Para ello, se pone en marcha un enfoque participativo e inclusivo, para que el documento sea una herramienta útil en el proceso de toma de decisiones para la mitigación y adaptación al cambio climático en todos los niveles. En este estudio, se aplicó la metodología de CGIAR-CCAFS-CATIE en dos Territorios Climáticamente Inteligentes del programa socioambiental del CATIE (MAP-CATIE) para contribuir con la disminución de los efectos del cambio climático. El objetivo del presente estudio es proponer indicadores sociales para acompañar el conjunto de indicadores utilizados en la priorización de la CSA. El resultado esperado es un catálogo de prácticas de CSA y carteras de inversiones disponibles para los pequeños agricultores.
- **Enfoque metodológico:** Cuatro pasos son la base del proceso de priorización de la metodología CSA: (i) evaluación preliminar de prácticas, (ii) identificación de las principales opciones CSA, (iii) costos y beneficios estimados y (iv) definición de cartera. Para la evaluación de las prácticas agrícolas en los pasos (i) y (ii), se definió una lista de indicadores según los tres pilares del enfoque CSA. En el paso (i) fueron utilizados un total de 12 indicadores para la evaluación de las

prácticas (que fueron establecidos con la opinión de expertos), mientras que en el paso (ii), 5 indicadores fueron usados, definidos y evaluados por los actores locales.

- **Lo más destacado:** El conjunto de indicadores sociales propuestos fueron: equidad, cierre de brecha generacional, disponibilidad de alimentos, fomento del conocimiento, experimentación agrícola, relaciones sociales y fortalecimiento organizacional. De este conjunto de indicadores, los tres indicadores con mejor puntaje fueron: equidad, disponibilidad de alimentos y fomento del conocimiento.
 - En Nicacentral fueron evaluadas 29 prácticas de CSA y 25 en Trifinio. Las prácticas de CSA en Nicacentral con un mayor desempeño social fueron el diseño y establecimiento de sistemas agroforestales de café y cacao, el diseño de huertos familiares (patios), la selección de semillas y el manejo poscosecha de granos básicos, la plantación de árboles dispersos en pastizales y la protección de cuerpos de agua. En Trifinio, las prácticas de CSA con un mayor desempeño social fueron la preparación de fertilizantes orgánicos, los insumos químicos y biológicos para el manejo de plagas y enfermedades en huertos familiares, la selección de semillas y el almacenamiento de granos básicos, el establecimiento de sistemas agroforestales y el establecimiento de cercas vivas en los pastizales.
 - La evaluación de las prácticas de CSA con los indicadores sociales propuestos respalda la importancia de la innovación y la diversificación de productos como estrategia de adaptación a las condiciones climáticas cambiantes y como vehículo para mejorar el bienestar, la equidad y la inclusión en los Territorios Climáticamente Inteligentes.

Tesis: Ordenación del territorio, propuesta de políticas normativas y perfiles de desarrollo para las zonas afectadas por el huracán Félix en la Región Autónoma del Caribe Norte, Nicaragua

- **Contexto:** Contexto: La ordenación de un territorio después de un desastre natural, con base en el grado de capacidad de intervención y uso de la tierra, es esencial para asegurar una gestión adecuada de las zonas afectadas y mejorar las condiciones ambientales y socioeconómicas de la población que vive allí. El Gobierno de Nicaragua, a través de sus ministerios, ha desarrollado una serie de programas para el desarrollo y proyectos sociales para reducir la pobreza en zonas rurales y abandonadas.
- **Desafío:** El huracán Félix golpeó la Región Autónoma del Caribe Norte en 2007 y afectó 1,2 millones de hectáreas de bosques latifoliados y coníferos. Se estima que una gran proporción de los árboles en estos bosques cayó y sólo una parte de ellos fueron cosechados (extracción de árboles dañados/caídos) y utilizados en la industria de la madera. El objetivo de este estudio es proponer una zonificación de uso de la tierra como medida para restaurar las zonas afectadas por el huracán Félix. Esta zonificación será una herramienta de consulta y planificación en la que la visión para el desarrollo sostenible de la región está alineada con la explotación de madera y la restauración forestal.
- **Enfoque metodológico:** Con el uso del software GIS se modelaron los escenarios futuros de manejo del uso de la tierra. Información cartográfica y secundaria fue reunida a través de la revisión de políticas y leyes, así como de entrevistas a lugareños afectados por el huracán Félix y funcionarios de instituciones gubernamentales o no gubernamentales. Esta información fue esencial para modelar y generar mapas del uso futuro de la tierra.
- **Lo más destacado:** El escenario deseado se alcanza en 2032 e incluye áreas de bosques para explotación, un aumento en el área de manejo/explotación forestal y áreas agrícolas y zonas de pastos para apoyar a las personas que viven en la región. Según el uso potencial del suelo, el 64 % del área está clasificada para agricultura y ganadería, 27 % para manejo

forestal y 6 % para conservación del agua. La superficie actual cubierta por áreas protegidas es del 8 % y con la zonificación propuesta, esta aumentará al 20 % e incluirá bosques ribereños y cuerpos de agua de interés para la conservación.

La propuesta de uso de suelo (zonificación) contiene cinco categorías de manejo: (i) restauración y recuperación del bosque (41 %) tanto para producción como prestación de servicios ecosistémicos; (ii) protección (20 %); (iii) zonas de aprovechamiento forestal (26,7 %); (iv) producción agrícola y ganadera (12 %) e (v) infraestructura y áreas especiales (0,3%). En la propuesta se definen cuatro líneas estratégicas de acción: planificación y restauración de áreas perturbadas, manejo forestal, fortalecimiento organizacional e individual así como desarrollo de infraestructura y provisión de servicios básicos.

Tesis: Propuesta metodológica en el contexto de bienestar humano y cambio climático para la elaboración del Plan de Gestión de Áreas Protegidas en Nicaragua. Estudio de caso: Plan de Manejo de la Reserva Natural Macizo de Peñas Blancas, Nicaragua

- **Contexto:** El 18 % del territorio nicaragüense está bajo alguna categoría de protección. Setenta y seis áreas protegidas (AP) están registradas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) en nueve categorías de manejo. Los objetivos principales de la creación de áreas protegidas son proporcionar servicios ecosistémicos y preservar el patrimonio natural y cultural. El proceso de planificación de AP se da a través de un plan de manejo que explica las pautas para la administración y gestión de la zona núcleo y su zona de amortiguamiento.
- **Desafío:** En la última década, Nicaragua ha iniciado un proceso de fortalecimiento del SINAP y, como consecuencia, el 67 % de las áreas protegidas cuenta con un plan de manejo y un 13 % está en proceso de consulta. Se redactó el plan de manejo de la Reserva Natural Macizo de Peñas Blancas en 2011, en colaboración con

organizaciones locales e internacionales. Sin embargo, una evaluación de la vulnerabilidad de la zona donde se encuentra la reserva demostró que el cambio climático amenaza la sostenibilidad de esta área protegida. En este trabajo, se formuló una propuesta metodológica para extraer lecciones aprendidas en el proceso de concepción de un plan de manejo y fue posible actualizar el plan de manejo inicial de la reserva a las circunstancias actuales.

- **Enfoque metodológico:** Para desarrollar la propuesta metodológica se siguió un enfoque de cuatro pasos: (i) revisión de literatura, (ii) documentación de experiencias a través de grupos focales y entrevistas, (iii) formulación de la propuesta metodológica (talleres/entrevistas) y (iv) validación de la metodología.
- **Lo más destacado:** La elaboración del plan de gestión para la Reserva Natural Macizo de Peñas Blancas (2011–2015) se hizo con el uso del marco metodológico para AP propuesto por The Nature Conservancy, debido a la ausencia de un marco metodológico nacional. La barrera principal identificada a nivel municipal e institucional en el proceso de implementación del plan de gestión actual fue la falta de reconocimiento del plan de gestión como herramienta para la planificación estratégica. Por ejemplo, los municipios no tomaron en cuenta el plan de manejo de la reserva a la hora de planificar las actividades ambientales para desarrollar a nivel municipal.

La metodología propuesta para Nicaragua explica claramente los enfoques necesarios para una planificación estratégica de AP, que son: una teoría de la adaptación, análisis ecosistémicos y bienestar humano general. Esta propuesta está acompañada por un conjunto de herramientas que muestra paso a paso cómo actualizar el plan de manejo de la Reserva Natural Macizo de Peñas Blancas para facilitar su aplicación.

Tesis: Sistematización del proceso de gobernanza de la tierra comunal en dos

territorios indígenas: Wangki Twi Tasba Raya y AMASAU (Awastigni Mayangna Sauni Umani [Tierra ancestral de los mayagnas de Awastigni]), Región Autónoma del Caribe Norte, Nicaragua

- **Contexto:** Las comunidades indígenas de la región caribeña de Nicaragua tienen una larga historia de lucha por el reconocimiento de sus derechos a la tierra. Tratados y pactos internacionales y nacionales reconocen los derechos de los pueblos indígenas a la autodeterminación y a poseer territorios. Con la promulgación de la Ley 145, Nicaragua admitió los derechos de los indígenas a reclamar sus territorios históricos y obtener el reconocimiento nacional de su patrimonio y propiedad colectiva.
- **Desafío:** Los grupos indígenas reclaman protección, seguridad y permanencia de sus tierras comunales. Este proceso pretende desalojar a terceras partes que viven en sus tierras históricas y/o negociar una vida pacífica con grupos no indígenas basada en la normativa del territorio. Las comunidades indígenas Wangki Twi Tasba Raya y AMASAU solicitaron el apoyo de la Fundación para la Autonomía y el Desarrollo de la Costa Atlántica de Nicaragua - FADCANIC – y del Centro para el Desarrollo de la Autonomía-CEDEA (organización no gubernamental local) para respaldar la formulación de una guía/libro de procedimientos internos para el proceso de saneamiento de tierras. El presente estudio documentó el proceso de adquisición de derechos sobre las tierras (demarcación) y sus implicaciones para el proceso de gobernanza de las tierras comunales
- **Enfoque metodológico:** Se realizó un análisis de experiencias a través de la reconstrucción del proceso y evolución de la gobernanza de la tierra comunal en dos territorios indígenas. Este proceso de gobernanza ha sido respaldado por dos organizaciones en intervalos de tiempo diferentes: Masagni R.L. - Cooperativa de profesionales forestales (2012–2014) y CEDEA-FADCANIC (2016–2017).
- **Lo más destacado:** Los resultados del proceso de sistematización demostraron que los grupos indígenas tienen un gran interés en la conformación de las tierras comunales y este proceso refuerza la autonomía de los territorios indígenas. Estos dos factores representaron una oportunidad única para avanzar en el reconocimiento de los derechos indígenas. La propiedad colectiva de tierra ha definido nuevas reglas en la comunidad con la redacción del manual de procedimientos que brinda claramente el control directo de la tierra y los recursos naturales a las comunidades Wangki Twi Tasba Raya y AMASAU.
 - Una de las mejores prácticas identificadas en el proceso fue la participación inclusiva y amplia de los actores locales, entre ellos mujeres y hombres de diferentes grupos de edad, que facilitaron la elaboración de un borrador del manual.
 - El manual de procedimientos ha demostrado ser un mecanismo útil para la contención de las fronteras agrícolas y ganaderas, especialmente al regular el acceso de terceros al territorio.
 - La interferencia de partidos políticos fue identificada durante el proceso de elaboración de la guía de procedimientos. Estos actores tienen mucha influencia y pueden distorsionar el potencial organizativo de las comunidades y sus territorios para llevar a cabo el proceso de control de la propiedad de la tierra y la aplicación de las nuevas regulaciones para administrar su territorio y sus recursos naturales.
 - También se observó división comunal. En este sentido, se recomiendan internamente los procesos de mediación y resolución de conflictos, y se destacan sus potenciales y capacidades propias a través de las instituciones indígenas.
- **Tesis:** Una propuesta para adaptar el cultivo de cacao al cambio climático futuro en Waslala, Nicaragua
- **Contexto:** La productividad agrícola en Nicaragua es severamente afectada

por sequías, inundaciones y variaciones erráticas en el clima. Estos factores climáticos resultan en una productividad anual reducida (pérdidas de cosecha totales y parciales) exacerbada por los impactos negativos causados por malas prácticas agrícolas (como la quema y otras condiciones como la baja calidad del suelo en áreas marginales). Este estudio analizó la capacidad de adaptación y las posibles medidas de adaptación disponibles para los productores locales de cacao en Waslala, Nicaragua.

- **Desafío:** El cacao se está convirtiendo en un cultivo clave para la diversificación agrícola y la generación de ingresos; sin embargo, los agricultores carecen de herramientas y/o datos para tomar decisiones informadas y adaptar mejor el cultivo de cacao al cambio climático.
- **Enfoque metodológico:** Un total de 37 familias productoras de cacao que son miembros de la Cooperativa de Servicios Agroforestales y de Comercialización de Cacao - Nicaragua (CACAONICA) fueron seleccionadas para evaluar colectivamente su capacidad de adaptación y resiliencia al cambio climático. Un total de 47 indicadores de capacidad adaptativa y de resiliencia que podrían ser aplicados por las familias locales fueron seleccionados de la bibliografía publicada. Las mejores propuestas de adaptación fueron discutidas con los agricultores y personal técnico en talleres.
- **Lo más destacado:**
 - Los cultivadores de cacao se agruparon en tres conglomerados, según su capacidad de adaptación y resiliencia al cambio climático.
 - Se propuso un total de 28 recomendaciones para los productores con bajas capacidades adaptativas y de resiliencia.
 - Los productores en el conglomerado 1 se beneficiarían del uso de los recursos naturales de una manera más sostenible y aumentarían las prácticas de conservación de suelo.
 - Los agricultores del conglomerado 2 deben fomentar la diversificación

del dosel de sombra para tomar ventaja de una gama más amplia de bienes y servicios que los sistemas agroforestales de cacao proveen.

- Los productores de cacao en el conglomerado 3 deben buscar maneras para depender menos de mano de obra contratada a través de la promoción de mayor participación familiar en las actividades agrícolas.
- Se recomienda firmemente la participación en las actividades de CACAONICA, pues estar organizados dará a los productores más oportunidades de éxito y acceso a recursos/proyectos externos.
- Las regiones que producen café en la actualidad pueden ser más adecuadas para la producción de cacao en el futuro. Cuando se comunican de manera efectiva, los modelos climáticos y la información agrometeorológica pueden ayudar a los agricultores a diversificar o adaptar el cultivo de cacao al cambio climático.

Tesis: Servicios ecosistémicos reconocidos por los habitantes del área de amortiguamiento del Macizo de Peñas Blancas, en el territorio centro-norte de Nicaragua

- **Contexto:** La concientización es importante para promover o reforzar las buenas prácticas y las acciones de conservación que pueden hacer eficiente el uso sostenible de los recursos. Sin embargo, es importante identificar las amenazas que condicionan o limitan estas acciones para determinar qué estrategias de gestión conjunta o líneas de acción estratégica pueden implementar los ciudadanos y otros actores claves a fin de lograr la gestión integrada de los recursos naturales.
- **Desafío:** Este trabajo tiene como objetivo identificar qué servicios ecosistémicos (SE) son reconocidos por los habitantes de la zona de amortiguamiento del Macizo de Peñas Blancas y qué factores, tales como usos de la tierra y otras amenazas (presiones antropogénicas y climáticas), pueden afectar la provisión de dichos servicios ecosistémicos.

- **Enfoque metodológico:** Las fuentes de información para la identificación de los servicios ecosistémicos fueron: (i) observaciones de campo, (ii) revisión de información secundaria, (iii) entrevistas abiertas a especialistas y actores claves, (iv) talleres para agricultores y (v) delimitación con GPS a través de la reserva. Para este estudio, se analizaron tres áreas de conservación o ecosistemas: bosque nublado, fuentes de agua y ecosistemas agrícolas. Se utilizó el Manual de Planificación para la Conservación de Áreas, PCA, tanto para identificar amenazas (presiones y fuentes de presión) como para analizarlas y obtener un valor jerárquico global para conocer las amenazas más críticas para los servicios ecosistémicos. Finalmente, a través de un diagrama de causa y efecto, se identificaron y describieron las relaciones entre las amenazas críticas y los actores, lo que ayuda a decidir qué temas son necesarios para mitigar las presiones.
- **Lo más destacado:**
 - El estudio exploró, identificó y describió los bienes y servicios recibidos de tres ecosistemas: bosques, ecosistemas agrícolas y fuentes de agua.
 - La relevancia de este estudio es que, dada la naturaleza social de los servicios ecosistémicos, su reconocimiento es vital para determinar las formas en que la comunidad establece relaciones que conducen al establecimiento de líneas de acción definitivas, eficaces y eficientes, que contribuyen a resolver los problemas de pérdida de biodiversidad.
 - El reconocimiento de los servicios ecosistémicos es una necesidad en sí misma, pero no suficiente para la conservación, debido a la falta de concientización por parte de los actores claves con mayor impacto en el ecosistema. Por lo tanto, cualquier estrategia para crear conciencia sobre los servicios de los ecosistemas debe ir acompañada por una estrategia de organización y estructuración que permita acceder a los recursos de manera inclusiva (tanto a productores grandes y pequeños en el área), equitativa y, por lo tanto, más democrática.

11 Análisis del proceso de PC (qué funcionó, qué no funcionó) y el futuro

Qué hemos hecho / logros claves:

- Creación de sitios de investigación socioecológica para realizar trabajos a largo plazo para reunir datos, comparaciones y experiencias.
- Descripción de los patrones de cobertura arbórea en fincas y en el paisaje, y de los cambios que ocurren (y que han ocurrido) entre estos diferentes tipos de usos de la tierra. El objetivo era comprender por qué ocurrieron los cambios, las consecuencias de estos cambios a varias escalas (parcela, finca y paisaje) y las compensaciones entre la vulnerabilidad socioecológica y la eficiencia del sistema.
- Bases de datos sobre agrosilvicultura de cacao en América Central fueron ubicadas, evaluadas y documentadas de acuerdo con estándares Dataverse, disponibles en: <https://dataverse.harvard.edu/dataverse/CATIE>. La información ha sido utilizada por investigadores y estudiantes para tesis de maestría.
- Elaboración de una colección de información bibliográfica sobre el potencial de producción de madera en ecosistemas forestales y árboles fuera de los bosques.
- Se desarrollaron bases de datos bibliográficas (con el uso del software Endnote) sobre sistemas silvopastoriles y arbustos forrajeros.
- Un programa de escuelas de campo para agricultores para estimular la adopción de innovaciones agroforestales y agroecológicas basadas en la ciencia en 1 000 fincas en el PCNH.
- Se incorporaron estudios y reportes sobre prácticas agroecológicas y agroforestales como opciones para modernizar los sistemas agroforestales. Las escuelas de campo también desarrollaron sesiones de educación nutricional y prácticas

alternativas para la preparación de alimentos. Además, 38 grupos han incluido temas de género en la división laboral.

- Se constituyó una red centroamericana de investigación a largo plazo sobre las dinámicas de los bosques de producción natural.

¿Qué ha sido difícil?

Debido a la falta de presupuesto, no fue posible establecer un comité científico de socios dentro del PCNH o llevar a cabo más actividades de investigación definidas para el mismo, especialmente en Honduras, donde el CATIE, y otros Centros del CGIAR y sus programas de investigación (CRP) tienen menos actividades. La integración del Programa de Investigación de CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (FTA), las iniciativas de los socios y el monitoreo socioecológico a largo plazo en los paisajes de Nivel 1 ha sido lenta debido a la falta de acuerdo y presupuesto entre los Centros del CGIAR y los CRP para trabajar en un sitio específico del PCNH.

El asunto de la gobernanza es un tema clave muy difícil porque es una cuestión transversal identificada como uno de los principales factores que afectan el cambio en el uso de la tierra y las oportunidades para desarrollar opciones sostenibles para el uso y el manejo de los recursos derivados de los árboles. Tanto en Nicaragua como en Honduras, los límites de los territorios de los grupos indígenas se superponen en gran medida con los territorios de las reservas naturales. La migración de personas de otras áreas del país en busca de tierra (incluso en reservas forestales) desencadena conflictos por tierras con grupos indígenas que viven en estas reservas. Para estos grupos indígenas, los

conflictos por la tierra y la baja representación que tienen en la formulación de las leyes se consideran amenazas importantes para sus medios de vida. Los sistemas de tenencia de la tierra y los mercados de tierras que promueven la especulación y el alquiler de tierras como fuente de ingresos son problemas importantes en el PCNH. Esta situación será exacerbada por la demanda de tierras para sistemas de producción comercial (ganadería, café, plantaciones de teca y palma aceitera). La medición de los efectos del cambio climático, particularmente en el suministro de agua, y la relación entre estos efectos y los usos no sostenibles de la tierra, no fue posible debido a la falta de fondos.

Un desafío clave se relaciona con el desarrollo de nuevos métodos para un inventario/monitoreo rápido y preciso de árboles y parches forestales en las fincas. Las opciones incluyen el desarrollo de dispositivos de hardware y software que

utilizan microdrones, fotografía a baja altitud, identificación en tiempo real de especies de árboles y esquemas de muestreo ajustados adecuadamente. Existen muchas dificultades para usar estas tecnologías en Centroamérica debido a la falta de legislación y regulación sobre el uso comercial (o de investigación) de equipos sofisticados. Sin embargo, hay la posibilidad de hacer un inventario de árboles dentro de los límites de las fincas grandes de ganado o café. En este momento es más rápido confiar en la detección remota que en tecnología más precisa para el inventario de árboles (por ejemplo, imágenes RapidEye).

Y, sobre todo, ha sido un desafío establecer una red/plataforma binacional efectiva con planes estratégicos para investigar y administrar el PCNH. La capacidad organizacional es vital y muy importante, pero la falta de presupuesto ha sido una barrera para el desarrollo de una estructura organizacional efectiva.

12 Futuro del CATIE en el PCNH

Como centro regional, CATIE continuará sus actividades en el PCNH. Socios como CIRAD continúan la implementación de sus proyectos Stradiv y Forecast. Un nuevo proyecto de ICRAF-CATIE-CIRAD-UICN-Universidad de Gottingen-Universidad de Hanover denominado 'Árboles en fincas para la conservación de la biodiversidad y los medios de vida' (bajo la Iniciativa Internacional sobre el Clima [IKI] del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad nuclear de Alemania) comenzó en mayo de 2018 y durará cinco años. Se han identificado posibles sitios de trabajo integrador basados en los esfuerzos previos y en curso del CGIAR (como los Territorios Sostenibles Adaptados al Clima [CSV, por sus siglas en inglés] del CCAFS y los sitios centinela del FTA) y en las prioridades de los gobiernos (como el Corredor Seco Centroamericano). Ya se ha realizado un trabajo integrador en El Tuma-La Dalia (CSV) entre CCAFS y FTA con respecto a encuestas de línea de base e implementación de medidas agroforestales. CATIE tiene como objetivo desarrollar nuevas investigaciones a través de tesis de maestría y doctorado en el PCNH para explorar las preguntas de investigación elaboradas anteriormente y para promover el desarrollo de Territorios Climáticamente Inteligentes como una herramienta para lograr un

bienestar humano sostenible e inclusivo, así como para respaldar la integración efectiva de acciones en educación, investigación e innovación para el desarrollo, en alianza con múltiples socios públicos y privados.

Con el uso de la información de la base de datos del Paisaje Centinela, CATIE y sus socios pueden ayudar a promover algunos cambios de política en el uso de la tierra y generar conocimiento e instrumentos técnicos para cuantificar y promover tanto la biodiversidad en tierras agrícolas como la contribución de las tierras agrícolas a una biodiversidad más amplia. El trabajo en el futuro también podría promover y realzar la importancia de los árboles en los medios de vida y los servicios ambientales. La publicación de los documentos, estudios y artículos sobre agroforestería, árboles y medios de vida en el PCNH, así como una plataforma de investigación nacional y binacional consolidada, también serían sugerencias para el futuro. Finalmente, la implementación adecuada del modelo requiere esfuerzos significativos en el desarrollo de capacidades. Se han identificado varios medios para mejorar la investigación a largo plazo basada en el lugar. Por lo tanto, se debe incluir el desarrollo de capacidades de los actores locales.

Bibliografía

- Alpízar F y Madrigal R. 2005. El uso de un índice de usos del suelo como herramienta de pago por servicios ambientales hídricos. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 11p.
- Álvarez E, Duque A, Saldarriaga J, Cabrera K, de las Salas, G.; Valle I del, Lema A, Moreno F, Orrego S y Rodríguez L. 2012. Tree above-ground biomass allometries for carbon stock estimation in the natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management* 267(2012):297–308.
- Ayestas Villega, ED. 2014. Evaluación de diseños de sistemas silvopastoriles para mejorar la producción ganadera en el corredor seco del municipio de Matiguás, Nicaragua. *Agroforestería Tropical*. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 68 p.
- Botkin D B. 1993. *Forest dynamics: an ecological model*. Nueva York, EEUU: Oxford University Press.
- CATIE-MAP. 2016. Informe anual/resumen MAP 2015. Turrialba, Costa Rica: CATIE. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8221/Informe_Anuual_Map2015.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Chave JC, Andalo C, Brown S, Cairns MA, Chambers JQ, Eamus D, Fölster H, Fromard F, Higuchi N, Kira T, Lescure JP, Nelson BW, Ogawa H, Puig H, Riéra B y Yamakura T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145:87–99. Disponible en: <http://chave.ups-tlse.fr/chave/chave-oecologia05.pdf>
- Chave JC, Rejou-Mechain M, Búrquez A, Chidumayo E, Colgan M, Delitti W, Duque A, Eid T, Fearnside PM, Goodman RC, Henry M, Martínez-Yrizar A, Mugasha WA, Muller-Landau HC, Mencuccini M, Nelson BW, Ngomanda A, Nogueira EM, Ortiz-Malavassi E, Pélissier R, Ploton P, Ryan C, Saldarriaga JG y Vielledent G. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology* 20: 3177–3190. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.12629/abstract>
- Chiputwa B. 2016. An exploratory guide on constructing socioeconomic indicators for the Sentinel Landscape Project: The case of the Nicaragua-Honduras Sentinel Landscape. Nairobi, Kenia: World Agroforestry Centre (ICRAF). 56 p.
- de Sousa K, van Zonneveld M, Imbach P, Casanoves F, Kindt R y Ordoñez J. 2017. Atlas de aptitud de especies agroforestales claves bajo climas futuros en América Central. Turrialba, Costa Rica: ICRAF. 257 p.
- Dewi S, Van Noordwijk M, Zulkarnain MT, Dwiputra A, Hyman G, Prabhu R, Gitz V y Nasi R. 2017. Tropical forest-transition landscapes: A portfolio for studying people, tree crops and agro-ecological change in context. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 13(1):312–329. <https://doi.org/10.1080/21513732.2017.1360394>
- dos Santos Moreira N. 2017. Factores socioeconómicos que influyen sobre la presencia de árboles en fincas del paisaje Centinela Nicaragua-Honduras, en Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 108 p.
- Fréguin-Gresh S, Wilson C, Flores JC, López, Müller E, Huybrechs F, Pikitle A, Marchena R y Manzanares D. 2014. Mapping institutions that govern access and uses of natural resources in the Nicaragua-Honduras Sentinel Landscape. CIRAD, UCA-Nitlapan, CATIE, CATIE-FTA. 127 p. <https://paisajecentinela.org/NicaraguaHonduras/wp-content/>

- uploads/2018/03/Institutional-Mapping-N-H-SL-Final-Report-1.pdf
- Goodman RS, Phillips OL, del Castillo Torres D, Freitas L, Tapia Cortese S, Monteagudo, A y Baker TR. 2013. Amazon palm biomass and allometry. *Forest Ecology and Management* 310:994–1004.
- _____. 2013. Censo Nacional de Población y Vivienda de 2013. Gobierno de Honduras. <https://www.ine.gob.hn/V3/>.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE). 2005. VIII Censo de Población y IV de Vivienda. Gobierno de Nicaragua. <https://www.inide.gob.ni/censos2005/CifrasCompleto.pdf>
- Leguía H, Rapidel B, Somarriba E y Ordoñez J. 2018. Estudio de línea de base CCAFS a nivel de hogar en Nicaragua y Costa Rica. Working Paper No. 278. Lima, Perú: International Center for Tropical Agriculture. <http://dx.doi.org/10.5716/WP18005.pdf>.
- Lohbeck M, Winowiecki LA, Aynekulu E, Okia C y Vågen T-G. 2018. Trait-based approaches for guiding the restoration of degraded agricultural landscapes in East Africa. *Journal of Applied Ecology* 1–10. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13017>
- Ovalle Rivera OC. 2015. Impacto del cambio climático en la productividad del café (*Coffea arabica*) bajo sistemas agroforestales en Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería Tropical*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Sáenz Tijerino YI. 2012. Aporte del cacaotal en la economía y nutrición familiar en Waslala, Nicaragua. *Agroforestería Tropical*. Turrialba, Costa Rica: CATIE. p. 72.
- Sánchez S, Escobedo A y Gutierrez R. 2015. Diagnóstico de la capacidad empresarial y socio-organizativa de empresas asociativas rurales basada en los medios de vida sostenibles. 1ra ed. Turrialba, Costa Rica: CATIE-MAP.
- Sepúlveda N y Ordoñez J. 2015. Nicaragua-Honduras Sentinel Landscape. Consultado el 2 de setiembre de 2018. <https://www1.cifor.org/sentinel-landscapes/sentinel-landscapes-sites/regional-sentinel-landscapes/nicaragua-honduras-sentinel-landscape.html>
- Sepúlveda N, Ordoñez J, Baraka P, Gassner A, Somarriba E, Chiputwa B y Makui P. 2015. Nicaragua – Honduras Household Baseline. Harvard Dataverse, V9. <https://doi.org/10.7910/DVN/G42GSD>
- Sepúlveda N. 2016. Articulando ciencia, educación y desarrollo rural. Taller: Importancia de los árboles para el ambiente y los medios de vida de las familias rurales de Nicaragua. Workshop Report. CATIE. 8 p. https://paisajecentinela.org/NicaraguaHonduras/wp-content/uploads/2018/03/Taller_Importancia_arboles.pdf
- Shugart HH. 1984. A theory of forest dynamics. The ecological implications of forest succession models. Nueva York, EEUU: Springer-Verlag. 279p.
- The Nature Conservancy Nicaragua. sf. Nicaragua Conservation Milestones. Consultado el 2 de octubre de 2018. <https://www.nature.org/en-us/about-us/where-we-work/latin-america/nicaragua/conservation-milestones-in-nicaragua/>.
- Vågen T-G y Winowiecki LA. 2013. Mapping of soil organic carbon stocks for spatially explicit assessments of climate change mitigation potential. *Environmental Research Letters* 8(1). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/015011>
- Vågen T-G, Winowiecki LA, Abegaz A y Hadgu KM. 2013a. Landsat-based approaches for mapping of land degradation prevalence and soil functional properties in Ethiopia. *Remote Sensing of Environment* 134:266–275.
- Vågen T-G, Winowiecki LA, Tamene Desta L y Tondoh JE. 2013b. The Land Degradation Surveillance Framework (LDSF): Field Guide v3. Nairobi, Kenia: ICRAF.
- Vågen T-G y Winowiecki LA. 2014. Sentinel Landscapes. Nairobi, Kenia: ICRAF, 38 p.
- Vågen T-G, Winowiecki LA, Tondoh JE, Desta LT y Gumbricht T. 2016. Mapping of soil properties and land degradation risk in Africa using MODIS reflectance. *Geoderma*. 263:216–225. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.06.023>.
- Winowiecki L, Vågen T-G y Huisung J. 2016a. Effects of land cover on ecosystem services in Tanzania: A spatial assessment of soil organic carbon. *Geoderma*. 263:274–283. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.03.010>
- Winowiecki L, Vågen T-G, Massawe B, Jelinski NA, Lyamchai C, Sayula G y Msoka, E. 2016b. Landscape-scale variability of soil

health indicators: Effects of cultivation on soil organic carbon in the Usambara Mountains of Tanzania. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 105 (3): 263–274. <https://doi.org/10.1007/s10705-015-9750-1>

Winowiecki LA, Vågen T-G, Kinnaird MF y O'Brien TG. 2018. Application of

systematic monitoring and mapping techniques: Assessing land restoration potential in semi-arid lands of Kenya. *Geoderma*. 327:107–118. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.04.017>

Anexo 1. Publicaciones sobre el PCNH por el Programa de Bosques, Árboles y Agroforestería del CGIAR

- CATIE. sf. Databases on cocoa and coffee agroforestry in Central America. Turrialba: CATIE. <https://dataverse.harvard.edu/dataverse/CATIE>
- CATIE. 2014. Articulando ciencia, desarrollo rural y Educación en Nicaragua. Memoria. 18 p. https://paisajecentinela.org/NicaraguaHonduras/wp-content/uploads/2018/03/Memoria_simposio_final.pdf
- CATIE. 2016. Articulando ciencia, educación y desarrollo rural: Taller: Importancia de los árboles para el ambiente y los medios de vida de las familias rurales de Nicaragua. Workshop Report. Turrialba, Costa Rica: CATIE. https://paisajecentinela.org/NicaraguaHonduras/wp-content/uploads/2018/03/Taller_Importancia_arboles.pdf
- CATIE. 2017. Informe final del curso: Manejo de bosques y restauración de paisajes forestales. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 11 p. https://paisajecentinela.org/NicaraguaHonduras/wp-content/uploads/2018/03/Implementacion_manejo_bosques_secundarios.pdf
- CATIE. 2017. Modelo de dinámica forestal GAVILÁN. <https://www.catie.ac.cr/gavilan/>
- CATIE-ICRAF. 2016. Los árboles en fincas: su presencia y contribución a las familias rurales. Workshop Report. Turrialba, Costa Rica, 10–11 de noviembre de 2016. Video: <https://www.youtube.com/watch?v=Dv97YUHuJTc>
- Cerda R, Ordoñez J, Carreño G, Amores F, Caicedo W, Oblitas S, Deheuvels O y Somarriba E. 2018. Analysis of trade-offs between ecosystem services of provisioning and regulation, and plant biodiversity for better management strategies of agroforestry systems in Central America. Working paper. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 34 p. <https://paisajecentinela.org/NicaraguaHonduras/wp-content/uploads/2018/03/Analysis-of-trade-offs-between-ecosystem-services-of-provisioning-and-regulation-and-plant-biodiversity.pdf>
- Chiputwa B, Makui P y Gassner A. 2016. An exploratory guide on constructing socio-economic indicators for the Sentinel Landscape Project: The case of the Nicaragua-Honduras Sentinel Landscape. Nairobi, Kenia: ICRAF. 56 p.
- Cuadra M, Sepúlveda N, Ramírez F y Morales J. 2018. Reporte sobre la implementación del manejo de bosques secundarios en la región Centroamericana, análisis preliminar de factibilidad y potencialidad de conservar o restaurar estos ecosistemas. Documento de trabajo. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 27 p. https://paisajecentinela.org/NicaraguaHonduras/wp-content/uploads/2018/03/Implementacion_manejo_bosques_secundarios.pdf
- De Melo E y Astorga C. 2015. Prevención y control de la roya del café: manual de buenas prácticas para técnicos y facilitadores. Technical Series 135. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 96 p. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8186/Prevencion_y_control_de_la_roya_del_cafe.pdf
- Estrada E y Delgado L. 2018. Efectos del aprovechamiento de madera en bosques latifoliados tropicales con énfasis en Centroamérica. Documento de trabajo. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 20 p. <https://paisajecentinela.org/NicaraguaHonduras/wp-content/uploads/2018/03/Efectos-aprovechamiento-de-madera-en-bosques.pdf>

- Faraj L. 2015. Estudio de la cobertura del suelo en un ensayo experimental de largo plazo de sistemas agroforestales orgánicos y convencionales de café establecidos en Masatepe, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 91 p.
- Faussion M. 2014. Estudio del crecimiento de los árboles en un ensayo experimental de largo plazo de sistemas agroforestales, orgánicos y convencionales establecidos en Masatepe. Documento de trabajo. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 36 p.
- Finegan B. 2014. Towards climate-smart forest management in the neotropics: Climate, soil and spatial effects on vegetation in three altitudinal gradients. *International Forestry Review* 16(5), Abstracts, XXIV IUFRO World Congress.
- Finegan B. 2015. A 21st century viewpoint on natural tropical forest silviculture. En: Pancel L y Köhl M, eds. *Tropical Forestry Handbook*. 2nd ed. Berlín: Springer-Verlag. DOI: 10.1007/978-3-642-41554-8_121-1
- Fréguin -Gresh S, Wilson C, Flores JC, Müller E, Huybrechs F, Pikitle A, Marchena R y Manzanares D. 2014. Mapping institutions that govern access and uses of natural resources in the Nicaragua-Honduras Sentinel Landscape. CIRAD, UCA-Nitlapan, CATIE, CATIE-FTA. 127 p. <https://paisajecentinela.org/NicaraguaHonduras/wp-content/uploads/2018/03/Institutional-Mapping-N-H-SL-Final-Report-1.pdf>
- García R, Finegan B, Mulkey S y Pérez N. 2014. Effects of forest fragmentation on successional dynamics of secondary forests in the San Juan-La Selva Biological Corridor, Costa Rica. *International Forestry Review* 16 (5), Abstracts, XXIV IUFRO World Congress.
- Lohbeck M, Winowiecki LA, Aynekulu E, Okia C y Vågen TG. 2018. Trait-based approaches for guiding the restoration of degraded agricultural landscapes in East Africa. *Journal of Applied Ecology* 1–10. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13017>
- Moraes CH. 2015. Potencial de producción de recursos maderables en ecosistemas forestales y árboles fuera del bosque. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 15 p.
- Orozco L, Deheuvels O, Villalobos M y Somarriba E. 2015. El sector cacao en Centroamérica, estado de desarrollo en el año 2007. Technical series no. 401. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 84 p.
- Pinoargote M, Cerda R, Mercado L, Aguilar A, Barrios M y Somarriba E. 2016. Carbon stocks, net cash flow and family benefits from four small coffee plantation types in Nicaragua. *Forests, Trees and Livelihoods* 183–198. DOI 10.1080/14728028.2016.1268544.
- Sepúlveda N. 2016. Articulando ciencia, educación y desarrollo rural. Taller: Importancia de los árboles para el ambiente y los medios de vida de las familias rurales de Nicaragua. Workshop Report. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 8 p. https://paisajecentinela.org/NicaraguaHonduras/wp-content/uploads/2018/03/Taller_Importancia_arboles.pdf
- Sepúlveda N, Barrios M, Somarriba E, Navarrete E, Navarrete L, Munguía R, Moraga P y Ponce A. 2016. Efecto de la sombra y niveles de insumo sobre la producción de café en la región del Pacífico de Nicaragua (2002–2015). Documento de trabajo. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 21 p.
- Sepúlveda N y Ordoñez J. 2015. Nicaragua Honduras Sentinel Landscape. Working Paper. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 6 p. https://paisajecentinela.org/NicaraguaHonduras/wp-content/uploads/2018/03/Sentinel_landscape_NH.pdf
- Sepúlveda N, Ordoñez J, Baraka P, Gassner A, Somarriba E, Chiputwa B y Makui P. 2015. Nicaragua – Honduras Household Baseline. Harvard Dataverse, V9. <https://doi.org/10.7910/DVN/G42GSD>
- Sepúlveda N y Ulloa N. 2014. Trip report: Biophysical Baseline training in the Western Amazonia Sentinel Landscape (Brazil, Peru and Bolivia). Project document. Nicaragua: CATIE, CGIAR. 4 p. https://paisajecentinela.org/NicaraguaHonduras/wp-content/uploads/2018/03/Taller_Importancia_arboles.pdf
- Somarriba E, Carreño G, Amores F, Caicedo W, Oblitas S, Cerda R y Ordoñez J. 2017. Trees on farms for livelihoods, conservation of biodiversity and carbon storage: Evidence from Nicaragua on this ‘invisible’ resource. *Advances in*

Agroforestry Research 12:369–393.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-69371-2_15

Somarriba E, Orozco L, Cerda R y López A. 2018. Analysis and design of the shade canopy of cocoa based agroforestry system. En: Pathmanathan U, ed. Achieving Sustainable Cultivation of Cocoa. Cambridge, Reino Unido: Burleigh Dodds Science Publishing

Ltd. https://www.researchgate.net/publication/322936307_Analysis_and_design_of_the_shade_canopy_of_cocoa-based_agroforestry_systems

Somarriba E, Sepúlveda N, Ayerdis JR y Cornelius J. 2016. Frutales y maderables en patios y fincas de la zona de los Pueblos, Nicaragua. Technical Series no. 404. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 68 p. DOI 10.13140/RG.2.2.28280.03841

Anexo 2. Publicaciones realizadas por socios sobre el PCNH

- Asdrúbal V y Detlefsen G. 2014. Análisis del mercado y propuesta de estrategia de comercialización de los productos provenientes del manejo de las plantaciones de teca y melina de hoja ancha. Turrialba, Costa Rica: CATIE-Finnfor. 25 p.
- CATIE. 2014. Evaluación de los bosques modelo de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 19 p.
- CATIE-Finnfor. 2014. Intercambio de experiencias entre redes centroamericanas de investigación a largo plazo y redes globales. Workshop Report. Turrialba, Costa Rica: CATIE-Finnfor. 12 p.
- CATIE-Finnfor II. 2014. Analytical document and recommendation for regulatory changes at municipal level in Trifinio. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- CATIE-Finnfor II. 2014. Design and implementation of six (6) forestry extension plans targeting community-based SMEs in Leon & Chinandega, Nicaragua, Petén Guatemala, Intibucá, Honduras, and Hojanca, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- CATIE-MAP. 2016. Cápsulas de género y equidad. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 24 p. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/8731>
- CATIE-MAP. 2016. Fortaleciendo los conocimientos de familias del Programa Ambiental Mesoamericano (MAP). Turrialba, Costa Rica: CATIE. 10 p. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8203/Fortaleciendo_los_conocimientos_de_las_familias.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- De Camino R, Lorenzo J, Carrera F y Villalobos R. 2014. Efficiency in development cooperation: The experience of the Ibero-American Model Forest Network and its Model Forests. *International Forestry Review* 16 (5), Abstracts, XXIV IUFRO World Congress.
- De Camino R, Rodríguez E, Méndez M, Marín E, Londoño E, Ledesma O, Echeverri P, Martel S, Monasterio Y, Valbuena P, Segur M, Valerio M, Outon V, Nouard J, Merlin A, Shillinger R, Villalobos R y Carrera F. 2014. Effective territorial governance for the maintenance and restoration of ecosystem services: Analysis of experiences in Model Forests. *International Forestry Review* 16 (5), Abstracts, XXIV IUFRO World Congress.
- De Camino R, Lorenzo J, Carrera F y Villalobos R. 2014. Local team leadership for sustainable development: The case of the Model Forests of the Iberoamerican Network. Poster. IUFRO World Congress, Salt Lake City, United States: IUFRO.
- Detlefsen G y Somarriba E. 2015. Producción agroforestal de madera en fincas agropecuarias de Centroamérica. En Montagnini F, Somarriba E, Murgueitio E, Fassola H y Eibl B, eds. *Sistemas agroforestales en el Neotrópico: Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales.* (pp. 21–44). Serie técnica. Informe técnico no. 402. Colombia/Costa Rica: CIPAV/CATIE. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr>.
- Dewi S, Van Noordwijk M, Zulkarnain MT, Dwiputra A, Hyman G, Prabhu R, Gitz V y Nasi R. 2017. Tropical forest-transition landscapes: A portfolio for studying people, tree crops and agro-ecological change in context. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 13(1):312–329. <https://doi.org/10.1080/21513732.2017.1360394>
- Grogan J, Free C, Pinelo Morales G, Johnson A y Alegría R. 2017. Estado de conservación de las poblaciones de cinco especies maderables en

- concesiones forestales de la Reserva de la Biosfera Maya. *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Lonchocarpus castilloi*, *Bucida buceras*, *Calophyllum brasiliense*. Serie técnica. Informe técnico no. 407. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 57p. http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/8539/Estado_de_conservacion_de_las_poblaciones.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Grogan J, Free C, Pinelo M, Johnson A y Alegria R. 2014. Assessment of the conservation status of big-leaf mahogany, Spanish cedar, and three secondary timber species populations in the forestry concessions of the Maya Biosphere Reserve, Petén, Guatemala. Costa Rica, Turrialba: CATIE-Finnfor. 53 p.
- Kometter R. 2014. Elaboración de tablas de volumen en plantaciones de teca y melina. Costa Rica, Turrialba: CATIE-Finnfor. 48 p. https://www.researchgate.net/profile/Roberto_Kometter/publication/317030115_Elaboracion_de_Tablas_de_Volumen_Comercial_en_Plantaciones_de_Teca_y_Melina_con_Fines_de_Exportacion/links/591fa3e0458515e3d4ff8787/Elaboracion-de-Tablas-de-Volumen-Comercial-en-Plantaciones-de-Teca-y-Melina-con-Fines-de-Exportacion.pdf
- Landry EM. 2014. Avances y retos del proceso de bosque modelo en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 27 p.
- Leguía H, Rapidel B, Somarriba E y Ordoñez J. 2018. Estudio de línea de base CCAFS a nivel de hogar en Nicaragua y Costa Rica. Working Paper No. 278. Lima, Perú: Centro Internacional de Investigación Agroforestal. <http://dx.doi.org/10.5716/WP18005.PDF>
- Leguía H. 2014. Análisis de las causas subyacentes de la deforestación en la zona de Trifinio. Turrialba, Costa Rica: CATIE-Finnfor. 16 p.
- Maravi E. 2015. Field manual for timber verification: Tool I. Technical series. Technical manual no 123. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 36 p. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7281/Field_manual_for_timber_verification.pdf
- Montagnini F, Somarriba E, Murgueitio E, Fassola H y Eibl B, eds. 2015. Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie técnica. Informe técnico 402. Colombia/ Costa Rica: Editorial CIPAV. 454 p.
- Ordóñez Y, Trujillo A y De Camino R. 2014. Las normativas y trámites para el manejo forestal: Un obstáculo para el sector forestal en Centroamérica. https://www.researchgate.net/publication/262935836_Normativas_y_tramites_para_el_manejo_forestal_un_obstaculo_para_el_sector_forestal_en_Centroamerica
- Padovan M. 2016. Water dynamics and use in coffee shaded with *Tabebuia rosea* Bertol and *Simarouba glauca* D.C. compared to full sun coffee in sub optimal environmental condition for coffee cultivation. Bangor: CATIE-BANGOR University. Tesis doctoral. <http://e.bangor.ac.uk/9780/1/Padovan%20PhD%202016Title%20and%20abstract.pdf>
- Sánchez S, Escobedo A y Gutiérrez R. 2015. Diagnóstico de la capacidad empresarial y socio-organizativa de empresas asociativas rurales basada en los medios de vida sostenibles. CATIE-MAP. Colección agronegocios/CATIE no. 8. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 30 p. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8230/Diagnostico_de_la_capacidad_empresarial.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Schneider-Manoury L, Lefebvre V, Ewers RM, Medina G, Perez C, Somarriba E, Urbina N y Pfeifer M. 2016. Abundance signals of amphibians and reptiles indicate strong edge effects in Neotropical fragmented forest landscapes. *Biological Conservation* 200: 207–215. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.06.011>
- Siles J, Ramírez F, Hernández L, Bustos G, Padilla D y Gutiérrez I. 2015. Estrategia de equidad e igualdad en género. Technical series no. 126. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 35 p. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7172/Estrategia_de_equidad_igualdad_genero.pdf?sequence=1
- Vandrommea M, Trekelsa H, Somarriba E, Vanschoenwinkela B. 2018. Are small water bodies inside epiphytic bromeliads breeding habitats for cacao pollinators?

- Bruselas, Bélgica: Vrije Universiteit; Turrialba, Costa Rica: CATIE. <https://paisajecentinela.org/NicaraguaHonduras/wp-content/uploads/2018/03/Are-small-water-bodies-inside-epiphytic-bromeliads-breeding-habitats-for-cacao-pollinator.pdf>
- Venegas A y Detlefsen G. 2015. Análisis del mercado y propuestas de estrategias de comercialización de los productos provenientes del manejo de las plantaciones de teca y melina de Hojancha. Turrialba, Costa Rica: Finnfor-CATIE. 25 p.
- Villalobos R. 2014. Non-timber forest products: A sustainable development path full of obstacles. A case study in Costa Rica. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Villanueva C, Oliva A, Torres A, Rosales M, Moscoso C y González E. 2015. Manual de producción y manejo de aves de patio. Technical series no. 128. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 64 p. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8001/Manual_de_produccion_manejo_aves_de_patio.pdf

Anexo 3. Tesis desarrolladas por estudiantes de CATIE sobre el PCNH

- Acuña Villarreyra, A.R. 2014. Análisis de las condiciones de manejo que propiciaron el impacto de la roya (*Hemileia vastatrix*) en la zona cafetalera de los municipios de Jinotega, el Tuma-La Dalia y San Ramón, Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 80 p.
- Aker Narváez, C.E. 2014. Evaluación del uso de estufas ecológicas, análisis de la producción y uso del biocarbón como enmienda del suelo en los rendimientos de maíz (*Zea mays*) en tres municipios de León, Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 71 p.
- Albán Caicedo, W.J. 2016. Diversidad y almacenamiento de carbono en dos sitios con diferente grado de intensificación de uso de suelo de Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 102 p.
- Altamirano Tinoco, M.A. 2012. Propuestas de adaptación de la Producción de cacao en Waslala, Nicaragua ante el cambio climático. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 88 p.
- Amores Contreras, F.M. 2016. Contribución de los árboles en finca a los medios de vida de familias rurales en dos sitios contrastantes de Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 68 p.
- Arrieta Bolaños, S. 2015. Prácticas agroecológicas para mejorar la producción y la seguridad alimentaria en huertos caseros en Nicaragua Central. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 82 p.
- Ayestas Villega, E.D. 2014. Evaluación de diseños de sistemas silvopastoriles para mejorar la producción ganadera en el corredor seco del municipio de Matiguás, Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 79 p.
- Bernales Leiva, I.M, Bloomfield Melgar, H. 2016. Propuesta metodológica bajo el enfoque de bienestar humano y cambio climático para la elaboración de planes de manejo de las áreas protegidas de Nicaragua: estudio de caso plan de manejo de la reserva natural macizo de Peñas Blancas, Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 282 p.
- Bogarín Bermúdez, N. 2014. Servicios Ecosistémicos reconocidos por los habitantes de la zona de amortiguamiento del Macizo Peñas Blancas, en el territorio Centro Norte de Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 71 p.
- Camacho Pallqui, N.C. 2016. Adaptación local al cambio climático a través de la planificación estratégica territorial participativa en la comunidad de Wasaka Abajo, Municipio De El Tuma-La Dalia, Matagalpa, Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 208 p.
- Castillo, P.A. 2013. Condiciones legales y habilitadoras para la conformación y el funcionamiento de comités de cuencas en Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 85 p.
- Cortez Dávila, L.M. 2016. Contribución de los huertos familiares a la seguridad alimentaria y nutricional de las familias que participan en el Programa Agroambiental Mesoamericano de Trifinio y área centro norte de Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 68 p.
- Cuéllar González, G. 2017. Estrategia local de desarrollo sostenible bajo cambio climático en el territorio indígena Wangki Awala Kupia, Waspam, Región Autónoma de la Costa Caribe Norte, Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 138 p.
- Díaz Santos, F.G. 2017. Estimación del carbono aéreo almacenado y su relación

- con factores ambientales, en tres paisajes boscosos centroamericanos. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 143 p.
- dos Santos Moreira, N. 2017. Factores socioeconómicos que influyen sobre la presencia de árboles en fincas del paisaje Centinela Nicaragua-Honduras, en Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 108 p.
- Espinoza Delvis, D.G. 2012. Efecto del huracán Félix en la comunidad de murciélagos dispersores de semillas en la Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 69 p.
- Espinoza Mendoza, V.E. 2016. Impulsores de cambio en el uso de suelo y almacenamiento de carbono sobre un gradiente de modificación humana de Paisajes en Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 170 p.
- Espíritu Chávez, T.W. 2012. Análisis hidrológico ante impactos del cambio climático y cambios de uso del suelo en la cuenca del río Compasagua, Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 73 p.
- Estigarribia Canese, S.E. 2016. Motivaciones y limitaciones para la generación de servicios ecosistémicos hídricos en fincas ganaderas en la microcuenca del Río Bulbul, Matiguás, Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 197 p.
- García Salazar, J.M. 2012. Densidad y diversidad de nemátodos en sistemas agroforestales de café en asocio con bananos y sombra de leguminosas en Jinotega, Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 94 p.
- Guerrero Pineda, Y. 2012. Impacto de créditos verdes del proyecto CAMBlo, en el establecimiento de sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de la Zona Central Norte de Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 103 p.
- Gutiérrez Velásquez, C. 2016. Determinación de medios y estrategias de vida, nutrición rural y uso de agrobiodiversidad con enfoque de género para el desarrollo sostenible en cuatro comunidades del municipio de Waslala, región autónoma del Atlántico Norte, Nicaragua. MSc thesis. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 100 p.
- Henao Bravo, El. 2014. Potencial socioeconómico del manejo de bosques secundarios latifoliados: tres ejemplos de Centroamérica. MSc thesis. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 93 p.
- Kurmen Campo, J.M. 2015. Validación del modelo de dinámica forestal 'GAVILAN': una herramienta para el manejo e investigación en bosques lluviosos tropicales de tierras bajas de Centroamérica. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 71 p.
- León Leiva, K.A. 2014. Identidad territorial como contribución a los procesos de gobernanza territorial: Un análisis del contexto socio institucional en la zona del Macizo Peñas Blancas, Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 128 p.
- Narvárez Guerrero, I. 2014. Desarrollo de una propuesta del bio-protocolo de consulta y consentimiento libre, previo e informado con el pueblo indígena Sauni Arungka, etnia Mayangna. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 91 p.
- Ospina Rojas, D.F., Rodríguez Cortés, A.M. 2016. Construcción participativa de estrategias de desarrollo sostenible bajo cambio climático en el territorio Macizo de Peñas Blancas, Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 177 p.
- Ovalle Rivera, O.C. 2015. Impacto del cambio climático en la productividad del café (*Coffea arabica*) bajo sistemas agroforestales en Costa Rica y Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 70 p.
- Palacios Mejía, C.E. 2018. Diversidad genética de *Cedrela odorata* L. en una matriz agropecuaria del Paisaje Centinela Nicaragua-Honduras y sus implicaciones para la restauración forestal. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 62 p.
- Pérez Paguada, D.R. 2015. Dinámica del crecimiento de *Swietenia macrophylla* y *Carapa guianensis* en bosques de la Región Autónoma del Caribe Norte de Nicaragua, evaluada a través del enfoque dendroecológico: una contribución al manejo forestal sostenible. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 104 p.

- Pinargote Chang, M. 2014. Almacenamiento de carbono y beneficios familiares obtenidos de cafetales en fincas de pequeños productores de Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 47 p.
- Ponce Ramírez, E.F. 2012. Ordenamiento territorial y propuestas de acción normativa y perfiles para las áreas afectadas por el Huracán Félix en la Región Autónoma del Atlántico Norte, Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 166 p.
- Rodríguez Salguera, V.H. 2017. Balance de gases de efecto invernadero, diversidad arbórea y su efecto en las reservas de carbono en usos de suelo de fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 153 p.
- Rosman Hernández, J.S. 2017. Sistematización del proceso de la gobernanza de la propiedad comunal en los territorios de Wangki Twi Tasba Raya y AMASAU, Región Autónoma de la Costa Caribe Norte, Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 76 p.
- Ruiz Guevara, N. 2017. Indicadores de desempeño social para la Metodología de Priorización de Inversiones bajo el enfoque de Agricultura Climáticamente Inteligente en los territorios Nicacentral y Trifinio en América Central. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 134 p.
- Sáenz, Y. 2012. Aporte del cacaotal en la economía y nutrición familiar en Waslala, Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 119 p.
- Toruño Morales, I. 2012. Análisis financiero-económico de fincas con varias actividades productivas y el rol de la familia en la producción y toma de decisiones en el Centro Norte de Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 158 p.

FTA DOCUMENTO DE TRABAJO

DOI: 10.17528/cifor/007853

Esta publicación es parte de la iniciativa de la red Paisaje Centinela establecida en ocho países alrededor del mundo, los cuales son representativos de contextos biofísicos y socioeconómicos muy diferentes. Aquí presentamos y resumimos los resultados de la investigación y los estudios de línea de base realizados en el Paisaje Centinela Nicaragua-Honduras, que pueden ser indicativos de la zona ecológica del bosque tropical húmedo.

El Programa de Investigación de CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (FTA) es el programa de investigación para el desarrollo más grande del mundo, dedicado a mejorar el papel de bosques, árboles y la agroforestería para el desarrollo sostenible, la seguridad alimentaria, y frente al cambio climático. CIFOR dirige el programa FTA en asociación con Bioversity International, CATIE, CIRAD, ICRAF, INBAR y TBI.

La investigación del Programa FTA cuenta con el apoyo del Fondo Fiduciario del CGIAR.

LIDERADO POR

EN ASOCIO CON



PROGRAMA DE
INVESTIGACIÓN SOBRE
Bosques, Árboles y
Agroforestería



foreststreesagroforestry.org



cgiaforestsandtrees@cgiar.org



[@FTA_CGIAR](https://twitter.com/FTA_CGIAR)



[foreststreesagroforestry](https://www.facebook.com/foreststreesagroforestry)