

Análisis económico de acciones para la restauración de paisajes productivos en Honduras

Tony Nello, Leander Raes, Aileen Wong, Óscar Chacón, Andrés Sanchún †



UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

Fomentado por el:



en virtud de una resolución del Parlamento
de la República Federal de Alemania



Análisis económico de acciones para la restauración de paisajes productivos en Honduras

Tony Nello, Leander Raes, Aileen Wong, Óscar Chacón y Andrés Sanchún †

La presentación del material en esta publicación y las denominaciones empleadas para las entidades geográficas no implican en absoluto la expresión de una opinión por parte de la UICN, ni de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), ni de UK AID financiado por el Departamento de Desarrollo Internacional (DFID) del Reino Unido, ni del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de Alemania sobre la situación jurídica de un país, territorio o zona; o de sus autoridades, o acerca de la demarcación de sus límites o fronteras.

Los puntos de vista que se expresan en esa publicación no reflejan necesariamente los de la UICN, ni de la USAID, ni de UK AID financiado por el Departamento de Desarrollo Internacional del Reino Unido, ni del BMU.

Esta publicación ha sido posible gracias a la generosidad de USAID, UKAID y BMU; a través de los proyectos:

"Programa Regional de Cambio Climático (PRCC)", financiado por la USAID.

"Mejorar la manera en que el conocimiento sobre los bosques es entendido y utilizado a nivel internacional" (KNOWFOR2), financiado por UK AID, DFID.

"Proyecto AVE (Adaptación, Vulnerabilidad y Ecosistemas)" del Ministerio Federal de Medio Ambiente, BMU de Alemania.

Publicado por: UICN, Oficina Regional para México, América Central y el Caribe (ORMACC), San José, Costa Rica, en colaboración con la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (MiAmbiente+).

Derechos reservados: © 2019 UICN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales.

Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros fines no comerciales sin permiso escrito previo de parte de quien detenta los derechos de autor con tal de que se mencione la fuente.

Se prohíbe reproducir esta publicación para la venta o para otros fines comerciales sin permiso escrito previo de quien detenta los derechos de autor.

Citación: Nello, Tony, Raes, Leander, Wong, Aileen, Chacón, Óscar y Sanchún, Andrés (2019). *Análisis económico de acciones para la restauración de paisajes productivos en Honduras*. San José, Costa Rica: UICN-ORMACC. xx, 104 p.

Revisión técnica: Tania Ammour (UICN-ORMACC), Ronald McCarthy (UICN-ORMACC)

Edición, diseño y diagramación: Marta Lucía Gómez Zuluaga

Fotografías de la portada: MiAmbiente+

Impresión: Masterlitho de San José, Costa Rica

Disponible en: UICN/Oficina Regional para México, América Central y el Caribe
San José, Costa Rica
Tel: ++506 2283 8449
www.iucn.org/resources/publications

El texto de este libro está impreso en couché mate 115 g, hecho de fibra de madera proveniente de bosques bien gestionados, 100% certificados según las normas del Consejo de Manejo Forestal (FSC).

Contenido

Índices de cuadros y figuras.....	vii
Siglas.....	xiii
Agradecimiento.....	xv
Presentación	xvii
Resumen ejecutivo.....	xix
1. Introducción	1
2. Acciones de restauración y uso actual del suelo.....	4
3. Metodología (análisis costo-beneficio).....	6
3.1. Análisis financiero	7
3.1.1 Beneficios financieros de la restauración.....	7
3.1.2 Costos de la restauración	8
3.1.3 Periodo de análisis.....	10
3.1.4 Tasa de descuento.....	10
3.1.5 Indicadores del análisis costo-beneficio financiero.....	11
3.2 Análisis cobeneficios ambientales (modelos no espaciales)	12
3.2.1 Balance de gases de efecto invernadero	12
3.2.2 Producción de leña	13
3.3 Control de la erosión y exportación de sedimentos (modelos espaciales)	13
3.4 Análisis del impacto social de las técnicas de restauración.....	15
3.4.1 Creación de empleo.....	15
3.4.2 Impacto sobre medios de vida	15
3.5 Análisis multicriterio.....	15
4. Resultados del análisis económico de las acciones de restauración	17
4.1 Costos totales, beneficios brutos y netos	17
4.2 Indicadores de desempeño de las acciones de restauración	22

4.3 Análisis de sensibilidad	24
4.3.1 Sensibilidad a la tasa de descuento	24
4.3.2 Sensibilidad a nivel de precio y rendimiento	25
4.4 Balance de gases de efecto invernadero.....	26
4.5 Impacto en producción de leña.....	27
4.6 Cambio en erosión y exportación de sedimentos	28
4.7 Creación de empleo	32
4.8 Impacto sobre los medios de vida	33
5. Resumen del resultado por indicador	36
6. Resultados análisis multicriterio	37
7. Resumen de resultados por acción de restauración	39
8. Conclusiones	41
9. Bibliografía	43
10. Anexo	48
Anexo 1 Descripción de las acciones de restauración	48
A.1.1 Sistema agroforestal de cacao.....	48
A.1.2 Agrobosque de café	49
A.1.3 Sistema de cultivo de granos básicos en callejones	49
A.1.4 Sistema agroforestal Quesungual	50
A.1.5 Plantación dendroenergética.....	50
A.1.6 Plantación de maderables de alto valor	51
A.1.7 Sistema silvopastoril	51
A.1.8 Restauración ecológica de manglar.....	51
A.1.9 Reforestación de manglar.....	52
A.1.10 Protección contra incendios forestales.....	52
A.1.11 Reforestación de pino	53
Bibliografía Anexo 1	53
Anexo 2 Rendimientos de los cultivos	57
A.2.1 Sistema agroforestal de cacao	57
A.2.2 Agrobosque de café	57
A.2.3 Sistemas de cultivo de granos básicos en callejones.....	57
A.2.4 Sistema agroforestal Quesungual	57
A.2.5 Vegetación secundaria seca y húmeda.....	57
A.2.6 Plantaciones dendroenergéticas y maderables de alto valor.....	57
A.2.7 Sistema silvopastoril.....	58
A.2.8 Restauración ecológica y reforestación de manglar	58

A.2.9 Protección contra incendios forestales.....	58
A.2.10 Reforestación de pino	59
Bibliografía Anexo 2	59
Anexo 3 Mano de obra en plantaciones forestales, bosque de pino y manglar.....	62
Bibliografía Anexo 3	62
Anexo 4 Detalle de los costos de la asistencia técnica.....	63
Bibliografía Anexo 4	63
Anexo 5 Detalles de supuestos usados para EX-ACT	64
Bibliografía Anexo 5	65
Anexo 6.1 Estimación del factor K.....	67
Bibliografía 6.1	67
Anexo 6.2 Datos tabla biofísica para InVEST	68
Bibliografía Anexo 6.2	69
Bibliografía Anexo 6.3	71
Anexo 7 Costos y beneficios anuales de cada acción de restauración a lo largo de 30 años.....	72
Anexo 8 Desglose de los costos, de los beneficios de restauración y del VAN de la restauración y uso del suelo actual.....	93
Anexo 9 Costos, beneficios del uso actual y de la restauración con $r = 15\%$	94
Anexo 10 Costos, beneficios del uso actual y de la restauración con $r = 5\%$	96
Anexo 11 Costos, beneficios del uso actual y de la restauración con límite inferior de precios y rendimientos	98
Anexo 12 Costos, beneficios del uso actual y de la restauración con límite superior de precios y rendimientos	100
Anexo 13 Rendimiento y aumento de disponibilidad de leña de las técnicas de restauración	102
Anexo 14 Análisis multicriterio	103

Índices de cuadros y figuras

Cuadros

1	Áreas de oportunidad para las acciones de restauración consideradas	5
2	Fuente y sumideros analizados dentro del perímetro de estudio del balance de GEI .	12
3	Costos de la restauración, del uso actual y costos incrementales de la restauración a 30 años (r = 10%)	20
4	Beneficios brutos de la restauración de uso actual y beneficios incrementales de la restauración a 30 años (r = 10%)	20
5	Beneficios marginales de la restauración, razón beneficio-costos (RBC) y retorno de la inversión (ROI) a 30 años (r = 10%)	22
6	Beneficios marginales de la restauración, razón beneficio-costos (RBC) y retorno de la inversión (ROI) a 10 años (r = 10%).....	23
7	Impacto promedio por la restauración modelado con InVEST.....	32
8.	Grado de diversificación y VAN ingresos marginales considerando el costo de la mano de obra familiar	34
9.	Impacto de la restauración sobre los medios de vida.....	35
10	Resumen de los resultados por cada indicador del análisis.....	36
11	Matriz de desempeño de las acciones de restauración con (Puntuación 1) y sin los indicadores ambientales espaciales (Puntuación 2)	38

Índice de cuadros en anexo

A1	Distribución del área de bosque de pino ralo según tipos de manejo forestal en el uso actual	53
A2	Área promedio por tipo de productor	63

A3	Supuestos usados para cada escenario modelizado con EX-ACT.....	64
A4	Tabla de valores biofísicos del uso actual del suelo utilizados para InVEST	68
A5	Supuestos para la ponderación del área forestal con basado en el tipo de cultivo o árbol de sombra considerado en el uso de la tierra	69
A6	Tabla de valores biofísicos usados para las acciones de restauración con el modelo SDR de InVEST	70
A7	Desglose de los costos de cada acción de restauración a 10 y 30 años (r = 10%).....	93
A8	Beneficios netos de la restauración y del uso actual a 10 y 30 años (r = 10%)	93
A9	Costos de la restauración, del uso actual y costos incrementales de la restauración a 10 y 30 años (r = 15%)	94
A10	Beneficios brutos de la restauración, del uso actual e incrementales de la restauración a 10 y 30 años (r = 15%)	94
A11	Beneficios netos de la restauración, del uso actual, beneficios marginales de la restauración, razón beneficio-costos (RBC) y retorno a la inversión (ROI) a 10 y 30 años (r = 15%)	95
A12	Costos de la restauración, del uso actual y costos incrementales de la restauración a 10 y 30 años (r = 5%).....	96
A13	Beneficios brutos de la restauración, del uso actual y beneficios incrementales de la restauración a 10 y 30 años (r = 5%)	96
A14	Beneficios marginales de la restauración, razón beneficio-costos (RBC) y retorno a la inversión (ROI) a 10 y 30 años (r = 5%)	97
A15	Costos totales de la restauración, del uso actual y costos incrementales de la restauración a 10 y 30 años (límite inferior)	98
A16	Beneficios brutos de la restauración, del uso actual y costos incrementales de la restauración (límite inferior)	98
A17	Beneficios marginales de la restauración, razón beneficio-costos (RBC) y retorno a la inversión (ROI) a 10 y 30 años (límite inferior).....	99
A18	Costos totales de la restauración, del uso actual y costos incrementales a 10 y 30 años (límite superior)	100
A19	Beneficios brutos de la restauración, del uso actual, y beneficios incrementales de la restauración a 10 y 30 años (límite superior).....	100
A20	Beneficios marginales de la restauración, razón beneficio-costos (RBC) y retorno a la inversión (ROI) a 10 y 30 años (límite superior)	101
A21	Efecto en las cadenas productivas de la implementación de las acciones de restauración	102
A22	Indicadores financieros a 10 años.....	103
A23	Indicadores financieros a 30 años.....	103
A24	Indicadores ambientales no espaciales.....	104
A25	Indicadores servicios ambientales espaciales (servicios ecosistémicos)	104
A26	Indicadores sociales	104

Figuras

1	Beneficio marginal de la restauración.....	6
2	Componentes del análisis costo-beneficio realizado.....	7
3	Proceso de creación del mapa de impacto potencial sobre la provisión de servicios ecosistémicos	14
4	Costos y beneficios de continuar con el uso actual, cultivo de granos básicos en la zona húmeda (HNL/ha), sin (4a) y con la tasa de descuento (4b)	18
5	Costos y beneficios de la restauración mediante un sistema de cultivos de granos básicos en callejones (HNL/ha), sin (5a) y con la tasa de descuento (5b)	19
6	VAN de los usos actuales del suelo y de las acciones de restauración a 30 años (r = 10%)	21
7	VAN de los usos actuales del suelo y de las restauración a 10 años (r = 10%).	21
8	VAN marginal de las acciones de restauración a 30 años (r=10%)	22
9	VAN marginal de las acciones de restauración a 10 años (r=10%).....	23
10	VAN de los usos actuales del suelo y de la acciones de restauración con diferentes tasas de descuento a 30 años (r = 5, 10 y 15%).	24
11	VAN de los usos actuales y de las acciones de restauración con precios y rendimientos altos y bajos a 30 años (r = 10%).	25
12	Balance de gases de efecto invernadero de la restauración en TCO ₂ e/ha/año.....	26
13	Curva de beneficio marginal de reducción de CO ₂ e (r = 10%) a 30 años	27
14	Producción de leña por cada acción de restauración (m ³ /ha/año).....	28
15.1	Creación de empleo en el año 1 (implementación) por cada acción de restauración y por hectárea	32
15.2	Creación de empleo del año 2 al 30 por cada acción de restauración (mantenimiento y producción)	33
16	Ingreso bruto marginal de las acciones de restauración a 30 años (r = 10%).	33
17	Criterio del análisis multicriterio por tipo	38

Índice de figuras en anexo

A1	Costos y beneficios anuales del cultivo de café por debajo de 900 msnm en HNL/ha, sin (A1a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A1b).....	72
A2	Costos y beneficios anuales de la implementación de un sistema agroforestal de cacao en cafetales por debajo de 900 msnm en HNL/ha, sin (A2a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A2b)	73
A3	Costos y beneficios anuales del cultivo de café por encima de 900 msnm en HNL/ha, sin (A3a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A3b).....	74

A4	Costos y beneficios anuales de la implementación de agrobosque de café en cafetales por encima de 900 msnm en HNL/ha, sin (A4a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A4b).....	75
A5	Costos y beneficios anuales de granos básicos en la zona seca en HNL/ha, sin (A5a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A5b).....	76
A6	Costos y beneficios anuales de la implementación del sistema agroforestal Quesungual en granos básicos en la zona seca en HNL/ha, sin (A6a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A6b).....	77
A7	Costos y beneficios anuales del uso del área con vegetación secundaria seca en HNL/ha, sin (A7a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A7b).	78
A8	Costos y beneficios anuales de la implementación de una plantación dendroenergética en vegetación secundaria seca en HNL/ha, sin (A8a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A8b).....	79
A9	Costos y beneficios anuales del uso del área con la vegetación secundaria húmeda en HNL/ha, sin (A9a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A9b).....	80
A10	Costos y beneficios anuales de la implementación de plantación de maderables de alto valor en vegetación secundaria húmeda en HNL/ha, sin (A10a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A10b).....	81
A11	Costos y beneficios anuales del uso del área con pasto natural en HNL/ha, sin (A11a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A11b)	82
A12	Costos y beneficios anuales de la implementación de sistema silvopastoril en pasto natural mediante en HNL/ha, sin (A12a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A12b).	83
A13	Costos y beneficios anuales de los usos de suelo del área húmeda continental 1 en HNL/ha, sin (A13a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A13b).....	84
A14	Costos y beneficios anuales de la implementación de la restauración ecológica de manglar en área húmeda continental 1 en HNL/ha, sin (A14a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A14b).	85
A15	Costos y beneficios anuales de la implementación de la reforestación de manglar en área húmeda continental 2 en HNL/ha, sin (A15a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A15b).....	86
A16	Costos y beneficios anuales de la continuación del uso actual de bosque de pino denso en HNL/ha, sin (A16a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A16b)	87
A17	Costos y beneficios anuales de la protección contra incendios forestales en bosque de pino denso en HNL/ha, sin (A17a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A17b).....	88
A18	Costos y beneficios anuales de la continuación del uso actual de bosque de pino ralo en HNL/ha, sin (A18a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A18b).....	89
A19	Costos y beneficios anuales de la protección contra incendios forestales en bosque de pino ralo en HNL/ha, sin (A19a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A19b)	90
A20	Costos y beneficios anuales del bosque de pino ralo con incidencia de gorgojo en HNL/ha, sin (A20a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A20b).....	91
A21	Costos y beneficios anuales de la reforestación de bosque de pino ralo con incidencia de gorgojo en HNL/ha, sin (A21a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A21b)	92

Mapas

1	Mapa de oportunidad de restauración, criterios 1 al 6.....	3
2	Mapa de oportunidad de restauración, criterios 3 al 6.....	3
3	Usos actuales del suelo en área de oportunidad	4
4.1	Uso del suelo.....	14
4.2	Subcuencas	14
4.3	Factor R (erosividad de la lluvia).....	14
4.4	Factor K (erodibilidad del suelo)	14
4.5	Mapa de elevación digital (DEM	14
5.1	Impacto potencial sobre la erosión de la implementación del sistema silvopastoril y el sistema agroforestal Quesungual en pastos/cultivos 2	29
5.2	Impacto potencial sobre la exportación de sedimentos de la implementación del sistema silvopastoril y el sistema agroforestal Quesungual en pastos/cultivos 2.....	29
6.1	Impacto potencial sobre la erosión de la implementación de plantaciones dendroenergéticas en vegetación secundaria seca.....	30
6.2	Impacto potencial sobre la exportación de sedimentos de la implementación de plantaciones dendroenergéticas en vegetación secundaria seca	30
7.1	Impacto potencial sobre la erosión de la implementación de agrobosque de café en cafetales entre 900-1300 metros.....	31
7.2	Impacto potencial sobre la exportación de sedimentos de la implementación de agrobosque de café en cafetales entre 900-1300 metros	31

Siglas

APROCACAHO	Asociación Nacional de Productores de Cacao de Honduras
BCH	Banco Central de Honduras
CAHLE	Cámara Hondureña de la Leche
CEDEC	Centro Experimental y Demostrativo del Cacao
CIPF	Centro de Información y Patrimonio Forestal
CODDEFFAGOLF	Comité para la Defensa y Desarrollo de la Flora y Fauna del Golfo de Fonseca
CRS	Catholic Relief Services
DICTA	Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FHIA	Fundación Hondureña para la Investigación Agrícola
GEI	Gases de Efecto Invernadero
HNL	Lempiras de Honduras
ICF	Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas protegidas y Vida Silvestre, Honduras
IHCAFÉ	Instituto Hondureño del Café
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
IRD	Instituto de Investigación para el Desarrollo
MiAmbiente+	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente
ONG	Organización No Gubernamental
RBC	Relación beneficio-costos
ROI	Rendimiento de la Inversión
ROAM	Metodología de Evaluación de Oportunidades de Restauración (siglas en inglés)
RPF	Restauración de Paisaje Forestal
SAF	Sistema agroforestal
SAG	Secretaría de Agricultura y Ganadería
SDR	Tasa de descarga de sedimentos
SIMPAH	Sistema de Información de Mercados de Productos Agrícolas de Honduras
SSP	Sistema silvopastoril
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
VAN	Valor Actual Neto

Agradecimientos

La UICN expresa su reconocimiento a la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (MiAmbiente+) por su apoyo institucional en la recolección de la información necesaria para la aplicación de la Metodología de Evaluación de Oportunidades de Restauración (ROAM, por sus siglas en inglés).

Este trabajo es el resultado de un esfuerzo interdisciplinario con el aporte de expertos e instituciones que permitieron establecer lineamientos y criterios técnicos necesarios para la evaluación de las acciones de restauración analizadas. Los autores expresan su especial gratitud a: Ayala, A. (APROCACAO), Cardenas, P., Cuéllar, E. (Sistema de Información de Mercados de Productos Agrícolas de Honduras, FHIA), Delamo, J. (WCMC, PNUMA), Dubón A., (Centro Experimental y Demostrativo del Cacao, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, FHIA), Durón, D. (Unidad de cambio climático, Secretaría de Agricultura y Ganadería, SAG), Fonseca, J.F. (CEDECO), Guevara, M. (Secretaría de Desarrollo y Finanzas, ProHonduras), Hands, M. (Inga Foundation), Jiménez, G., (IHCAFÉ), Martz A. (Representante Inga Foundation Honduras), Morel, D. (CODDEFFAGOLF), Perdomo, G. (CIPF, ICF), Plateros, D. (CAHLE), Rueda, O. (Programa de reforestación, ICF), Santos, J. (MiAmbiente+), Samayoa, D. (MiAmbiente+), Salgado, R. (DICTA, SAG), Sánchez, B. (FAO Honduras), Welchez, L. (iniciativa PROSUELO, CRS Honduras) Meza Prado, K. (Natural Capital Project, Universidad de Minnesota).

Presentación



A handwritten signature in black ink, which appears to be 'JAGF'.

José Antonio Galdames Fuentes
Secretario de Estado
Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente

MiAmbiente+ en alianza y apoyo de la Oficina Regional para México, América Central y el Caribe de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), en el 2017 completaron la formulación del Programa Nacional de Recuperación de Bienes y Servicios de Ecosistemas Degradados (PNRBSED). En este Programa se han definido las prioridades, basándose en la metodología de Evaluación de Oportunidades de Restauración (ROAM por sus siglas en inglés).

El PNRBSED describe las 12 acciones clave priorizadas de recuperación de ecosistemas degradados en los paisajes en Honduras, las cuales van desde la restauración de paisajes productivos agropecuarios (pasto, granos básicos, café, cacao, etc.) a forestales (bosque de pino, bosque de mangle y áreas protegidas). Este instrumento de planificación estratégica guiará los procesos de recuperación de ecosistemas en el país y así avanzar en el cumplimiento del Compromiso de las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC) en el marco de la convención de cambio climático, y en particular en lo relativo a la meta de restaurar un millón de ha degradadas, compromiso en el marco del Desafío de Bonn al 2030.

Como insumos adicionales para orientar la toma de decisiones, y en particular para la implementación del PNRBSED, presentamos el presente estudio titulado “Análisis económico de categorías de intervención para la restauración de paisajes productivos en Honduras”. Este estudio ofrece los resultados de los análisis financiero y económico de las opciones priorizadas en el PNRBSED. La información generada es útil entonces para diferentes tipos de actores, pues da cuenta de la rentabilidad financiera así como de los cobeneficios sociales, económicos y ambientales a diferentes plazos. En definitiva, los resultados de este estudio dan cuenta que avanzar en el impulso de transiciones para la recuperación de los bienes y servicios de ecosistemas degradados, no solo contribuye a recuperar su funcionalidad ecológica, sino que también constituye un buen negocio que está generando beneficios locales y globales adicionales al aumentar los medios de subsistencia de las economías locales, los alimentos y la producción de combustibles, la seguridad hídrica y la adaptación y mitigación al cambio climático.

El gobierno de Honduras, a través de MiAmbiente+ reafirma su compromiso de continuar impulsando múltiples políticas, medidas y acciones para fomentar el manejo sostenible de los recursos naturales como herramienta para garantizar una producción continua de bienes y servicios ambientales, que contribuyan al desarrollo territorial sostenible, inclusivo y ambiental del país, a través de la promoción de la conservación de la diversidad biológica, agua, bosque y suelo, así como la restauración forestal y de paisajes productivos.

Resumen ejecutivo

Este estudio trata de un análisis económico de 11 acciones de restauración del paisaje en Honduras, que van desde la restauración de áreas agrícolas (pastos, granos básicos, cafetales) hasta las áreas forestales (bosque de pino y de mangle). Abarca 14 indicadores financieros, cuatro indicadores ambientales y dos indicadores sociales que sirven para comparar las técnicas de restauración mediante un análisis multicriterio. Con los hallazgos detallados en este informe, los(as) tomadores(as) de decisión procedieron con la priorización de las técnicas para la restauración en el marco del Programa Nacional de Recuperación de Bienes y Servicios de Ecosistema Degradados, teniendo en cuenta sus respectivos impactos financieros, sociales (medios de vida, creación de empleo) y ambientales (balance de GEI, erosión, exportación de sedimentos y producción de leña).

El análisis financiero permite evaluar el desempeño de las técnicas de restauración en cuanto a la relación Beneficio Costo (RBC), la rentabilidad de la inversión (ROI) y el Valor Actual Neto (VAN). El estudio de los resultados financieros se llevó a cabo con estimaciones a 10 y 30 años. El análisis espacial del impacto potencial sobre servicios ecosistémicos (reducción en la erosión y en la exportación de sedimentos producto de la erosión) se hizo con la herramienta InVEST, mientras que el balance de gases de efecto invernadero (GEI) se calculó con la herramienta EX-ACT. Otro indicador ambiental considerado es el incremento en la producción de leña. Los indicadores sociales consisten en el efecto de la restauración sobre los medios de vida y la creación de empleo generado por la restauración.

La acción de restauración que más beneficios financieros generaría es la restauración de granos básicos con la implementación de un sistema de cultivo en callejones ($VAN_{10 \text{ años}} = 154\,779 \text{ HNL/ha}$ y $VAN_{30 \text{ años}} = 411\,384 \text{ HNL/ha}$). Para ambos plazos de análisis, la reforestación de manglar sería, a la vez, la acción más eficiente para generar ingresos ($RBC_{10 \text{ años}} = 2,65$ y $RBC_{30 \text{ años}} = 3,69$) y la más atractiva por su rentabilidad ($ROI_{10 \text{ años}} = 5,61$ y $ROI_{30 \text{ años}} = 14,75$).

Se procedió a un análisis de sensibilidad de los resultados financieros haciendo variar la tasa de descuento, los rendimientos y los precios, lo cual permitió observar que aún con precios y rendimientos más bajos, el VAN generado por la implementación y manejo del sistema agroforestal de cacao en cafetales se triplicaría; lo que arroja luz sobre la relevancia de esta técnica en zonas cafetaleras pocas productivas o de café de baja calidad. Adicionalmente, se observa que la implementación de un sistema agroforestal Quesungual, en áreas de granos básicos, casi alcanza el punto de equilibrio luego de

30 años ($VAN_{30 \text{ años}} = HNL - 2931/ha$) cuando se asigna mayor valor a los ingresos futuros ($r = 5\%$).

En cuanto al desempeño ambiental, en relación con el control de la erosión, el sistema de cultivos de granos básicos en callejones, seguido por el sistema agroforestal Quesungual y los sistemas silvopastoriles, son las técnicas que ofrecerían la mayor capacidad de disminuir la erosión. El sistema agroforestal Quesungual tiene mayor impacto sobre la exportación de sedimentos.

En cuanto al balance de GEI, el valor máximo ($40 \text{ TCO}_2\text{e/ha/año}$) se obtiene con la siembra de plantaciones de maderables de alto valor comercial. El único balance negativo se registra con la implementación del sistema silvopastoril en pasto ($-1,60 \text{ TCO}_2\text{e/ha/año}$). Como era de esperar, la plantación de maderables de alto valor comercial y la plantación dendroenergética tendrían también el mayor potencial para la producción de leña (en promedio 21 y $16,3 \text{ m}^3/\text{ha/año}$, respectivamente).

Las acciones que tendrían el mayor impacto sobre el mejoramiento de los medios de vida serían el sistema de cultivo de granos básicos en callejones, seguido por la plantación de maderables de alto valor comercial. En relación con el criterio "aumento de empleo", la reforestación de manglar y la restauración ecológica de manglar serían las acciones que más trabajo proporcionarían, con 15 y 12 empleos a tiempos completos a lo largo de 30 años, respectivamente.

Con base en el análisis multicriterio se encontró que las acciones de restauración que reunirían los mejores resultados, sin considerar los impactos ambientales espaciales (impacto sobre la erosión y exportación de sedimentos) son la reforestación de manglar y la plantación de maderables de alto valor.

Las acciones de restauración con las menores puntuaciones son la protección contra incendios forestales en bosque de pino denso, seguido por la reforestación en bosque de pino ralo con incidencia de gorgojo.

Al considerar los impactos ambientales espaciales, la restauración con sistema de cultivos de granos básicos en callejones se vuelve la acción con mejores resultados, lo que pone de relieve el impacto de esta técnica para el control de la erosión y de la exportación de sedimentos.

Por el contrario, la reforestación de pino tiene un impacto menor para la conservación de suelo comparado con la protección contra incendios; por lo que esta técnica tiene la menor puntuación cuando se consideran los impactos ambientales espaciales.

En cambio, la restauración de áreas de cultivo de granos básicos con el sistema agroforestal Quesungual tiene una puntuación relativamente baja cuando no se consideran los impactos ambientales espaciales, pero está por encima del promedio si se toman en cuenta dichos impactos.

1 Introducción

La degradación de los ecosistemas debido a la expansión agrícola descontrolada, en particular la deforestación, es un proceso que no se ha detenido en Honduras desde el siglo pasado. La deforestación entre 2012 y 2016 llegó a ser de 43 588 ha por año, un aumento de 70% si se considera la tasa de deforestación del periodo 2000-2012.

Los problemas de degradación han hecho que la Restauración del Paisaje Forestal (RPF) en Honduras forme parte de las prioridades del Gobierno de Honduras que busca contribuir a la reforestación de los bosques a través del Plan Maestro Agua Bosque Suelo (Gobierno de Honduras, 2017). Dicho Plan ha sido desarrollado tomando en cuenta las metas establecidas en el Plan de Nación 2010-2022 para la erradicación de la pobreza y la protección del ambiente (República de Honduras, 2010).

La RPF consiste en recuperar la integridad ecológica de los ecosistemas terrestres como bosques y áreas agrícolas mediante el aumento de la cobertura vegetal y arbórea (Sanchún et al. 2016). Varias prácticas de RPF conllevan a una mejor adaptación al cambio climático, como la agroforestería (Lasco et al., 2014) y el manejo forestal sostenible (Braatz 2012), lo cual es de importancia a la hora de enfrentar los severos impactos esperados del cambio climático sobre la agricultura y los ecosistemas forestales de la región (Imbach et al., 2017).

Efectivamente, al propiciar la diversificación, aumentar la cobertura del suelo y la cubierta forestal, los medios de vida que dependen de estos paisajes, serán más resilientes.¹

El presente documento explora hasta que punto las técnicas de RPF ofrecen sinergias entre la mitigación y adaptación al cambio climático (Rizvi et al., 2015) al evaluar el potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y el impacto sobre las condiciones de vida de cada opción de restauración. En cierta medida, la RPF consiste en una estrategia de adaptación basada en los ecosistemas, a sabiendas de que los seres humanos usan la biodiversidad y los servicios ecosistémicos como parte de una estrategia holística de adaptación al cambio climático (Lo, 2016). De hecho, la RPF contribuye a fomentar los servicios ecosistémicos de regulación (control

¹ La resiliencia se define como “la capacidad de un sistema socioecológico de afrontar un suceso o perturbación respondiendo o reorganizándose de modo que mantenga su función esencial (p. ej. producción de alimentos), su identidad y su estructura, para conservar al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación” (IPCC, 2014).

de inundaciones, calidad del agua, entre otros), de abastecimiento (alimentos, agua, madera y leña) y servicios culturales (Saima et al., 2017) y por consiguiente, en la medida de lo posible, su planificación debe considerar estos elementos.

En Honduras, la RPF se ha abordado bajo el Programa Nacional de Recuperación de Bienes y Servicios de Ecosistemas Degradados (MiAmbiente+, 2018), el cual toma en cuenta los resultados del presente estudio para identificar las áreas prioritarias por restaurar.

La UICN, –Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza– apoya el fomento de la RPF mediante la aplicación de la Metodología de Evaluación de Oportunidades de Restauración (ROAM, por sus siglas en inglés) para determinar y analizar las opciones de restauración en un contexto social, económico y ecológico.²

La metodología ROAM consiste en:

1. Identificar el área de oportunidad para la restauración.
2. Describir las acciones de restauración.
3. Identificar el uso actual de las áreas con oportunidad y las opciones correspondientes de restauración.
4. Detallar los costos, ingresos y el impacto ambiental y social de cada técnica de restauración.
5. Determinar las prioridades para la RPF conforme a los hallazgos del análisis (UICN & WRI, 2014).

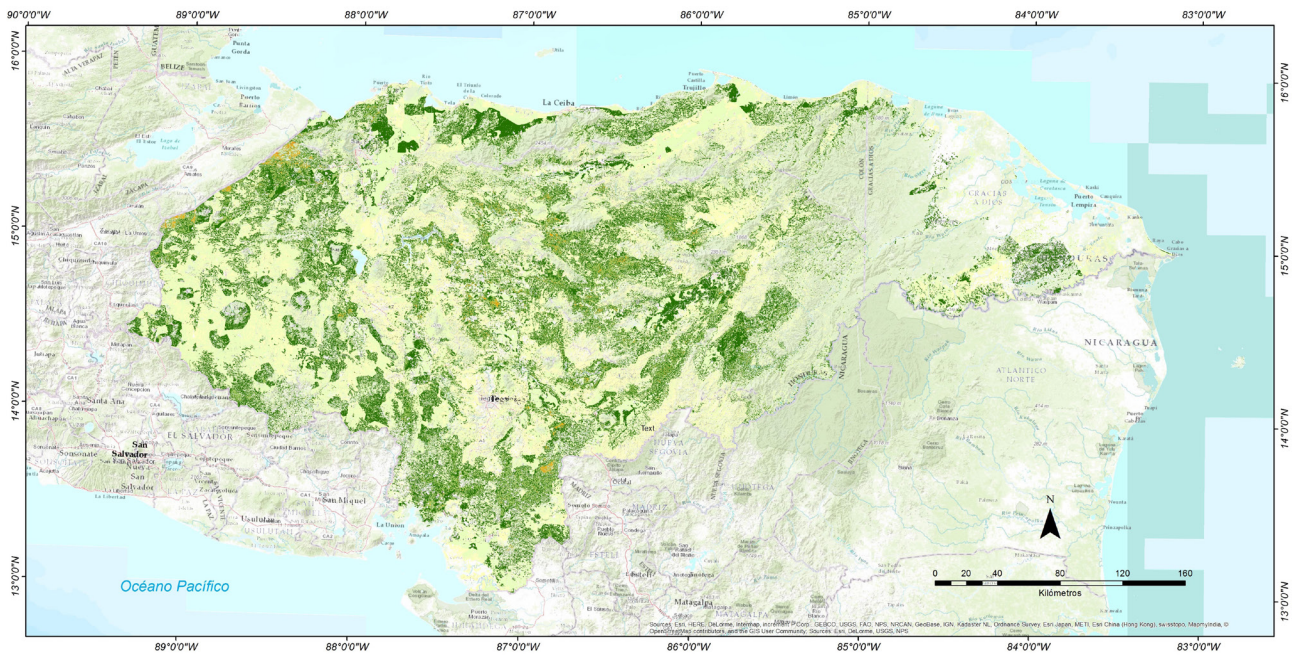
Como parte del proceso ROAM en el presente documento se analiza una serie de técnicas de RPF para identificar las prioridades de restauración en el marco del Programa Nacional de Recuperación de Bienes y Servicios de Ecosistema Degradados. Este informe presenta los resultados del análisis de los costos y beneficios financieros de las técnicas de restauración, así como el impacto de una serie cobeneficios (beneficios ambientales y sociales) considerados de importancia para el país. Como primer paso del ROAM, se genera el mapa del área de oportunidad, diseñado con base en siete criterios acordados y valorados con el Comité Técnico de Restauración:³

1. protección de biodiversidad y hábitat,
2. agua,
3. desastres naturales (amenazas de inundaciones, deslizamiento, ciclones),
4. municipios bajo sequía,
5. áreas afectadas por la plaga del gorgojo,
6. manglar y
7. potencial para cultivo de cacao.

En el Mapa 1, se presentan las áreas de oportunidad que reúnen, por lo menos, uno de los siete criterios. En total, el area resultante representa 62% de la superficie terrestre de Honduras.

2 La guía que explica la metodología se puede descargar en: <https://portals.iucn.org/library/node/45770>

3 El Comité Técnico de Restauración reúne a representantes del sector público (MAG, ICF, MiAmbiente+), privado y ONG de Honduras.

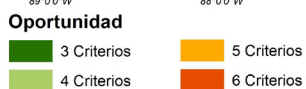
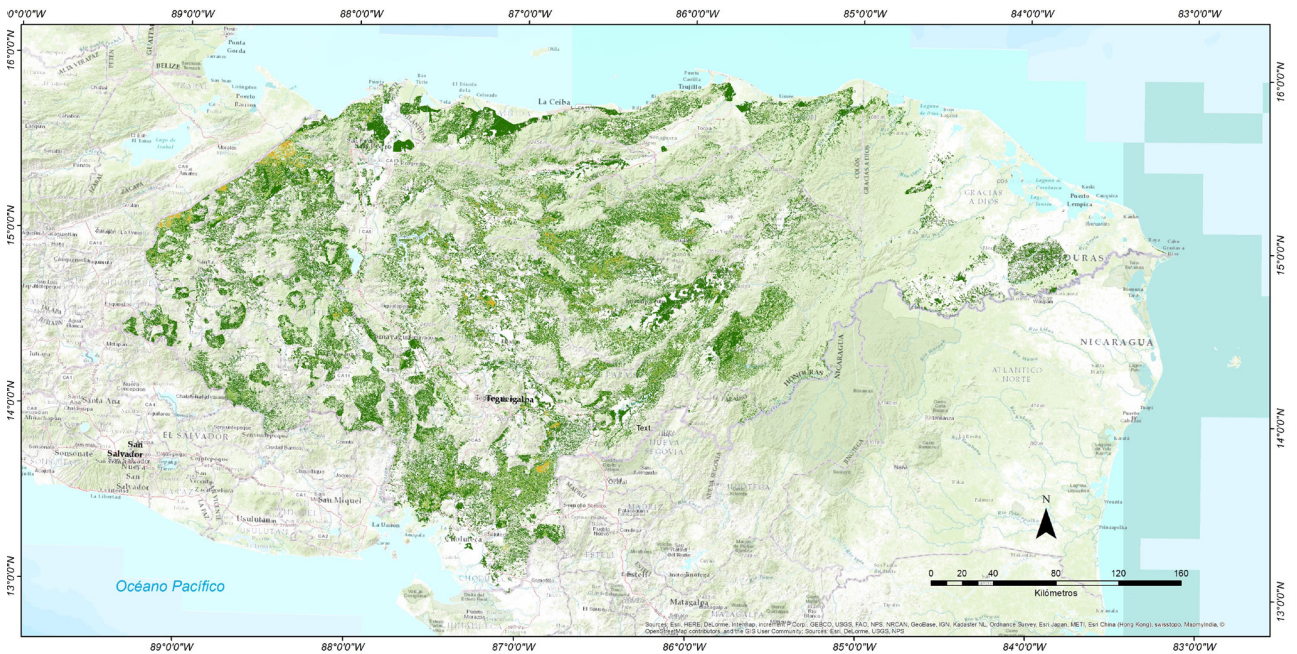


Fuente: GIZ, 2014. IDH, 2011.

Mapa 1 Mapa de oportunidad de restauración, criterios 1 al 6.

Fuente: UICN, 2017.

En el marco de la priorización de áreas y acciones como parte del ROAM, y como insumo para el Programa Nacional de Recuperación de Bienes y Servicios de Ecosistemas Degradados, se consideran las áreas que reúnen por lo menos tres criterios (Mapa 2), las cuales representan en su conjunto, 20% de la extensión territorial de Honduras.



Fuente: GIZ, 2014. IDH, 2011.

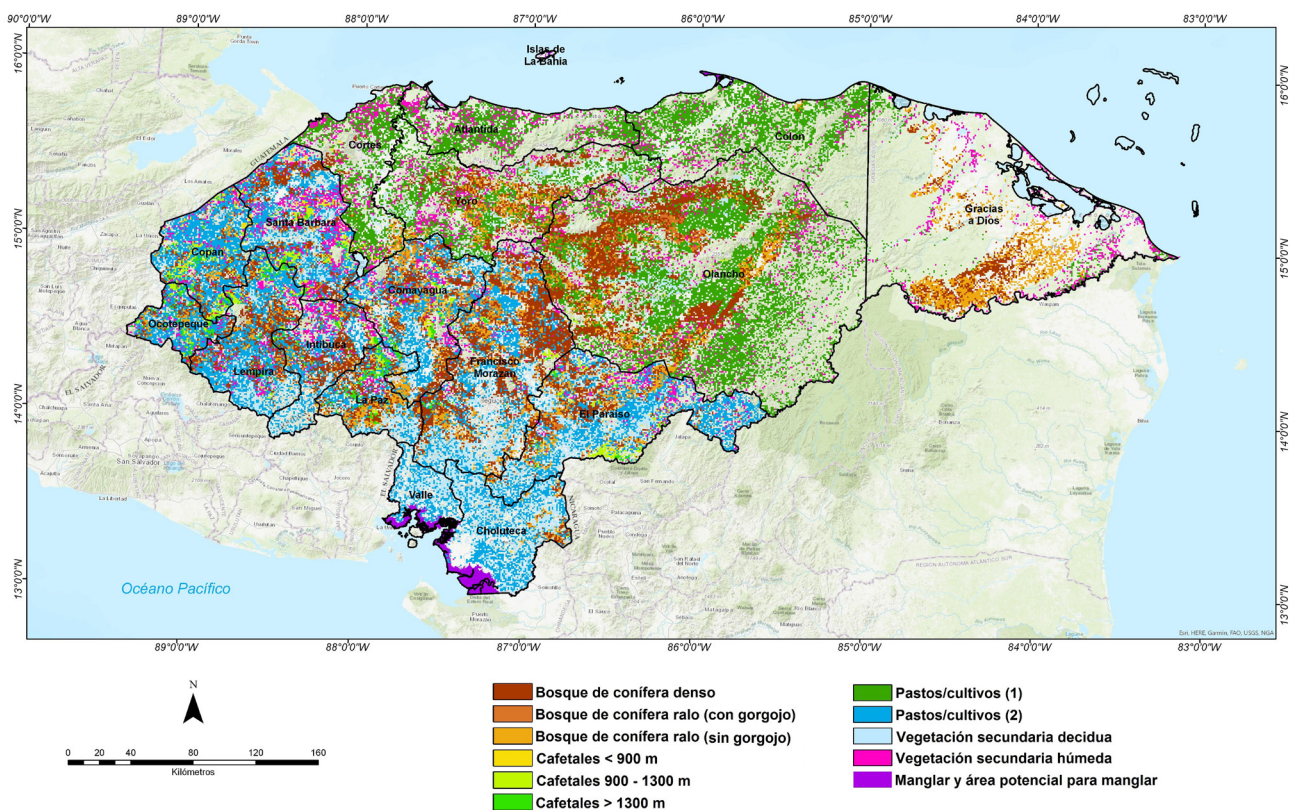
Mapa 2 Mapa de oportunidad de restauración, criterios 3 al 6.

Fuente: UICN, 2017.

2 Acciones de restauración y usos actuales del suelo

Honduras tiene un área terrestre de 112 492 km² (CONVIENDA, 2016), de la cual 31% corresponde al área agrícola y 48% a bosques; el resto corresponde a las áreas urbanas y semiurbanas (Duarte et al., 2014a). A partir del mapa de oportunidad (Mapa 1) y la identificación de los usos actuales

del suelo (Mapa 3), durante el proceso de aplicación del ROAM, se priorizaron nueve usos del suelo (Cuadro 1) para implementar una serie de 11 acciones de restauración que buscan mejorar y recuperar los bienes y servicios ecosistémicos relevantes para el país.



Mapa 3 Usos actuales del suelo en área de oportunidad.

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que los usos del suelo de cultivos anuales (granos básicos) y pasto no se diferencian en los mapas más actuales del uso del suelo del país,⁴ en el análisis espacial que se llevo a cabo para este estudio, fue necesario considerarlos como un conjunto. Según el historial del área de cultivo en el país (FAOSTAT, 2017), se observa que un 76% de la categoría de pastos/cultivos corresponde a pasto y un 24% a granos básicos.

Para la restauración en superficies de granos básicos en Honduras se consideró la variabilidad climática (Argeñal, 2010) y se decidió dividir el país en dos zonas (húmeda y seca). Esta división permite proporcionar enfoques distintos de restauración en el sector nacional de granos básicos para reflejar las diferencias significativas entre las condiciones agroecológicas entre ambas regiones (Gobierno de Honduras, 2013).

El uso del suelo actual “granos básicos 1” (Cuadro 1) abarca las áreas de cultivo de granos básicos en los departamentos de Atlántida, Colón, Cortés, Gracias a Dios, Olancho y Yoro, puesto que conforman la zona más húmeda del país. En el Mapa 3, estas regiones se ubican en la zona nororiental del país. En cambio, la categoría de uso actual “granos básicos 2” corresponde a los departamentos restantes (zona central y occidental del país) en donde se presentan condiciones más secas y suelos menos fértiles.

Esta división del país conllevó a analizar 11 acciones de restauración (Cuadro 1), cuyo usos actuales del suelo y criterios técnicos se detallan en el Anexo 1. Dentro de las áreas de oportunidad identificadas, 2 182 152 ha reúnen entre tres y seis criterios para los nueve usos del suelo identificados, mientras que el área total de oportunidad para la restauración abarca 6 414 257⁵ ha al considerar los usos del suelo y la oportunidad de por lo menos un criterio.

Cuadro 1 Áreas de oportunidad para las acciones de restauración consideradas

Acción de restauración	Uso del suelo actual	Área de oportunidad (ha) criterio 1-6	Área de oportunidad (ha) criterio 3-6
1. Sistema agroforestal de cacao	Café < 900 msnm	38 255	6386
2. Agrobosque de café	Café > 900 msnm	186 781	31 179
3. Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	Granos básicos 1	425 628	146 072
4. Sistema agroforestal Quesungual	Granos básicos 2	272 126	93 390
5. Plantación dendroenergética	Vegetación secundaria decidua	576 559	225 403
6. Plantación de maderables de alto valor	Vegetación secundaria húmeda	659 700	169 659
7. Sistema silvopastoril	Pasto natural	2 335 959	801 682
8. Restauración ecológica de manglar	Área húmeda continental 1	14 122	4488
9. Reforestación de manglar	Área húmeda continental 2	14 122	4488
10. Protección contra incendios forestales	Bosque de conífera denso	1 194 111	210 274
	Bosque de conífera ralo	696 893	411 327
11. Reforestación de pino	Bosque de conífera ralo con incidencia de gorgojo	77 805	77 805
Total		6 414 257	2 182 152

Fuente: Elaboración propia, datos propios y basado en UICN, (no publicado), Duarte et al. (2014a), Figueroa (2007), ICF (2016a).

4 Comunicación personal con Medina, S., Gerencia de Estadísticas Económicas del Instituto Nacional de Estadísticas de Honduras, el 24/04/2017. Hasta 2009, un marco muestral aplicado únicamente a los(as) productores(as) de granos básicos permitía determinar el peso, a nivel regional, de estos cultivos dentro del grupo pastos/cultivos.

5 Debido a que las 11 acciones de restauración analizadas no son aplicables en todos los usos del suelo encontrados en las áreas de oportunidad (mapa 1 y 2), se observa una reducción de 5% del área en relación con el área de oportunidad. Los usos del suelo ubicados en el área de oportunidad, que no se consideran dentro este estudio, son palma africana, agricultura tecnificada, árboles dispersos fuera de bosque, camaronerías/salinerías y arenal de playa.

3 Metodología (análisis costo-beneficio)

El análisis costo-beneficio (ACB) tiene como objetivo determinar la rentabilidad relativa de prácticas alternativas, comparando sus diferentes flujos de costos y beneficios, en un marco de tiempo específico (Figura 1). El ACB se utiliza a menudo para evaluar la rentabilidad de proyectos, acciones e inversiones alternativas, tanto en el sector público como en el privado (p. ej., restauración versus continuar con el uso actual) (Brent, 1996; Sain et al., 2017).

Un paso importante para establecer el ACB es especificar el punto de vista del análisis (Sain et al., 2017). En este estudio, el ACB estima la rentabilidad general de la adopción de las prácticas de restauración y se compara el resultado contra un escenario en el que se continúa con el uso actual de la tierra. Consideramos todos los costos y los beneficios para evaluar la rentabilidad, aunque dependiendo del financiamiento, un actor puede tener costos específicos (p. ej., una entidad gubernamental o un productor) o una parte de los beneficios generados (p. ej., un inversionista de impacto).

Con el fin de medir los impactos potenciales de la restauración, se estimaron los resultados financieros a 10 y 30 años de los usos actuales y de las acciones de restauración, de acuerdo con los diferentes sistemas de manejo⁶ considerados; luego estos resultados fueron evaluados y comparados (Figura 2). Dado que este análisis se enfoca en una hectárea como unidad, no se incorporan efectos de economía de escala que pudieran influenciar los costos.⁷

6 Se incluyen las prácticas agronómicas/forestales, la productividad de los cultivos y del hato ganadero; además, el crecimiento de las especies forestales.

7 Para mayor información sobre cómo se pueden interpretar los resultados de un análisis costo-beneficio de acción de restauración, véase Raes et al., 2017 (accesible desde: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2017-066.pdf>).

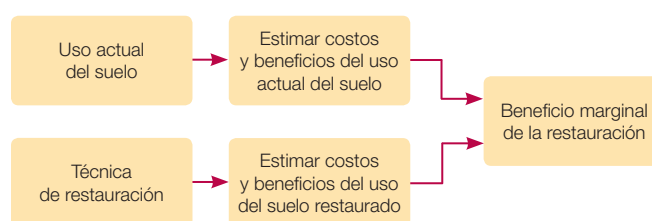


Figura 1 Beneficio marginal de la restauración.

Fuente: Elaboración propia a partir de UICN & WRI (2014).

Para completar el análisis de las técnicas se procedió a evaluar sus impactos sobre una serie de cobeneficios ambientales y sociales (UICN & WRI, 2014).

Los cobeneficios ambientales analizados son: (1) el balance de carbono, (2) la producción de leña y, (3) el control de la erosión y la exportación de sedimentos de las acciones de restauración (Figura 2).

Los cobeneficios sociales analizados son: (1) creación de empleo y, (2) impacto sobre los medios de vida. Basándose en la consolidación de todos los indicadores anteriormente mencionados, se analizan los resultados con un análisis multicriterio (Figura 2).

No se consideran las diferencias espaciales ni para estimar los costos ni los beneficios ni los cobeneficios de las técnicas de restauración. En cambio, se estima un efecto promedio a nivel del país, excepto en el caso del análisis del impacto de la restauración sobre la erosión y la consecuente exportación de sedimentos, el cual se llevó a cabo utilizando modelos espaciales.

No obstante lo anterior, los impactos ambientales espaciales generados por una determinada acción de restauración

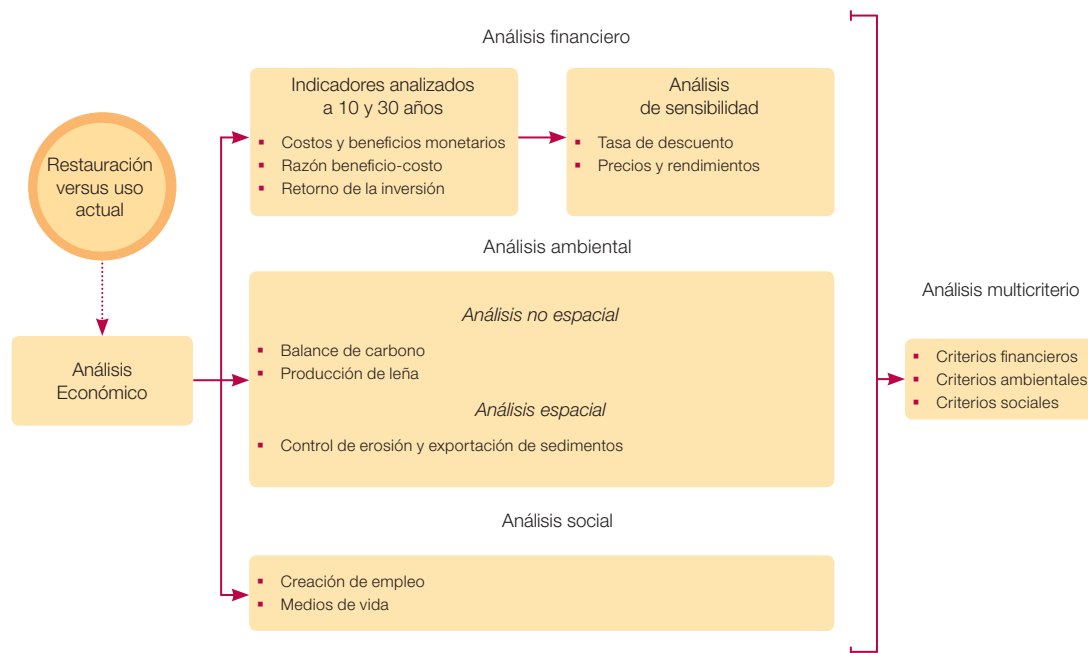


Figura 2 Componentes del análisis costo-beneficio realizado.

Fuente: Elaboración propia, basado en Raes et al., 2017.

se interpretan con un coeficiente de impacto promedio para efectos del análisis multicriterio.

n : número total de productos agrícolas y forestales considerados en cada acción de restauración y su respectivo uso actual del suelo.

3.1. Análisis financiero

3.1.1 Beneficios financieros de la restauración

Los beneficios brutos se refieren a los ingresos financieros generados, sin considerar los costos, a partir de las siguientes fuentes (UICN & WRI, 2014):

1. forestales maderables;
2. forestales no maderables como leña; y
3. agrícolas (granos básicos, frutas, leche, carne, entre otros).

El beneficio bruto es la suma de todos estos tipos de ingresos y se calcula con la siguiente ecuación (Raes et al., 2017):

$$BB_i(X) = \sum_i^n (Q_i * P_i) \text{ (ecuación 1)}$$

Donde:

$BB_i(X)$: beneficios brutos, por hectárea, de la restauración/uso actual del suelo X en HNL en el año t ;

Q_i : rendimiento del producto i en año t ;

P_i : precio del producto i ; y

i : productos agrícolas y forestales considerados en cada acción de restauración y su respectivo uso actual del suelo;

Rendimientos considerados

En una primera etapa se consultaron guías prácticas y expertos de las organizaciones nacionales que prestan asistencia técnica directa o indirectamente a nivel nacional, tales como la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) y el Instituto de Conservación Forestal (ICF).

Adicionalmente, entre los meses de abril y mayo de 2017 se entrevistó al personal de Catholic Relief Service (CRS), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Fundación Hondureña para la Investigación Agrícola (FHIA), así como las gremiales y otras organizaciones de interés,⁸ lo cual se adjuntó a la literatura gris consultada. Se complementó esta información con datos históricos sobre el rendimiento de cada cultivo durante los últimos 20 años (FAOSTAT, 2017).

En el Anexo 2 se detallan los supuestos relacionados con niveles de productividad establecidos para cada uno de los escenarios de restauración diseñados. El efecto (favorable) de los avances tecnológicos sobre los niveles de rendimiento a futuro no fueron considerados,⁹ pero tampoco se consideró el impacto (desfavorable) del cambio climático y las

8 Para más información, véase el Anexo 1 donde se describen los supuestos técnicos que se usaron para el análisis de cada restauración.

9 Para más detalles véase costo de oportunidad.

regiones.¹⁰ Para evitar el sesgo que puede generar este tipo de proyecciones (White et al., 2011), se prefirió estimar la productividad promedio con base en los niveles históricos de los últimos veinte años.

Precios utilizados

Se utilizaron los precios “en la puerta de la explotación agrícola” o sea “en finca” para aproximar el valor de los productos que reciben los productores.

Para estimar los ingresos futuros, se calcularon los precios de los cultivos agrícolas que forman parte de las acciones de restauración, a partir de los precios de mercado históricos compilados por la FHIA¹¹ en el periodo 1997-2016 (SIMPAAH, 2017). Este periodo se considera idóneo para abarcar la variabilidad histórica de los precios (Raes et al., 2017). En el caso del precio de la leche, donde la mayoría de la oferta se ubica en el mercado informal con una leche de menor calidad (Plateros, 2016), se opera una rebaja del precio proporcionado por la FHIA al considerar la diferencia de precios y el peso relativo del mercado formal e informal (Barahona, 2014).

En relación con el precio del café pagado al productor, se consideró la serie de precios 1999-2016 del IHCAFÉ (IH-CAFÉ, 2017). El precio pagado varía según su altitud y está asociado a la calidad de tasa (Castro et al., 2004), favorecida por la sombra (Cheng et al., 2016). Sin embargo, por el hecho de que previo a la restauración las áreas consideradas no cuentan con árboles de sombra, se restó 5% del precio pagado a nivel nacional, por producir un café de calidad más baja (calidad Central Standard).¹²

En el caso del cacao se utilizó el precio histórico de exportación en grano seco (SIECA, 2017) al cual se le aplicó un descuento de 40% por la intermediación a lo largo de la cadena.

Es importante resaltar que no se tomaron en cuenta los premios pagados al cacao destinado al mercado fino o regular debido a que, por lo general, este margen lo ganan los grupos que hacen la fermentación y comercialización y no, necesariamente, los(as) agricultores(as) (Dubón & Sánchez, 2016).

10 El efecto del cambio climático es muy variable según la elevación del área y el nivel actual de degradación de los ecosistemas. Por ejemplo, si se encuentra en la parte occidental (Tech ARD, 2014), sur (Tech ARD, 2013) u oriental (SERNA, SAG, SEDUCA, 2010), podrían ser afectados tanto por sequía, en los dos primeros casos, como por exceso de agua en el último.

11 La FHIA monitorea el precio del mercado, por lo tanto, se necesita restar el costo de la intermediación, valorado en un 40% en relación con los precios del mercado a nivel nacional, según comunicación personal con Cuéllar E., Jefa del SIMPAH el 20/04/2017. En el caso específico del café se usó 35%, por contar con un análisis de la cadena de valor a nivel nacional (Jímenez & Villanueva, 2005).

12 Según Castro et al. (2004), se trata de la calidad más baja de café producido en Honduras.

Para los ingresos de los maderables se consideró el precio de las distintas especies de alto valor comercial en m³ en pie y no por el precio de la madera puesto en patio de aserrados. Se actualizaron los precios registrados por el ICF para las maderas de pino, otras especies de alto valor y leña (ICF, 2017a; ICF, 2017b).

Por último, se actualizaron todos los precios al valor de 2016 tomando en cuenta el promedio de la inflación al consumidor reportada para el periodo 1996-2016 (BCH, 2017a).

3.1.2 Costos de la restauración

De acuerdo con Raes et al. (2017), y según UICN & WRI (2014); y Wunder et al. (2008) se pueden distinguir tres categorías de costos: (1) costos de implementación de las acciones de restauración que incluyen material de siembra,¹³ insumos¹⁴ y mano de obra;¹⁵ infraestructura y asistencia técnica, (2) costos de manejo y producción; y, (3) costos de oportunidad que corresponde a los ingresos que se percibirían al mantener el uso actual. A continuación se presenta, para cada tipo de costos, la metodología e información de referencia utilizada.

Costos de implementación dentro de la finca, y costos de producción y mantenimiento

(i) Mano de obra

Para efectos de este estudio se usó el promedio de salario mínimo por jornal establecido en la regulación nacional vigente en 195,6 HNL que equivale a un sueldo mensual de 5869 HNL (Secretaría de Trabajo y Seguridad Social, 2017). Se considera que un tiempo completo equivale a 22 días trabajados por mes, que corresponde a 283 jornales por año (Asamblea Legislativa de Honduras, 2003).

A partir de la Encuesta Nacional de Hogares de Propósitos Múltiples que realiza el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), se determinó que la mano de obra familiar representa el 67% de la mano de obra total (INE, 2016) e incluye, en el caso del sector primario, (1) las personas ocupadas que no declaran ningún ingreso (29%), (2) el trabajo familiar no remunerado (28%) y, (3) el trabajo por cuenta propia¹⁶ (37%); según las categorías identificadas por el INE. El 33% restante corresponde a la mano de obra asalariada, es decir la contratada, donde los individuos que usan la tierra pagan

13 Plantas, semillas de pasto mejorado, material para cercado.

14 Incluye semillas, fertilizantes, agroquímicos, equipos y herramientas.

15 Medida en jornales según regulación vigente del salario mínimo en el sector agrícola (Secretaría de Trabajo y Seguridad Social, 2017).

16 Un trabajador por cuenta propia se paga a sí mismo cuando los ingresos que genera su actividad lo permite, mientras que en los dos primeros casos el trabajo no tendría ninguna remuneración, ya sea por el tipo de ocupación o por razones de solidaridad familiar.

efectivamente. Por este motivo, se propone procurar un enfoque más cercano a la rentabilidad real que perciben los(as) propietarios(as) o arrendatarios(as) de tierras agrícolas, al considerar el costo de mano de obra asalariada únicamente. Este enfoque se ajustó para ciertas obras de manejo forestal que son competencia del Estado (protección contra incendios, actividades de monitoreo y certificación de árboles) y para las actividades que se desarrollan en tierras públicas o bajo un régimen específico como las Áreas Nacionales Protegidas (ANP) y las microcuencas declaradas en donde se pagaría el 100% de la mano de obra requerida. Se recopilaron estos parámetros del análisis en el Anexo 3 basados en los costos de planes de manejo del ICF (ICF, 2016b; ICF, 2011).

(ii) Insumos

Para definir los tipos y cantidades de insumos asociados a cada cultivo, se tomó como base las orientaciones y estructuras de costos de la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria de la SAG, el ICF, la FHIA y las organizaciones gremiales. Los precios fueron actualizados al 2016 para los granos básicos (SAG 2016), la carne y leche (Sánchez, 2014; CATIE, 2016), el café (Matute y Pineda 2011) el banano y el plátano (Lardizabal, 2007; FHIA, 2004), el cacao (Dubón & Sánchez, 2016) y la madera (ICF, 2011). En cuanto a los costos asociados a la implementación de los planes de protección y monitoreo del manglar (con la restauración), se tomó como referencia la información definida en el plan de manejo del subsistema de áreas protegidas de la zona sur (Duarte et al., 2014a; ICF, 2016b).

Respecto a la prevención de incendios se incluyeron los costos de equipos (rehabilitación de torres para vigilancia, telecomunicación, material para quema) necesarios para implementar prácticas, tales como el mantenimiento de franjas de protección y las quemaduras prescritas (ICF, 2011).

(iii) Costos fijos

Fueron estimados como el equivalente a los intereses (4%)¹⁷ del costo de insumos requeridos antes de la cosecha.¹⁸ Los gastos de imprevistos se calcularon sobre la base del costo del equipo e insumos, estimándolos en un 5%, mientras que a los costos de mano de obra se les aplicó una tasa de 3%, por concepto de administración.

Otro aspecto considerado dentro de este estudio son los costos de asistencia técnica por regencia forestal y gastos relacionados con la certificación y aprovechamiento de

la madera. Dichos gastos varían según si la restauración toma lugar en áreas forestales o no forestales. Según Rodas (2012), en el país estos costos corresponden a las asesorías legales (1,03 HNL/m³) y a los gastos de regencia forestal para el diseño de planes operativos anuales (2,2 HNL/m³) y la formulación de los planes de manejo. Estos costos varían en función de los volúmenes aprovechados a lo largo del plan de manejo (sea madera o leña). Además, para las plantaciones que son certificadas por el ICF (área de bosque de pino bajo manejo, área reforestada con plantaciones maderables de alto valor comercial), se incorporó el costo de las visitas semanales de seguimiento a la plantación que puede variar entre 0,37 y 0,71 HNL/m³.

Para los árboles certificados dentro de los sistemas agroforestales se estimaron los costos basados en la experiencia actual de alianza entre ICF y la organización gremial IHCAFÉ que provee el servicio de certificación inicial, el trámite jurídico y la asesoría técnica por un monto simbólico de 500 HNL que se cobra al momento del ingreso del participante en el programa.¹⁹

Este costo se consideró solo para el agrobosque de café, para las demás implementaciones de sistemas agroforestales, que no poseen este tipo de alianza, se asume que el ICF certifique de manera gratuita el sistema. Además, se incorporaron los costos de regencia forestal necesarios y los gastos de transporte de los técnicos del ICF para la marcación de raleo (Rodas, 2012).

Costos de implementación fuera de la finca

(i) Asistencia técnica

Para garantizar la adopción y permanencia de las técnicas de restauración se contemplaron los costos asociados a la validación –incluyendo asistencia técnica individual– e incentivos en especie para la réplica de parcelas de ensayo para los(as) productores(as). Este gasto se mantiene de dos a seis años para garantizar un acompañamiento al productor durante la fase de aprendizaje y hasta que los cultivos alcancen su madurez fisiológica. En el Anexo 4 se describen los supuestos utilizados con más detalle.

Los costos de asistencia técnica para la conformación y seguimiento de los grupos de productores(as) y/o de modelos de negocios (requisito para obtener financiamiento y ejecutar acciones de restauración) no fueron incluidos en este análisis porque dependen de las características de los usuarios y de la tierra para llevar a cabo la restauración.²⁰

17 La tasa de interés activa sobre préstamos para avíos agrícolas es de 20%, pero se estableció en 4%, lo que refleja que solo una quinta parte de las familias productoras logran acceder al crédito (SAG, 2017).

18 Se requiere capital de trabajo porque el productor no siempre puede pagar antes de la cosecha, por lo tanto recurre al crédito, lo cual contempla una carga de intereses dentro del flujo de caja.

19 Comunicación personal con Jiménez G., responsable de la NAMA Café en IHCAFÉ, el 27/07/2017.

20 Estos costos por ser muy variables y calculados con base en el importe

(ii) Costo de inversión en infraestructura

Para cada acción de restauración se evaluó la necesidad de equipos para almacenamiento de la cosecha y, cuando procedía,²¹ para el procesamiento grupal o individual proporcional a la cantidad acopiada. Para los sistemas agroforestales de cacao se incluyó la inversión de una secadora alimentada por leña, una fermentadora, una secadora solar y una bodega (Mejía & Canahuati, 2013) para el procesamiento de cacao húmedo a seco.

Costo de oportunidad

Pirard (2008) define el costo de oportunidad como la pérdida económica relacionada con la renuncia a una posibilidad de hacer una inversión, un uso de un recurso o una actividad en lugar de otra. En este estudio, continuar con el uso actual y sus prácticas es el escenario alternativo a la restauración. Por ello, los ingresos esperados del uso actual equivalen al costo de oportunidad.

3.1.3 Periodo de análisis

Para todas las acciones de restauración el periodo de análisis es de 30 años, plazo que se ajusta al conjunto de los ciclos agrícolas y forestales (Corderos & Boshier, 2003), el cual también ha sido establecido por el ICF.²² Es importante notar que ciertos cultivos como el cacao o el aguacate pueden mantener su productividad más allá de este plazo.

Con el fin de generar indicadores financieros que tienen un horizonte temporal más corto,²³ y que se adecúan a los requeridos por proveedores de fondos (donantes, fundaciones), todas las acciones de restauración también fueron evaluadas a 10 años.

3.1.4 Tasa de descuento

La inclusión de valores futuros y presentes plantea preguntas sobre cómo agregarlos de forma adecuada a lo largo del tiempo (Richards et al., 1998).

Los economistas suelen argumentar que los valores futuros deberían descontarse. ACB emplea técnicas de descuento para reconocer explícitamente el costo de oportunidad asociado con el tiempo de reembolsos y los flujos de gasto (Gueerry et al., 2015). No obstante, cabe recordar la conveniencia del descuento en casos que afectan el capital natural con influencias potencialmente profundas en generaciones futuras, es controvertida y conlleva consideraciones tanto éticas como económicas (Richards et al., 1998).

La actualización de los ingresos futuros se lleva a cabo por dos motivos: (1) la preferencia de los individuos en consumir bienes y servicios ahora y no diferir dicho uso por efecto de la incertidumbre inherente al futuro (James & Predo, 2015); y (2) la inversión en un determinado uso del suelo (sea la restauración o uso actual) que podría haberse hecho en otro sector de la economía, lo cual hubiera también brindado sus beneficios respectivos (Cubbage et al., 2011).

La tasa de descuento que se utilizó para calcular el valor actual neto (VAN) a 10 y 30 años de los flujos de caja futuros fue de 10%, o sea, el promedio de las tasas establecidas para dos tipos de inversores relevantes para la restauración (Raes et al., 2017).

El primer tipo de inversionistas está compuesto por actores que dan más valor a los beneficios futuros por su interés en el desarrollo a largo plazo (fondos multilaterales,²⁴ gobierno central), en donde la tasa de descuento es baja. Se establece en un 5% con base en la tasa de rendimiento mínimo exigida por el Fondo Verde del Clima (GCF, 2014).

El segundo tipo de inversionistas está conformado por agentes del sector financiero privado y corresponde al rendimiento, generalmente, esperado de un proyecto con un nivel de riesgo promedio. Por consiguiente, se considera una tasa de descuento alta que fue determinada con base en la tasa de interés activa en 2016 (15,04% anual), en moneda local, de los préstamos concedidos por los bancos comerciales del país (BCH, 2017b).

Como efecto acumulativo de la aplicación de una tasa de descuento tan alta, se daría mayor valor a los beneficios presentes que a los futuros.

financiado, y no el costo total de la implementación, se identificarán por acción de restauración como parte del análisis de mecanismo de financiación para el programa de restauración de Honduras (UICN, no publicado).

21 En particular para aquellas técnicas que impliquen un cambio de cultivo (pimiento negro, cacao).

22 Comunicación personal con Rueda O., coordinador nacional del programa de reforestación del ICF, 04/05/2017

23 El horizonte temporal de planificación de las inversiones agrícolas puede variar según la edad y el tiempo que desean seguir trabajando los(as) productores(as), la presencia de una sucesión, pero también si el valor total de los activos de la finca es elevado (Lefebvre et al., 2014).

24 Fondo Internacional de desarrollo agrícola, Fondo para el Medio Ambiente Mundial

3.1.5 Indicadores del análisis costo-beneficio financiero

Para expresar los resultados del análisis financiero de las acciones de restauración se generaron los indicadores que se listan a continuación. Para mayores detalles sobre las fórmulas usadas para calcular cada indicador, véase Raes et al. (2017).

Beneficios netos (valor actual neto)

El VAN permite comparar los beneficios y los costos en su valor actual. La actualización de los beneficios y los costos consiste en aplicar una tasa de descuento a los beneficios y a los costos esperados en el futuro (en este caso a 10 y a 30 años).

El VAN se obtiene de acuerdo con la siguiente fórmula: (Misra y Rai, 2014).

$$VAN(X) = \sum_{t=0}^T ((BB_t(X) - CT_t(X)) * (\frac{1}{1-r})^t) \text{ (ecuación 2)}$$

Donde:

$VAN(X)$: valor actual de los beneficios netos, por hectárea, de la restauración/uso actual X en HNL;

$BB(X)$: beneficios brutos, por hectárea, de la restauración/uso actual de X en HNL en el año t ;

$CT(X)$: costos, por hectárea, de la restauración/uso actual de X en HNL en el año t ;

T : horizonte temporal;

t : año; y

r : factor de descuento.

Beneficios marginales (adicionales)

Los beneficios marginales se refieren a los ingresos adicionales²⁵ obtenidos de la restauración en relación con continuar con su respectivo uso actual; y corresponde a la diferencia entre el VAN de una determinada opción de restauración y el VAN del uso actual (James & Predo, 2015).

Razón beneficio-costo

El indicador razón beneficio-costo (RBC) mide la relación entre el nivel de rentabilidad de la restauración con los ingresos que se dejan de percibir (uso actual) y los costos de la restauración (James & Predo, 2015).

²⁵ Los beneficios marginales pueden ser negativos, por ejemplo cuando el uso actual genera ingresos mayores a la restauración.

Retorno a la inversión

El rendimiento de la inversión (ROI, por sus siglas en inglés) expresa la relación entre el beneficio esperado y los costos de implementación de la restauración.

Análisis de sensibilidad

Para evaluar la sensibilidad de los resultados financieros a la variación de algunos parámetros clave (tasa de descuento, rendimientos y precios), se establecieron cuatro escenarios distintos:

(i) Sensibilidad a la tasa de descuento

Para analizar la sensibilidad de los resultados a la tasa de descuento, se consideró una tasa de descuento de 5% para el primer escenario y de 15% para el segundo.²⁶

(ii) Sensibilidad a variaciones en los precios y los rendimientos

Se evaluó la influencia del incremento y de la disminución de precios y rendimientos en el desempeño financiero de las acciones de restauración. Para ello, se diseñaron dos escenarios adicionales basados en los cambios históricos y regionales de estos dos parámetros.

Debido a la falta de datos históricos para los precios de la madera, se aplicó una variación de 10% a los precios obtenidos para la madera de alto valor comercial, siguiendo a Raes et al. (2017), y basado en Knoke et al. (2009) y Knoke & Wurm (2006). Para los cultivos y especies maderables²⁷ para los cuales se contaba con, por lo menos, dos observaciones extremas y una moda, se calcularon los intervalos de confianza de 95% mediante la distribución triangular (Stein & Kebelis, 2009).

Para aquellos cultivos con suficientes observaciones se usaron las fórmulas para calcular los intervalos de confianza descritas en Raes et al. (2017).

Luego de haber calculado los límites inferiores y superiores de los rendimientos y precios, se determinó el efecto de la variabilidad de precios y rendimientos sobre el VAN de los beneficios netos de la restauración y del uso actual al ingresar los valores de precios y el rendimiento del límite inferior y del límite superior en las hojas de cálculo.²⁸

²⁶ Para mayor información sobre la determinación de la tasa de descuento véase el apartado 3.1.4.

²⁷ Precios de leña, productividad de maderables (caoba del atlántico, caoba del pacífico, laurel blanco, laurel negro, cedro real, teca, khaya, gravileo, madrecaao, aceituno, carao, san juan, sipa, melina, leucaena) y la productividad de la pesca artesanal en manglar (curiles, punches) y de cacao.

²⁸ Según James & Predo (2015), el modelo de hoja de cálculo en Microsoft Excel es un marco idóneo para reunir e interpretar los resultados de un análisis costo-beneficio.

Además de los beneficios financieros se procedió a valorar el impacto de la restauración sobre los siguientes cobeneficios:

1. balance de los gases de efecto de invernadero (GEI) (en CO₂e);²⁹
2. producción de leña para satisfacer las necesidades energéticas a nivel nacional;
3. reducción de erosión y exportación de sedimentos;
4. creación de empleo;
5. impacto sobre medios de vida.

3.2 Análisis de cobeneficios ambientales (modelos no espaciales)

Como ya se mencionó, la diferenciación espacial para el análisis de los beneficios solo se hizo para dos de los cobeneficios ambientales: control de la erosión y exportación de sedimentos. Los cobeneficios para los cuales no se utilizaron modelos espaciales para estimar el impacto son: (1) balance de carbono y, (2) producción de leña.

3.2.1 Balance de gases de efecto invernadero

Para determinar el balance de los GEI asociados a las acciones de restauración se utilizó la herramienta *Ex Ante Carbon*

Balance Tool (EX-ACT, la herramienta de balance de carbono *Ex Ante*) desarrollada por la FAO y el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD, por su siglas en francés).³⁰

Esta herramienta ha sido desarrollada para facilitar la medición *ex ante* del desempeño de políticas y proyectos de inversión en agricultura y silvicultura en cuanto a la mitigación del cambio climático (FAO, 2014).

Para la recolección de parámetros necesarios se privilegiaron los datos extraídos de las comunicaciones nacionales sobre cambio climático y los resultados de las evaluaciones forestales de 2006 y 2016;³¹ y cuando se requirió se utilizaron factores de emisión y coeficientes compilados en la base de datos de EX-ACT (Tubiello et al., 2015).

Se definieron dos escenarios para comparar los respectivos balances de GEI, y así, calcular el aporte neto de mitigación del cambio climático de las acciones de restauración.

Escenario A (sin restauración): continuación de las prácticas de manejo que caracterizan el uso del suelo actual.

Escenario B (con restauración): implementación de las actividades de cada acción de restauración.

En el Anexo 5 se presentan los principales supuestos que se utilizaron para determinar los balances de GEI en ambos escenarios.

Cuadro 2 Fuente y sumideros analizados dentro del perímetro de estudio del balance de GEI

Fuente/sumidero	Tipo de GEI	Uso del suelo actual	Acción de restauración
Aforestación y reforestación	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Vegetación secundaria decidua y húmeda, bosque de pino ralo	Reforestación de bosque de pino, plantación de maderables de alto valor, plantación dendroenergética.
Quema de residuos agrícola de cosecha	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Granos básicos, pasto natural, bosque de pino denso y ralo	
Insumos (aplicación y producción)	CO ₂ y N ₂ O	Todos (con la excepción de protección contra incendios forestales y manglar)	Todos (con la excepción de protección contra incendios forestales y técnicas de restauración de manglar)
Ganadería (fermentación entérica, aplicación de estiércol)	CH ₄ y N ₂ O	Pasto natural	Sistema silvopastoril
Cultivos anuales	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Granos básicos	Sistemas agroforestales de granos básicos, sistema silvopastoril
Sistemas agroforestales	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Café, pasto natural, granos básicos	Agrobosque de café, sistema agroforestal de cacao, sistemas agroforestales de granos básicos, sistema silvopastoril
Rehumidificación de manglar	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Manglar degradado, área húmeda continental	Restauración ecológica de manglar, reforestación de manglar

Fuente: Elaboración propia.

²⁹ Las TCO₂e o toneladas CO₂ equivalente abarcan los principales GEI antropicos al considerar el 'poder de calentamiento global' de cada tipo de gas (nitrógeno, dióxido de carbón, metano, entre otros) para convertirlos en CO₂, unidad de referencia para medir los gases de efecto invernadero.

³⁰ Se puede descargar la herramienta en: <http://www.fao.org/tc/exact/pagina-principal-de-ex-act/es/>. La versión 7 de la herramienta publicada en 2016 se descargó en abril 2017.

³¹ Las comunicaciones nacionales sobre cambio climático son documentos elaborados por gobiernos nacionales en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, donde se procede a un inventario de gases de efecto invernadero a nivel nacional, usando directrices y métodos estandarizados a nivel internacional. Para mayor información véase: http://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_parties/ica/application/pdf/fin_and_techn_support_gef.pdf

En el Cuadro 2 se presenta el alcance del estudio sobre el balance de GEI, según sus fuentes, asociado a cada acción de restauración. Con base en estos resultados, se creó una curva de beneficio marginal de reducción de CO₂e. Esta gráfica ofrece una interpretación visual del desempeño de cada acción de restauración según: (1) su potencial de reducción o incremento de los GEI (ancho de la barra) y, (2) el beneficio neto a 30 años (Bockel et al., 2012).

3.2.2 Producción de leña

Para este indicador se tomó en cuenta la cantidad de leña producida por las acciones de restauración cuantificada en m³/año. En Honduras los hogares utilizan leña para cocinar dependiendo de si se encuentran en zona urbana o rural, con el 22 y el 81%, respectivamente (Drigo et al., 2015).

Al considerar que un 50% de la demanda energética nacional la suple la madera combustible (INE et al., 2013), se valora que la mayor disponibilidad de leña es un beneficio ambiental. La producción de leña generada por la restauración³² se determinó con base en los parámetros como especies y densidad de siembra de árboles, así como su manejo (ciclo de aprovechamiento, volumen de madera en pie).

Además de estos indicadores no espaciales (es decir, sin variabilidad a nivel territorial en este análisis), se consideraron una serie de indicadores ambientales espaciales.

3.3 Control de la erosión y exportación de sedimentos (modelos espaciales)

Al igual que para el balance de carbono se midieron los cambios en la erosión del suelo y la exportación de sedimentos y, antes y después de la implementación de las acciones de restauración (Figura 3). Para medir estos cambios se utilizó la herramienta InVEST,³³ diseñada para determinar diversos servicios ecosistémicos (Sharp et al., 2016). Para medir los impactos sobre el control de la erosión y la exportación de sedimentos producto de la erosión, se utilizó el modelo InVEST *Sediment Delivery Ratio* (SDR). Sharp et al. (2016) dan más detalle acerca del modelo y Raes et al. (2017) dan un

ejemplo de cómo se puede aplicar el modelo en un análisis de RPF en Centroamérica.

El modelo SDR se usó para evaluar el impacto de todas las técnicas de restauración salvo la de manglares. Se tomó esta decisión porque los servicios ecosistémicos costeros se evalúan con otros modelos de InVEST³⁴ que no se aplicaron dentro este estudio por ser específicos para ecosistemas costeros. Además, los manglares están generalmente ubicados en zonas de baja pendiente por lo que el impacto de estas técnicas en la reducción de la erosión no se vería plenamente reflejado con el modelo SDR donde la topografía es una variable determinante (Sharp et al., 2016).

Para todos los usos actuales del suelo y las técnicas de restauración se recopilamos los valores: (1) del factor C que expresa el efecto de las prácticas de manejo del cultivo sobre la erosión y, (2) del factor P que refleja el impacto de las prácticas de conservación del suelo (siembra en contorno, el terraceo, la labranza, cultivos en fajas (Renard et al., 1997). En el Anexo 6 se recopilamos los valores y todas las fuentes bibliográficas.

Para el buen uso de la herramienta InVEST según las características biofísicas de Honduras, se procedió a la recolección de información geográfica como los mapas de uso del suelo y elevación digital (ICF, 2017c), área de oportunidad (Mapa 1),³⁵ el mapa de subcuencas (Duarte et al., 2014a) y el mapa del factor R de erosividad de las lluvias (Johnson, no publicado). Se elaboró el mapa del factor K al estimar de manera indirecta todas las variables requeridas (véase Anexo 6.1).

Como se mencionó anteriormente, en el mapa de uso del suelo de Honduras (Duarte et al., 2014b), las áreas de pasto natural y granos básicos se identifican como un único uso del suelo “pasto y cultivo”, por lo cual se corrió InVEST para este conjunto de usos del suelo. Se ponderaron todos los parámetros biofísicos específicos para cada uso del suelo actual o restaurado al asumir que 24% del área identificada como pastos/cultivos en el mapa corresponde a granos básicos, lo demás sigue siendo pasto natural (FAOSTAT, 2017). Por consiguiente, el resultado espacial de la exportación de sedimentos y erosión proporciona una estimación del impacto potencial general de la implementación de sistemas agroforestales en áreas de pastos/cultivos.³⁶

Además, para reflejar posibles diferencias de impacto de la restauración de cafetales ubicados en distintos pisos altitudinales, se dividió la categoría de uso del suelo de café

32 Cuando el uso actual ya ofrecía cierta capacidad de producción de leña (el caso de los bosques de pino), se restó dicho aporte, a la cantidad de leña producida con la restauración, para obtener el incremento de leña disponible por hectárea.

33 La herramienta InVEST es un *software* con una serie de modelos que permiten medir la provisión de una serie de servicios ecosistémicos. También determina los servicios ecosistémicos acorde con los datos geo-espaciales y biofísicos al basarse y generar mapas donde se visualiza la provisión de un determinado servicio ecosistémico, a partir del cambio en las estructuras de los ecosistemas. Fue desarrollada por el *Natural Capital Project* (<http://www.naturalcapitalproject.org>).

34 Véase por ejemplo los modelos de vulnerabilidad costera y carbono azul en Sharp et al. (2016).

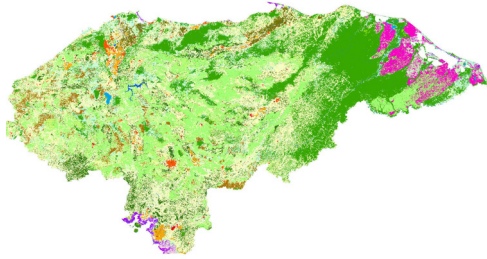
35 Para abarcar mayor área se usó el Mapa 1 que incluye las áreas de oportunidad que reúne, por lo menos, un criterio.

36 Es decir, sistema silvopastoril combinado con sistema agroforestal Quesungual en pastos/cultivos 2 y sistema silvopastoril combinado con sistema de cultivos de granos básicos en callejones en pastos/cultivos 1).

> 900 msnm en dos subcategorías, de 900-1300 msnm y por encima de 1300 msnm.

A continuación, se presentan los principales mapas usados (Mapas 4.1 a 4.5) mientras que los datos biofísicos extraídos de la literatura científica, para cada uso de los suelos, se encuentran en el Anexo 6 (Cuadros A3 y A4).

Para comparar los resultados de la continuación de las prácticas del uso actual y de la restauración, se crearon mapas de impacto potencial sobre la erosión y la exportación de sedimentos para cada una de las acciones de restauración (Figura 3).



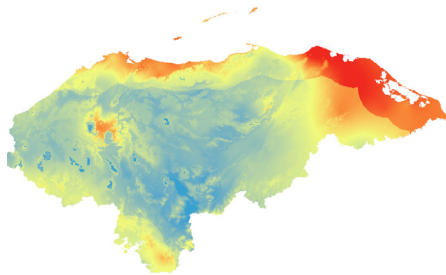
Mapa 4.1 Uso del suelo.

Fuente: Geoportal, ICF, 2016.



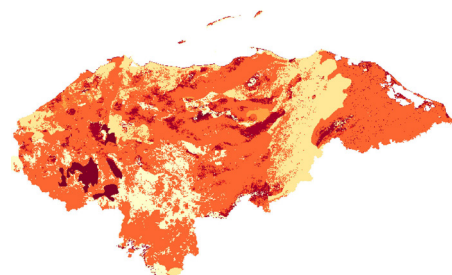
Mapa 4.2 Subcuencas.

Fuente: Duarte et al. (2014a).



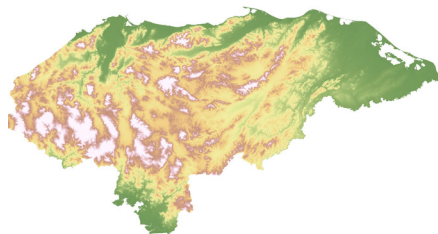
Mapa 4.3 Factor R (erosividad de la lluvia).

Fuente: Johnson J. de Natural Capital Project. sin publicar.



Mapa 4.4 Factor K (erodibilidad del suelo).

Fuente: Elaborado con base en (Arévalo et al., 2014; Mora & Rodríguez, 2014; Simmons, 1969).



Mapa 4.5 Mapa de elevación digital (DEM)

Fuente: Geoportal, ICF, 2016.



Figura 3 Proceso de creación del mapa de impacto potencial sobre la provisión de servicios ecosistémicos.

3.4 Análisis del impacto social de las técnicas de restauración

3.4.1 Creación de empleo

Se estima que la tasa de desempleo de la población económicamente activa, a nivel nacional en 2015, era de 7,4%. Para 2016 se estimaba que 28% de la población ocupada se desempeñaba en el sector agrícola, forestal y acuícola; este último es el segundo más importante luego del sector servicios (BCH, 2017c). Por esta razón, el mantenimiento o la creación de empleo mediante la implementación de la RPF es considerada como un cobeneficio muy relevante desde una perspectiva social. Para medir dicho impacto se comparó el empleo promedio (jornales por ha/año) utilizado en el mantenimiento del uso actual a lo largo de 30 años, con el nivel de empleo generado para implementar y mantener el área restaurada.³⁷

Para expresar el resultado neto de la restauración de una forma más entendible, se expresó la cantidad de puestos de trabajo equivalente a tiempo completo lo que se lograría con la restauración.³⁸

3.4.2 Impacto sobre medios de vida

Se propone analizar el impacto de las medidas de RPF sobre los medios de vida³⁹ a partir de tres subindicadores: (1) el aumento de los ingresos brutos; (2) la diversificación de las fuentes de ingreso; (3) el desempeño financiero de la restauración cuando se incluye como costo el pago de 100% de la mano de obra familiar con el sueldo mínimo (Raes et al., 2017).

Se usa el beneficio bruto marginal con el propósito de reflejar el incremento productivo entre las distintas acciones de restauración para comparar la producción de los diversos cultivos y la madera (Raes et al., 2017). Esto permite analizar los productos generados por cadenas productivas muy diversas. El índice de diversificación en cambio permite evidenciar si los ingresos provenientes de una acción de restauración dependen de las mismas fuentes de ingresos que

el uso actual (cultivos, productos forestales) o si proporciona oportunidades para generar beneficios de otras fuentes. Esto se determina al valorar el porcentaje de los ingresos de las opciones con el uso actual y con la restauración, a 30 años, en relación con el ingreso total (Raes et al., 2017).

El índice de diversificación corresponde a los ingresos generados por los cultivos y productos forestales que no se generan si se continúa con el uso actual del suelo.

Para complementar, se analizó el VAN marginal de restauración a 30 años, pero asumiendo que se remunera el 100% de la mano de obra. Mientras que en el análisis financiero se toma el supuesto de que solo se remunera el trabajo agrícola asalariado, lo cual equivale a 33% en la rama agrícola (INE 2016).

En otros términos, este subindicador permite determinar cuan rentable sería implementar la restauración comparado con la situación en la cual se seguiría con el uso actual considerando el pago del salario mínimo por toda la mano de obra proporcionada, inclusive del trabajo familiar.

El impacto de la restauración en los medios de vida consiste en la suma de los tres subindicadores normalizados. Para poder conformar un solo índice con base en tres subindicadores que tienen unidades distintas, es necesario normalizar los resultados de cada subindicador para sumarlos.

3.5 Análisis multicriterio

El análisis multicriterio (AMC) es un marco que permite que las técnicas monetarias se integren con valores ecológicos y compartidos no monetarios (Kenter et al., 2014; Favretto et al., 2016).

El AMC es una herramienta eficaz para la toma de decisiones y para la evaluación conjunta de costos y beneficios monetarios y no monetarios de las diferentes opciones de gestión (Fish et al., 2011). Permite clasificar las opciones alternativas al cuantificar, puntuar y ponderar una gama de criterios cuantitativos y cualitativos (Fontana et al., 2013). Todos los criterios (indicadores) utilizados en este análisis están normalizados en una escala con un máximo de 1. Luego, se suman los resultados normalizados de las técnicas de restauración para todos los indicadores y, así, compararlas mediante el análisis multicriterio.

Al no disponer de resultados espaciales para la restauración de manglar, se decidió proceder a dos análisis multicriterio: un primer análisis en el cual no se consideran los indicadores espaciales para comparar las acciones de restauración de manglar con las demás; y un segundo análisis que comprende los indicadores espaciales, pero excluyendo aquellos asociados al análisis de la categoría manglares.

37 Las necesidades de mano de obra se basaron en el tipo de manejo del área restaurada y de su respectivo uso actual (Anexo 1) y necesidades de mano de obra para el manejo forestal (Anexo 3).

38 Un tiempo completo equivale a cinco días y medio trabajados durante 52 semanas por año (Secretaría de Trabajo y Seguridad Social 2009). El indicador consiste en sumar la creación marginal de empleo de la implementación (año 1) y el mantenimiento, este último con un peso de 29, ya que se repite del año segundo hasta el año 30.

39 Los medios de vida se definen como las capacidades, los activos (materiales e inmateriales) y las actividades que requiere un hogar para sufragar sus necesidades. Un medio de vida es sostenible cuando puede a la vez resistir y recuperar choques y mejorar o mantener sus capacidades y activos, sin comprometer los recursos naturales (Chambers & Gordon, 1991).

Los diferentes criterios tomados en cuenta en el análisis multicriterio son:

Criterios financieros a 10 y a 30 años:

1. VAN marginal, RBC y ROI con $r = 10\%$
2. VAN marginal con $r = 15\%$
3. VAN marginal con $r = 5\%$
4. VAN marginal con escenario 'pesimista'
5. VAN marginal con escenario 'optimista'

Criterios ambientales no espaciales:

1. Balance de carbono

2. Impacto sobre producción de leña

Criterios ambientales espaciales, servicios ecosistémicos espaciales:

1. Impacto sobre la erosión
2. Cambio en la exportación de sedimentos

Criterios sociales:

1. Creación de empleo
2. Impacto sobre medios de vida

4 Resultados del análisis económico de las acciones de restauración

En primera instancia se presentan los resultados de los análisis de los indicadores financieros; y en segunda instancia, los cobeneficios ambientales; para concluir con el análisis de los cobeneficios sociales.

4.1 Costos totales, beneficios brutos y netos

Se estimaron los costos y beneficios a 30 años de cada acción de restauración con base en el desempeño del área restaurada, sus parámetros técnicos y las características del uso actual del suelo (Anexos 1 y 2). Los modelos de costeo se ilustran con el uso actual del suelo “cultivo de granos básicos en la zona húmeda” (Figura 4); asimismo, con la acción de restauración “sistema de cultivos de granos básicos en callejones de granos básicos”⁴⁰ (Figura 5).

En la Figura 4, se aprecia que en el uso actual la producción de maíz representa el 66% de los ingresos, mientras que la producción de frijol genera el 34%. Dado que el frijol es cultivado en el 25% del área nacional de granos básicos (Anexo 1), esta distribución de ingresos indica que el cultivo de frijol es más rentable que la producción de maíz. El ingreso medio anual es estable (Figura 4a) debido a que se asume que los rendimientos se mantienen iguales al promedio de los últimos 20 años. La Figura 4b muestra el impacto de la aplicación de la tasa de descuento.

En la Figura 5, –modelo de flujo de caja de la acción de restauración–, se pueden observar, a partir del año cuatro, los

aumentos de los ingresos generados por la pimienta negra y por la venta de leña a partir del año tres. Al año 30, se registra un ingreso proveniente de la venta de madera en pie.

En el Anexo 7 se detallan las gráficas de estimación de los costos e ingresos para todas las acciones de restauración y sus respectivos usos actuales con y sin la tasa de descuento ($r = 10\%$).

Del análisis financiero es importante destacar seis resultados que a continuación se presentan:

En primer lugar se presenta la diferencia entre los costos (la suma de costos de implementación, y los de manejo y producción) del uso actual y de la restauración a 30 años. Se registra un aumento de los costos por hectárea para casi la totalidad de las técnicas de restauración analizadas (Cuadro 3). El sistema agroforestal de cacao es el único caso en el cual se observa una disminución de los costos (19%) en relación con los costos del uso actual debido a los menores costos de manejo asociados al cacao.

En segundo lugar, las acciones de restauración en donde se presentan mayores costos incrementales son aquellas que se propusieron a partir de un uso actual en donde se registra: (1) un manejo mínimo (de pasto natural a un sistema silvopastoril que significa un incremento de 1774% de los costos); o (2) suelos semiabandonados con la modalidad de agricultura migratoria⁴¹ (de vegetación secundaria a plantaciones den-

40 Para más detalles sobre los supuestos técnicos del sistema de cultivos de granos básicos en callejones, véase el Anexo 1.

41 En la vegetación secundaria se evaluaron los costos y los beneficios de la agricultura migratoria donde se dan de manera sucesiva actividades agrícolas (cultivos de granos básicos, pasto) durante tres años y el abandono de la producción por cuatro años (periodo de barbecho). Para más detalles véase el Anexo 1.5.

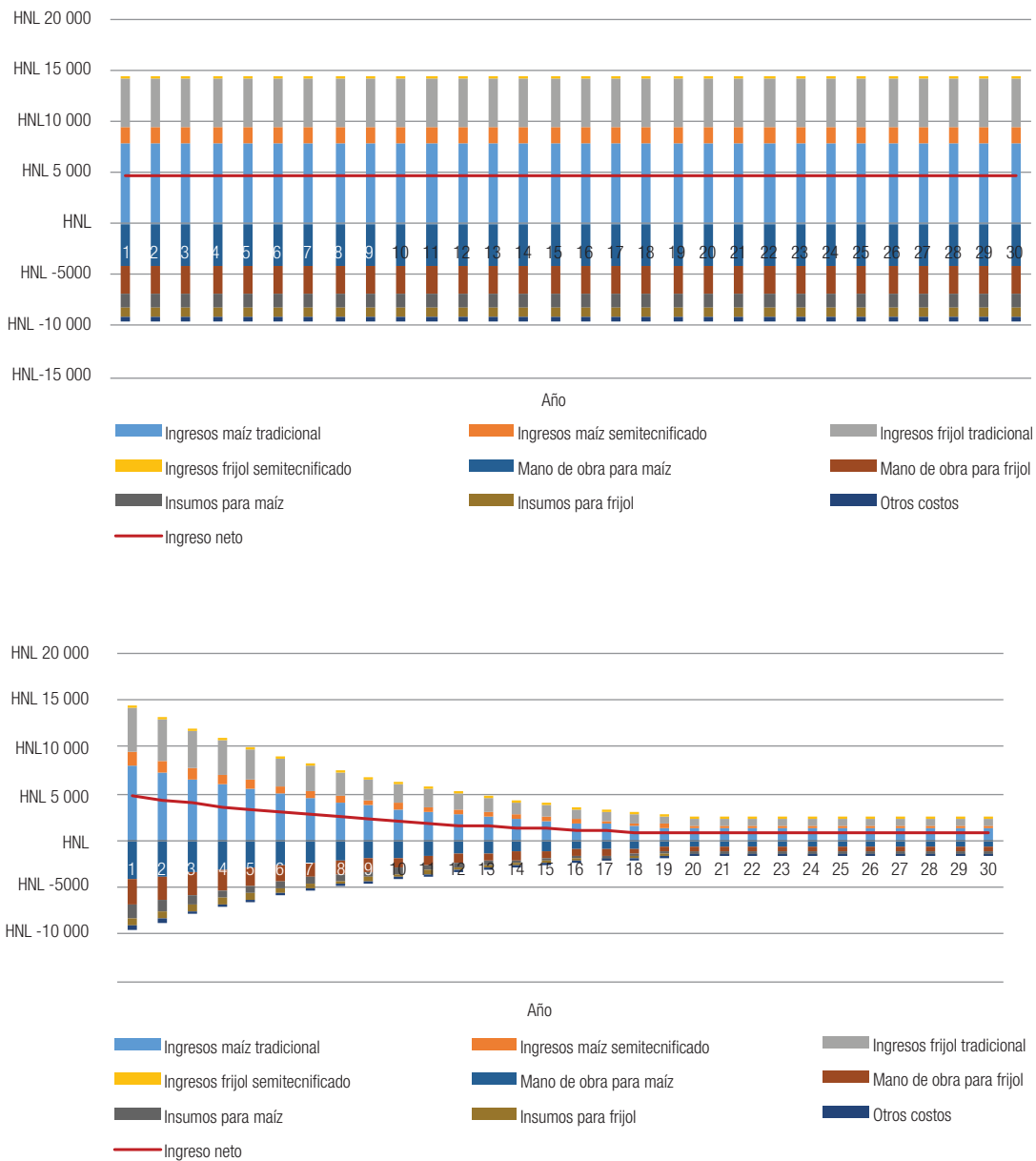


Figura 4 Costos y beneficios de continuar con el uso actual, cultivo de granos básicos en la zona húmeda (HNL/ha), sin (4a) y con la tasa de descuento (4b).

Fuente: Elaboración propia a partir de FAOSTAT, 2017; ICF, 2017a; SAG, 2016; SAG, 2015a; SAG, 2015b.

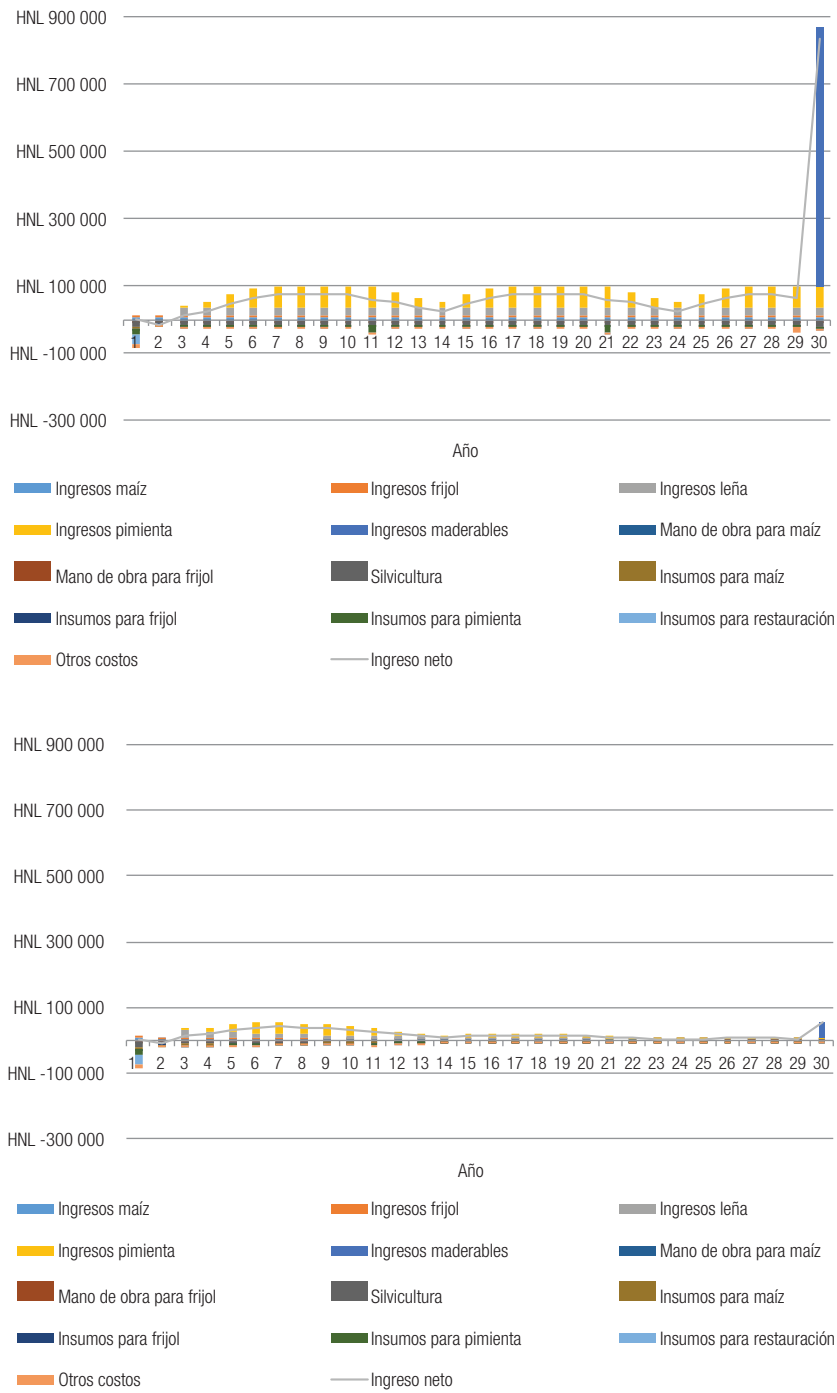


Figura 5 Costos y beneficios de la restauración mediante un sistema de cultivos de granos básicos en callejones (HNL/ha), sin (5a) y con la tasa de descuento (5b).

Fuente: Elaboración con base en Hands (1998), Cruz et al. (2011), Hands (2003) y FAOSTAT (2017).

Cuadro 3 Costos de la restauración, del uso actual y costos incrementales de la restauración a 30 años (r = 10%)

Acción de restauración	Costos restauración ^{a/} (HNL/ha)	Costos uso actual (HNL/ha)	Costos incrementales (HNL/ha)	Incremento (porcentaje)
Sistema agroforestal de cacao	237 563	294 277	-56 714	-19
Agrobosque de café	378 171	320 988	57 183	18
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	285 081	60 580	224 501	371
Sistema agroforestal Quesungual	172 704	52 457	120 247	229
Plantación dendroenergética	88 610	11 747	76 863	654
Plantación de maderables de alto valor	82 969	12 588	70 381	559
Sistema silvopastoril	300 895	16 057	284 838	1774
Restauración ecológica de manglar	130 917	42 890	88 027	205
Reforestación de manglar	141 041		141 041	n/a
Protección contra incendios (pino denso)	3634	1267	2367	187
Protección contra incendios (pino ralo)	4234	2290	1944	85
Reforestación de pino	23 961	5953	18 008	303

a/ No incluye costos de oportunidad.

Fuente: Elaboración propia.

dendroenergética, con un incremento en los costos de 654%). En el Anexo 8, Cuadro A7, se presenta el desglose de las diferentes categorías de los costos relativos a cada acción de restauración.

En tercer lugar, se puede apreciar (Cuadro 4) que, a 30 años, los beneficios brutos generados por las acciones de restauración, superan los beneficios de los respectivos usos actuales del suelo. En el mismo Cuadro 4 se evidencia que las acciones de restauración que se implementan en áreas donde hay usos actuales con un manejo poco intensivo (pasto natural, vegetación secundaria) son las que más beneficios financieros incrementales traen. En el caso del sistema silvopastoril (incremento de 1050% de los beneficios brutos), dicho incremento se debe a la mayor productividad de leche y carne, con una carga animal que pasa de 1,32 a 3,42 unidades por hectárea.

En cuarto lugar destacan los beneficios financieros esperados en la restauración de manglar, dependiendo de si se desarrolla en un área que todavía tiene algún potencial productivo (área húmeda continental 1) o donde ya no existe esa posibilidad por la desaparición del ecosistema de mangle (área húmeda continental 2).

En quinto lugar, las plantaciones maderables de alto valor ofrecen beneficios brutos muy superiores al uso actual (con un incremento de 519%) al generar una renta considerable en los años 15, 18, 25 y 30 por la venta de madera (Figura A10).

Por último, y como sexto resultado relevante, se observa que solo la implementación del sistema agroforestal de cacao generaría ingresos financieros brutos inferiores a los del uso actual del suelo (disminución de 1%), en este caso, el café por debajo de 900 msnm. Ello se debe a la mayor producción

Cuadro 4 Beneficios brutos de la restauración de uso actual y beneficios incrementales de la restauración a 30 años (r = 10%)

Acción de restauración	Beneficios brutos restauración (HNL/ha)	Beneficios brutos uso actual (HNL/ha)	Beneficios brutos incrementales (HNL/ha)	Incremento (porcentaje)
Sistema agroforestal de cacao	332 756	335 567	-2811	-1
Agrobosque de café	654 058	471 435	182 623	39
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	784 442	148 557	635 885	428
Sistema agroforestal Quesungual	177 468	86 852	90 616	104
Plantación dendroenergética	174 458	31 128	143 330	460
Plantación de maderables de alto valor	234 946	37 954	196 992	519
Sistema silvopastoril	439 734	38 227	401 507	1050
Restauración ecológica de manglar	497 608	199 681	297 927	149
Reforestación de manglar	520 053		520 053	
Protección contra incendios (pino denso)	7 415	315	100	1
Protección contra incendios (pino ralo)	10 309	10 152	157	2
Reforestación de pino	23 367	12 463	10 904	87

Fuente: Elaboración propia.

bruta generada por el café (Anexo 2). En cuanto a los resultados del análisis del valor actual neto del uso actual y de su respectiva restauración se detalla la información generada en el Anexo 8, Cuadro A8. A modo de resultado general, todas las acciones de restauración tienen un VAN positivo a 30 años, excepto en el caso de la reforestación del bosque de pino ralo. Es decir que presentan algún nivel de rentabilidad, aunque este sea modesto en algunos casos (Figura 6). En

cuanto a los VAN de los usos actuales, el área húmeda continental donde se mantienen algunos remanentes de manglar y las áreas de café por encima de 900 msnm, son las que presentan los ingresos netos más altos.⁴² Al reducir a 10 años el plazo de análisis, con una tasa de descuento del 10%, se volverían no rentables las acciones de restauración como el sistema agroforestal Quesungual y el sistema agroforestal de cacao (Figura 7).⁴³

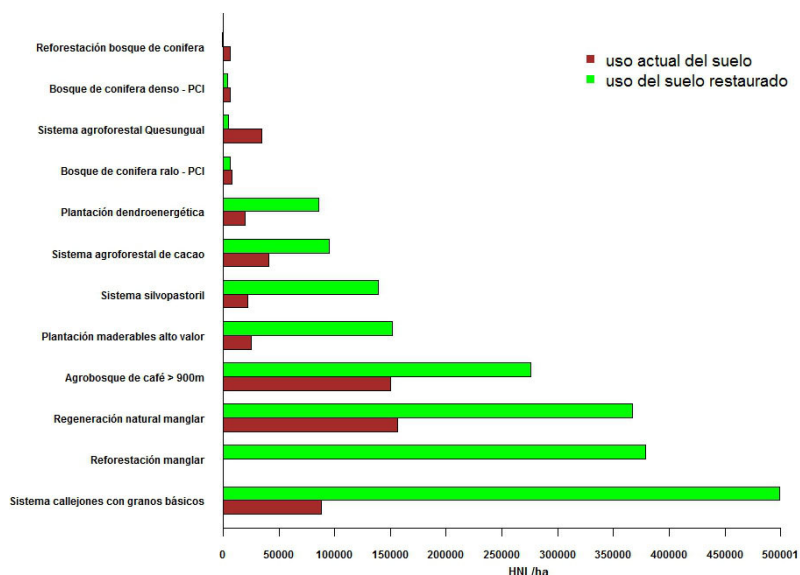


Figura 6 VAN de los usos actuales del suelo y de las acciones de restauración a 30 años ($r = 10\%$).

Fuente: Elaboración propia.

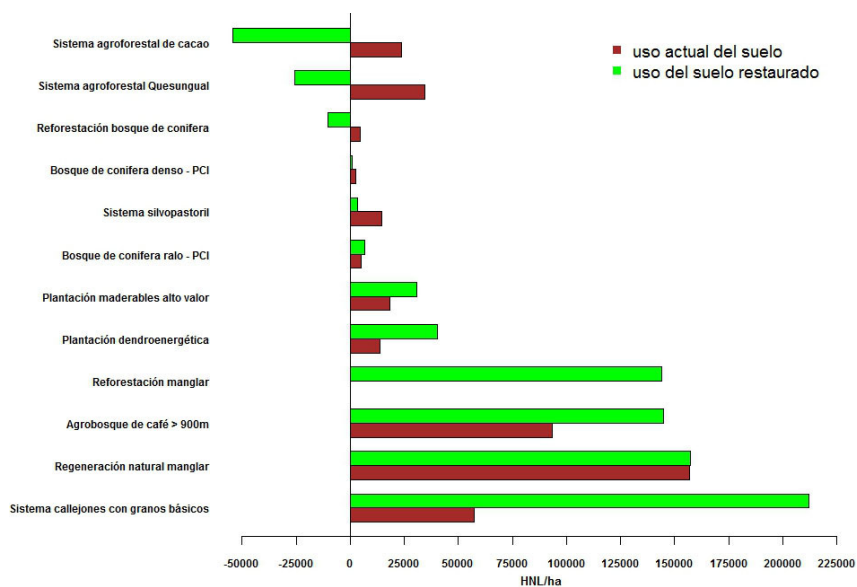


Figura 7 VAN de los usos actuales del suelo y de las restauración a 10 años ($r = 10\%$).

Fuente: Elaboración propia.

42 En el Anexo 7 se presenta desde la Figura A1 a la Figura A19, a lo largo de los 30 años, la evolución de los ingresos y egresos de cada acción de restauración y su respectivo uso actual del suelo.

43 El agrobosque de café, el sistema de cultivos de granos básicos en callejones, la restauración ecológica de manglar y las plantaciones de madera de alto valor y dendroenergéticas.

Sin embargo, aunque sea bajo, el sistema silvopastoril mantiene un VAN positivo a 10 años. Tanto a 30 años como a 10 años, la acción de restauración con el mayor beneficio neto sigue siendo el sistema de cultivo de granos básicos en callejones.

4.2 Indicadores de desempeño de las acciones de restauración

Para empezar, se presentan los resultados para el VAN marginal de la restauración a 30 años (Cuadro 5). Se puede observar que todas las acciones de restauración en bosque de pino presentan ingresos netos marginales negativos lo que significa que seguir con el uso actual generaría más beneficios que la implementación de las acciones de restauración. La restauración de áreas con granos básicos mediante la adopción del sistema agroforestal Quesungual es la única

acción de restauración de áreas agrícolas cuyos beneficios netos no superan a los del uso actual a 30 años (ingreso marginal negativo). Dicho hallazgo se puede explicar por las condiciones climáticas y la fertilidad en el corredor seco, que hacen difícil la recuperación de cualquiera inversión en áreas de cultivo de granos básicos (Gobierno de Honduras 2013).

Para el sistema agroforestal de cacao, cabe resaltar que la disminución de beneficios al pasar del uso actual a la restauración se ve compensada por una mayor disminución de costos de manejo por unidad de terreno (Anexo 7, figuras A1 y A2), lo cual resulta en un VAN marginal positivo a 30 años. La restauración con el sistema de cultivos de granos básicos en callejones, en la zona húmeda, es la que genera el VAN marginal más atractivo, seguido por la restauración de manglar, las plantaciones maderables de alto valor y la implementación del agrobosque de café (Figura 8).

Cuadro 5 Beneficios marginales de la restauración, razón beneficio-costos (RBC) y retorno de la inversión (ROI) a 30 años ($r = 10\%$)

Acción de restauración	Beneficios netos marginales (HNL/ha)	RBC	ROI
Sistema agroforestal de cacao	53 903	1,19	0,55
Agrobosque de café	125 440	1,24	2,53
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	411 384	2,10	5,84
Sistema agroforestal Quesungual	-29 631	0,86	-1,05
Plantación dendroenergética	66 467	1,62	2,84
Plantación de maderables de alto valor	126 611	2,17	5,81
Sistema silvopastoril	116 669	1,36	1,77
Restauración ecológica de manglar	209 900	1,73	10,19
Reforestación de manglar	379 012	3,69	14,75
Protección contra incendios (pino denso)	-2267	0,77	-1,60
Protección contra incendios (pino ralo)	-1787	0,85	-1,12
Reforestación de pino	-7104	0,77	-0,42

Fuente: Elaboración propia.

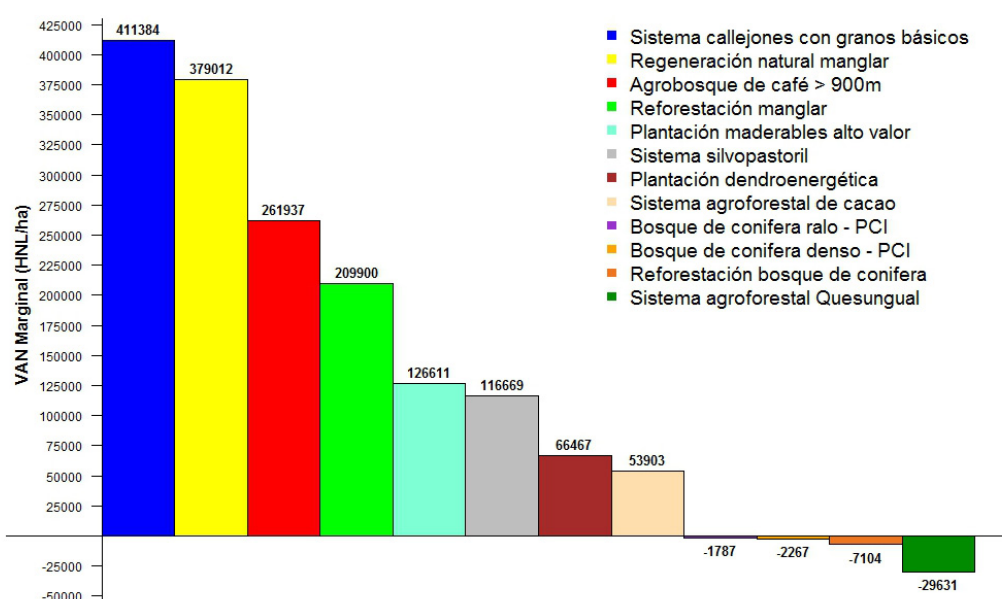


Figura 8 VAN marginal de las acciones de restauración a 30 años ($r=10\%$)

Fuente: Elaboración propia.

Al considerar la relación beneficio-costos de las acciones de restauración comparadas con el uso actual resultan más eficientes: se destacan la reforestación de manglar, el sistema de cultivos de granos básicos en callejones y la plantación de maderables de alto valor. Por ejemplo, la reforestación de manglar en área húmeda continental 2 (sin mangle) permite fomentar cadenas productivas que generarían 3,69 veces más ingresos que la suma de los beneficios netos generados por la continuación del uso actual del suelo y los costos de la restauración.

Finalmente, a excepción de las dos acciones de restauración asociadas a bosque de pino y la del sistema agroforestal Quesungual, todas presentan ROI positivos a 30 años, con un máximo de 14,75 con la reforestación del bosque de mangle,

y un mínimo de 1,77 con el sistema silvopastoril. En otras palabras, por cada lempira invertida en la restauración de pasto natural mediante un sistema silvopastoril, se podría percibir un ingreso adicional promedio –en términos de valor actual neto– de 1,77 HNL al final del periodo de 30 años. Al analizar los indicadores en un plazo de 10 años (Figura 9), surge que la implementación del sistema agroforestal de cacao y del sistema silvopastoril, ya no tendrían un VAN marginal positivo como lo tendrían a 30 años debido a los altos costos de inversión inicial de ambas técnicas. Si consideramos la eficiencia de las técnicas de restauración en cuanto a sus respectivos costos, luego de 10 años, habrían dos tipos de intervenciones que tendrían un RBC superior a 1 (Cuadro 6).

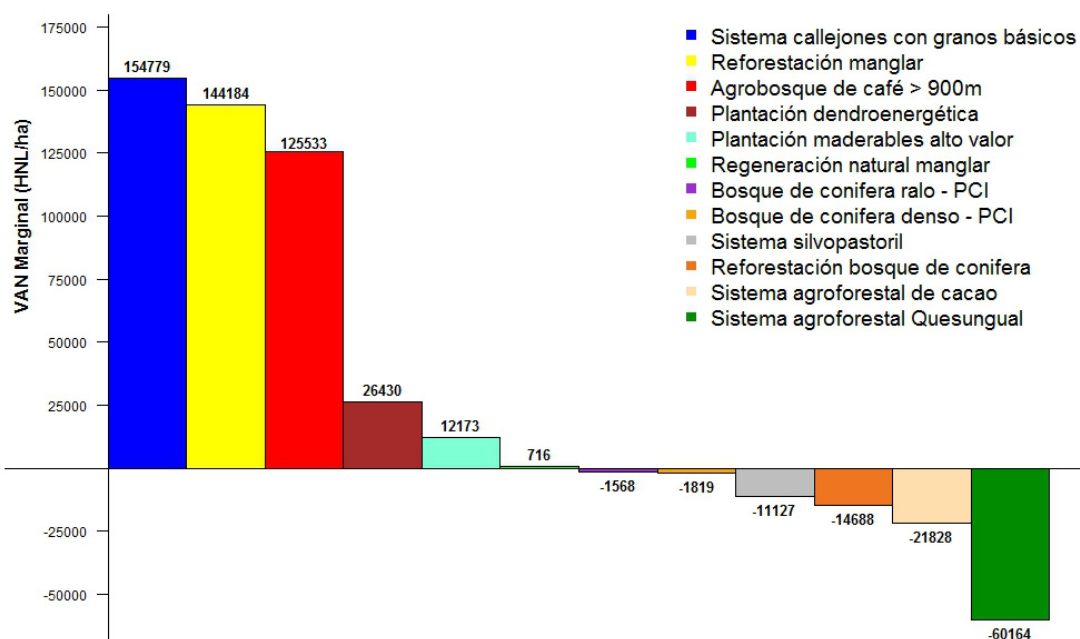


Figura 9 VAN marginal de las acciones de restauración a 10 años (r=10%).

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6 Beneficios marginales de la restauración, razón beneficio-costos (RBC) y retorno de la inversión (ROI) a 10 años (r = 10%)

Acción de restauración	Beneficios netos marginales (HNL/ha)	RBC	ROI
Sistema agroforestal de cacao	-21 828	0,85	-0,22
Agrobosque de café	51 522	1,15	1,04
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	154 779	1,59	2,20
Sistema agroforestal Quesungual	-60 164	0,62	-2,13
Plantación dendroenergética	26 430	1,34	1,13
Plantación de maderables de alto valor	12 173	1,19	0,56
Sistema silvopastoril	-11 127	0,95	-0,17
Restauración ecológica de manglar	716	1,00	0,03
Reforestación de manglar	144 184	2,65	5,61
Protección contra incendios (pino denso)	-1819	0,67	-1,29
Protección contra incendios (pino ralo)	-1568	0,81	0,91
Reforestación de pino	-14 688	0,42	-0,86

Fuente: elaboración propia.

Primero aquellas que tienen la mayor eficiencia y que incluyen las siguientes opciones: la reforestación de manglar (RBC = 2,65), el sistema de cultivo de granos básicos en callejones (RBC = 1,59); y la plantación dendroenergética (RBC = 1,34).

Segundo aquellas técnicas que evidencian una rentabilidad intermedia comparada con el grupo anterior. Este grupo incluye las siguientes técnicas: restauración ecológica de manglar (RBC = 1), plantación de maderables de alto valor (RBC = 1,19) y agrobosque de café (RBC = 1,15).

En cuanto al rendimiento de la inversión, en la restauración a 10 años, para los usuarios de la tierra se puede observar que todas las técnicas del primer grupo y solo una del segundo grupo (agrobosque de café) tendría un ROI > 0.

4.3 Análisis de sensibilidad

4.3.1 Sensibilidad a la tasa de descuento

En la Figura 10 las líneas adicionales que engloban las barras representan el VAN con tasa de descuento bajo (parte superior), y el VAN con tasa de descuento alta (parte inferior). Se recopilaron los datos cuantitativos de cada acción de restauración en los cuadros de los anexos 9 y 10.

En la estimación con una tasa de descuento baja ($r = 5\%$), se obtendría un ingreso positivo a 30 años con la reforestación

de bosque de pino ralo (17 481 HNL/ha). Otro hallazgo de este escenario, en relación con lo anterior ($r = 10\%$), es que la restauración en granos básicos con el sistema agroforestal Quesungual tendría un VAN mas atractivo, con un aumento del 90% (50 639 HNL/ha).⁴⁴ En este sentido, es notable la mejora de los resultados financieros de la restauración con el sistema agroforestal de cacao con un incremento del VAN de 70%, cuando la tasa de descuento se reduce de 10 al 5%.

No obstante, la misma restauración por medio de un sistema agroforestal de cacao con una tasa de descuento alta (15%), deja de generar ingresos positivos (-10 218HNL/ha). Lo mismo sucede con el sistema agroforestal Quesungual que presenta un VAN negativo cuando $r = 15\%$. En otras palabras, para los usuarios de estas acciones de restauración, se evidencia una sensibilidad a las condiciones de financiamiento y arbitraje entre los beneficios a largo y a corto plazo (véase Figura A2).

Otra acción de restauración para la cual se observa la misma tendencia, al generar la mayoría de sus beneficios a largo plazo (Figura A10), es la de plantaciones maderables de alto valor comercial cuyo VAN disminuye de un 70% cuando la tasa de descuento sube del 10 al 15%. En cambio se puede apreciar en la Figura 8 que la restauración con el sistema de cultivos de granos básicos en callejones con granos básicos es menos sensible a la variación de la tasa de descuento.

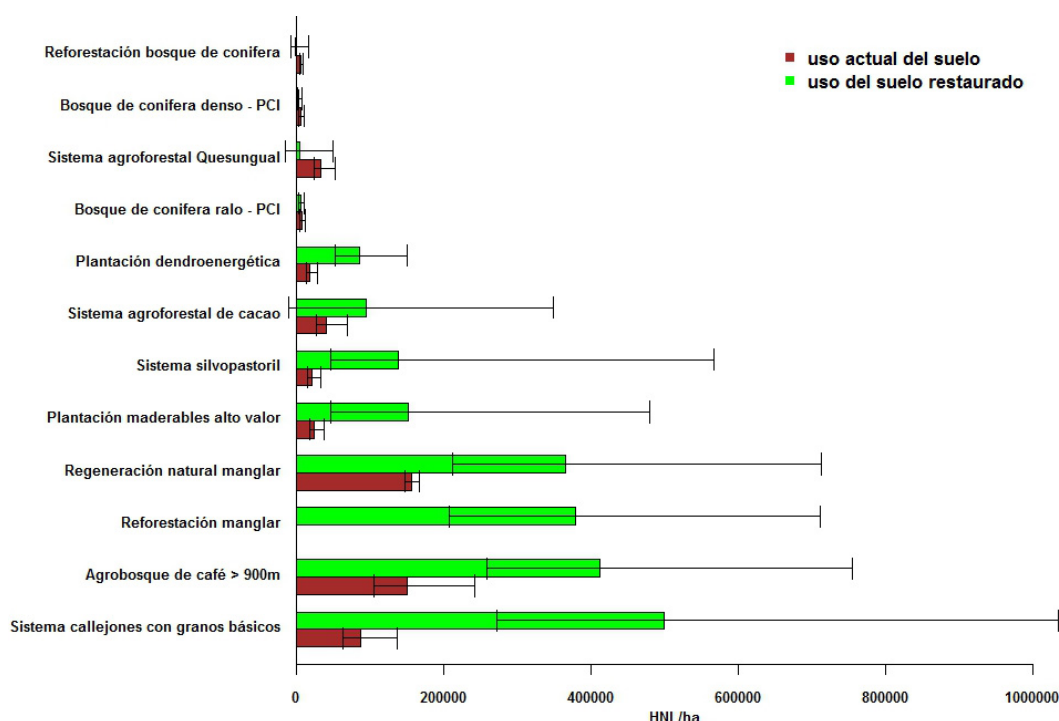


Figura 10 VAN de los usos actuales del suelo y de las acciones de restauración con diferentes tasas de descuento a 30 años ($r = 5, 10$ y 15%).

Fuente: Elaboración propia.

⁴⁴ $VAN_{(t=5\%)} = 50\,639$ HNL/ha, $VAN_{(t=10\%)} = 4763$ HNL/ha.

En efecto, el VAN disminuye de un 45% con una tasa de descuento mayor, y aumenta de un 48% con una tasa de descuento mas baja.⁴⁵

La restauración con plantaciones dendroenergéticas es también menos sensible a la tasa de descuento comparada con la plantación de maderables de alto valor comercial, pues mantiene ingresos constantes y significativos a partir del año cuatro (véase figuras A8 y A10).

4.3.2 Sensibilidad a nivel de precio y rendimiento

Para complementar el análisis de sensibilidad se corrieron los modelos de costeo con factores productivos y de precios bajos y altos. En los anexos 11 y 12 se presentan los costos, los beneficios brutos y netos; además de los indicadores financieros a 10 y 30 años obtenidos para cada proceso de restauración con estas variaciones de precios y rendimientos. En general, el VAN de las acciones de restauración es más sensible a 10 años que a 30.

Los resultados sobre el VAN a 30 años de cada acción de restauración se presentan en la Figura 11. Similar a la representación de la sensibilidad al descuento, las líneas superiores corresponden al VAN donde se asumen niveles altos de precios y rendimiento, mientras que las líneas inferiores

consideran los valores bajos. Se puede observar que con precios y rendimientos menores, la restauración de cafetales por debajo de 900 msnm con sistemas agroforestales de cacao, es una opción que se vuelve más beneficiosa, ya que el uso actual presenta un ingreso neto negativo, mientras que la restauración es rentable. Es decir, las malas condiciones del mercado y la productividad hacen que la restauración, comparada con el uso actual y a 30 años, genere aún más beneficios en estas áreas.

Por el contrario, la restauración del sistema de cultivos de granos básicos en callejones pasa de ser la acción más rentable por su VAN con niveles promedios de precios y rendimientos, a la cuarta más rentable con valores de precios y rendimientos inferiores. Esto se puede explicar por la fuerte sensibilidad de la acción de restauración a la variabilidad del precio de la pimienta. Bajo estas mismas condiciones la restauración con agrobosque de café, es la acción que genera el VAN más alto. Ello significa que la restauración en estas áreas sería la menos sensible a las condiciones adversas de productividad y mercado.

En cambio, el sistema agroforestal de cacao con precios y rendimientos altos es la acción de restauración cuyo VAN es el que más incrementa y, de hecho, se triplica. Al comparar las técnicas, destaca la restauración con el sistema agroforestal de cacao, a 30 años, el cual genera más ingresos que

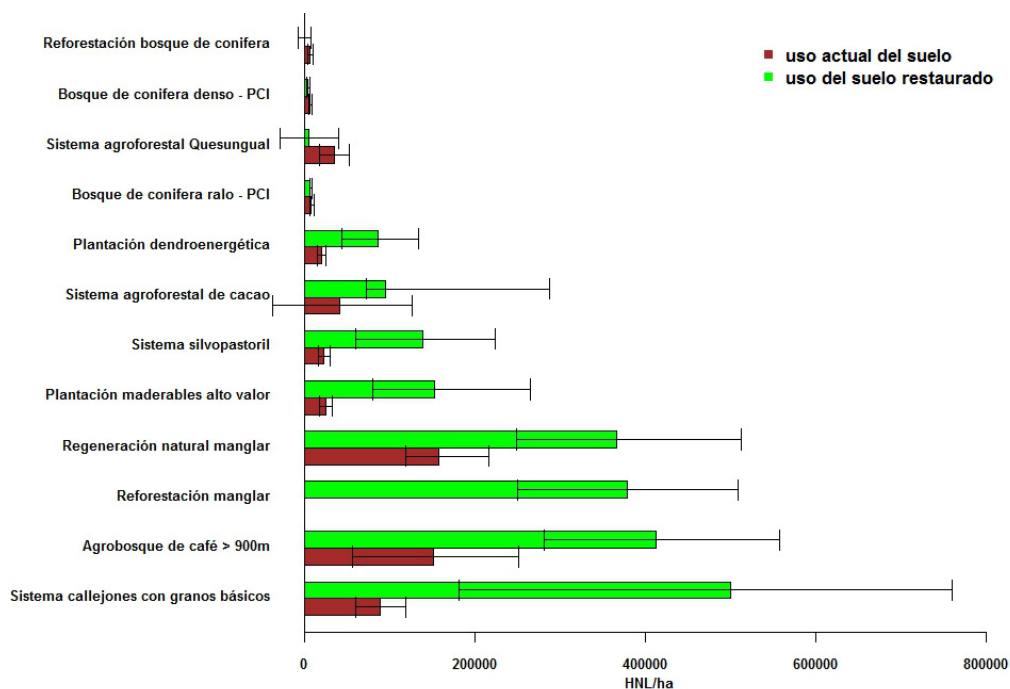


Figura 11 VAN de los usos actuales y de las acciones de restauración con precios y rendimientos altos y bajos a 30 años (r = 10%).

Fuente: Elaboración propia.

⁴⁵ $VAN_{(t=5\%)} = 272\,726$ HNL/ha, $VAN_{(t=15\%)} = 1\,034\,927$ HNL/ha. para los resultados de todas las técnicas véase los anexos 9 y 10.

la plantación de maderables de alto valor comercial, pasando de la sexta a la quinta acción que más beneficios brinda.

4.4 Balance de gases de efecto invernadero

En la Figura 12 se presentan los balances de GEI de cada técnica de restauración en TCO₂e/ha/año.

Las acciones que pueden tener el mayor impacto sobre la reducción de emisiones y fijación de carbono son las que tienen un enfoque forestal y donde, hoy en día, se practica la agricultura migratoria (plantaciones maderables de alto valor y dendroenergética con un balance de carbono de 40 y 20 TCO₂e/ha/año, respectivamente).

Seguidamente encontramos las dos acciones enfocadas en la restauración ecológica y la reforestación de manglar (34 y 29 TCO₂e/ha/año), lo cual se puede explicar por la alta acumulación en el suelo de materia orgánica (Sappal et al., 2016) y por ende niveles de carbono considerables (Pendleton et al., 2012).

Sigue la restauración con agrobosque de café, que al aumentar el dosel de sombra, en el área donde solo existe sombra de musácea, resulta en un balance de 18 TCO₂e/ha/año (Jiménez Nehring, 2012).

En cuanto a la implementación del sistema agroforestal de cacao, también se logra una reducción significativa de emisiones de GEI (8 TCO₂e/ha/año) debido a los árboles de cacao y de sombra (Somarriba et al., 2013). Las acciones de restauración de áreas de granos básicos también muestran un desempeño favorable en cuanto a la mitigación del cambio climático, con un balance de GEI de 4,35 y 2,67 TCO₂e/ha/año para el sistema de cultivo de granos básicos en callejones y el sistema agroforestal Quesungual, respectivamente. Dicho potencial de mitigación de los GEI se debe tanto al aumento de reservas de carbono en el suelo gracias al abandono de la quema (Hands, 2017) como a los árboles que se incorporan dentro el área de cultivo.

En cuanto a las acciones relacionadas con el manejo de las áreas forestales, la reforestación de bosque de pino ralo tiene un balance de GEI que es el doble que el de protección contra incendios forestales (3,93 y 1,98 TCO₂e/ha/año, respectivamente).

Finalmente, cabe resaltar que el incremento de emisiones observado para los sistemas silvopastoriles se debe a la mayor carga animal por hectárea, lo cual provoca un aumento bruto de 3,46 TCO₂e/ha/año compensado, en parte, gracias a la mayor fijación de carbono en el suelo de los pastos, equivalente a 2,18 TCO₂e/ha/año. Además, hay una mayor fijación en la biomasa de los árboles del sistema (Chacón-León & Harvey, 2013), pero este incremento está superado por las emisiones al intensificar el manejo ganadero, con un balance final de 1,55 TCO₂e/ha/año.⁴⁶

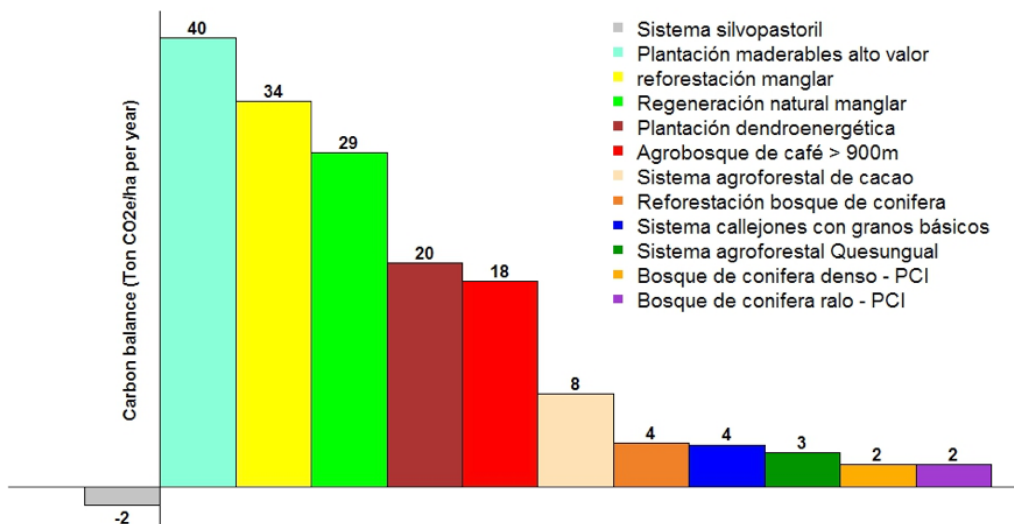


Figura 12 Balance de gases de efecto invernadero de la restauración en TCO₂e/ha/año.

Fuente: Elaboración propia.

46 A pesar de ello, en este caso es especialmente relevante adoptar un enfoque de Análisis de Ciclo de Vida en donde la huella de carbono, por unidad de producto, disminuye un factor 10: por cada litro de leche producido en el uso actual, se estima una huella de 0,007 TCO₂e/litro, mientras que bajo la restauración bajaría a 0,00075 TCO₂e/litro.

Como este incremento de emisiones es modesto, se podría compensar por medio de la restauración de 400 m² con plantaciones de maderables de alto valor, o bien, con 810 m² de plantaciones dendroenergéticas por cada hectárea que se restaure con este sistema silvopastoril.

Según las técnicas de restauración y plazos de análisis, la curva marginal de reducción de CO₂e puede dar lecciones sobre cuánto cuesta o brinda la mitigación de una tonelada.

En la Figura 13 se pueden observar las curvas marginales de reducción de CO₂e a 30 años. Podemos distinguir dos tipos de casos:

(1) las técnicas que brindan beneficios financieros a 30 años (restauración de manglares, plantaciones forestales, sistema de cultivo de granos básicos en callejones y agrobosque de café) con un beneficio promedio de 635 HNL/TCO₂e;⁴⁷

(2) Un segundo grupo que se caracteriza por tener un VAN marginal negativo y un potencial de reducción de GEI (sistema agroforestal Quesungual y técnicas de restauración en bosque de pino), con un costo promedio de 125 HNL/TCO₂e al considerar un plazo de 30 años.

Se destaca el caso particular del sistema agroforestal de cacao que, a 10 años, costaría 951 HNL/TCO₂e, pero a 30 años generaría un beneficio de 219 HNL/TCO₂e. Además, se

distingue el caso del sistema silvopastoril, donde la emisión de una tonelada de CO₂e brindaría un beneficio de 2509 HNL a 30 años, pero costaría 718 HNL/TCO₂e al considerar un horizonte de 10 años.

4.5 Impacto en producción de leña

El segundo cobeneficio ambiental que se analizó es el incremento de la disponibilidad de leña.

En la Figura 14 se puede observar que la plantación de maderables de alto valor, generaría la mayor cantidad adicional de leña (21 m³/ha/año) junto con la plantación dendroenergética (15,38 m³/ha/año).

En este caso cabe resaltar que la generación de leña, por la plantación dendroenergética, es relativamente constante,⁴⁸ mientras que en el caso de la plantación de maderables de alto valor, la producción de leña es un subproducto de los aprovechamientos de maderables y, por lo tanto, menos frecuente de lo que se puede reflejar con el indicador utilizado (promedio anual).⁴⁹

Se destaca el sistema de cultivos de granos básicos en callejones por su alta productividad (16 m³/ha/año), generada por la densidad de árboles de Inga que rodean las 3500 plantas por ha.⁵⁰

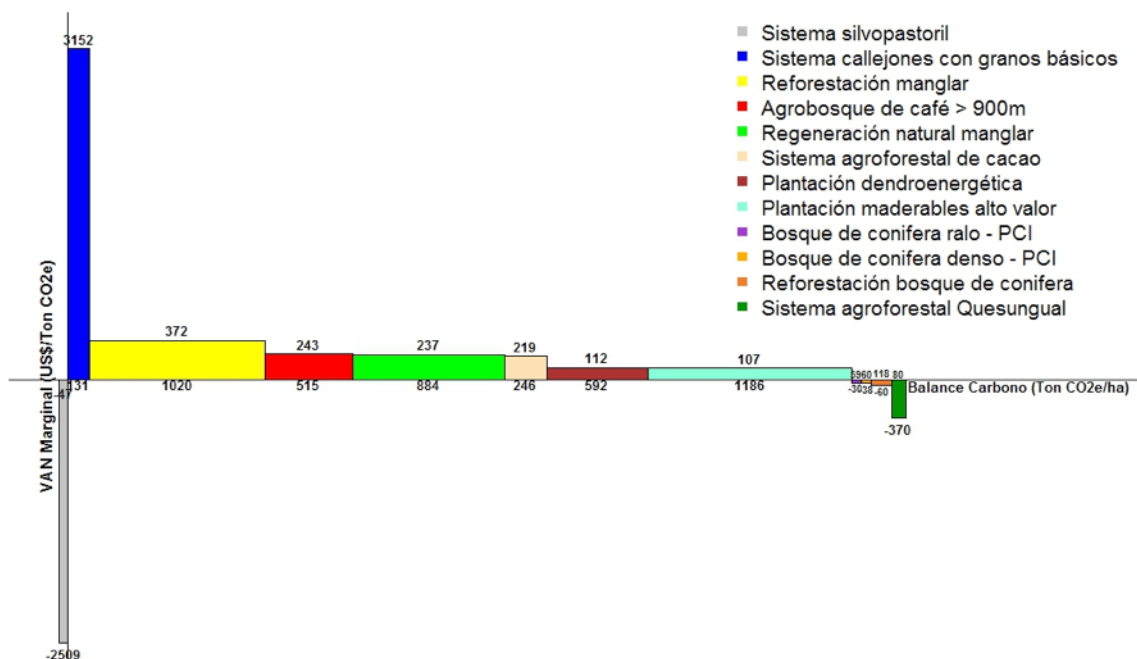


Figura 13 Curva de beneficio marginal de reducción de CO₂e (r = 10%) a 30 años.

Fuente: Elaboración propia.

47 Esta medición corresponde al VAN marginal promedio de las acciones de restauración dividido entre el balance de GEI promedio de este mismo conjunto de acciones de restauración.

48 Véase gráfico Anexo 7, Figura A8 y Anexo 3 sobre rendimientos.

49 Véase gráfico Anexo 7 Figura A10 donde se visualiza que la mayor cantidad de leña se produce a los años 15, 18, 25 y 30.

50 Para más detalles sobre los supuestos técnicos de esta técnica de restauración véase el Anexo 1, párrafo 1.3.

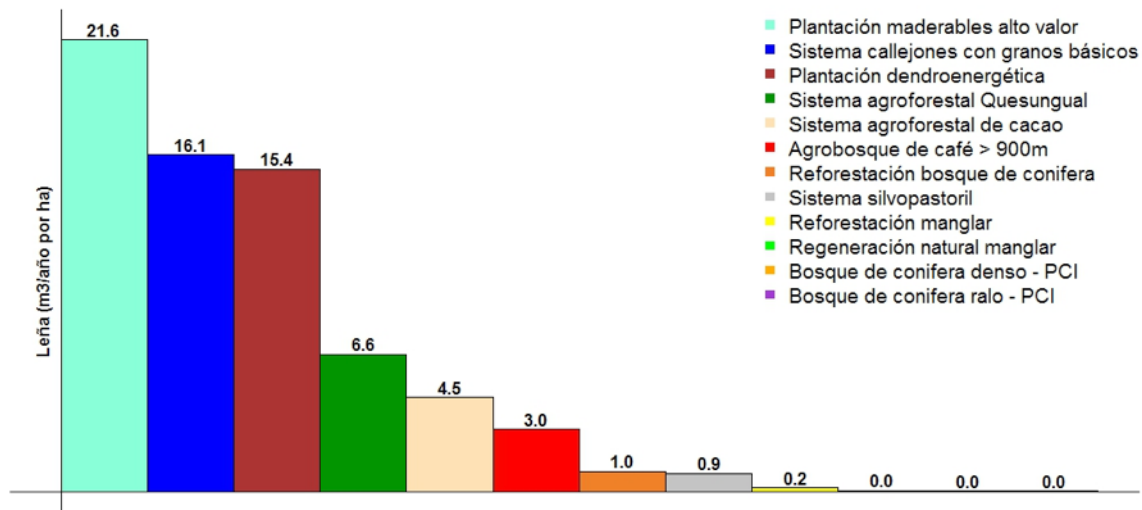


Figura 14 Producción de leña por cada acción de restauración (m³/ha/año).

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se destacan los sistemas agroforestales (cacao, agrobosque de café, sistema agroforestal Quesungual) que generarían, por hectárea, incrementos medianos de leña. Las acciones de restauración que generan incrementos mínimos de leña son la reforestación de manglar, la regeneración de manglar y, por último, la protección contra incendio forestal.

4.6 Cambio en la erosión y la exportación de sedimentos

El uso del modelo SDR de InVEST permite obtener los mapas del impacto potencial de las acciones de restauración sobre: (1) la erosión, y (2) la exportación de sedimentos.⁵¹ Se ilustran los resultados con tres ejemplos de los mapas generados con InVEST.

En el Mapa 5.1 se muestran los impactos de la implementación del sistema silvopastoril y del sistema agroforestal Quesungual, en el uso del suelo correspondiente a pastos/cultivos 2.

En el Mapa 5.2 se puede apreciar que las áreas de pastos/cultivos ubicadas en zonas montañosas de las regiones de Copán y Lempiras reúnen la mayor parte de las áreas con el potencial más alto para disminuir la erosión.

El Mapa 6.1 presenta el potencial de reducción de la erosión y la exportación de sedimentos al restaurar las áreas

de vegetación secundaria decidua con plantaciones dendroenergéticas. Se puede visualizar que la mayoría de las áreas con alto potencial para disminuir la exportación de sedimentos se ubica en los departamentos de Valle, Choluteca, La Paz y Francisco Morazán (Mapa 6.2).

Para ofrecer una perspectiva del impacto de la restauración en áreas más altas, el Mapa 7.1 presenta el impacto potencial del agrobosque de café en la reducción de la erosión y en el Mapa 7.2 se muestra la exportación de sedimentos.

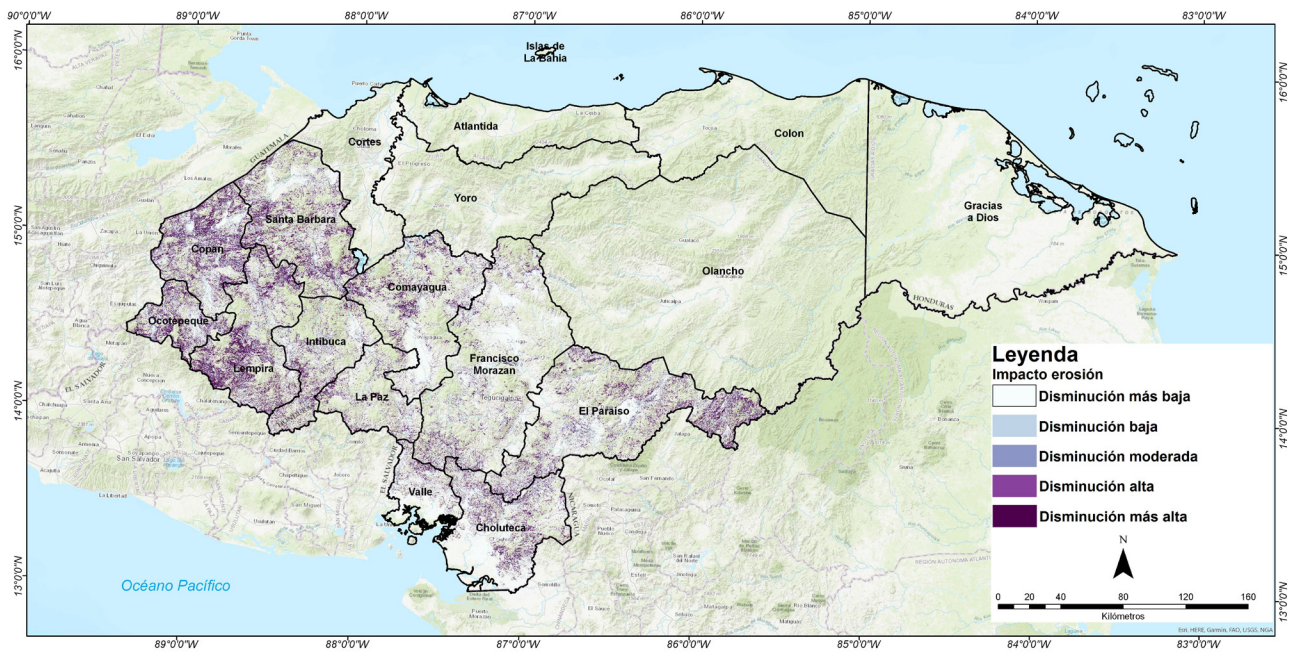
A partir de los valores diferenciados, a nivel espacial, se comparan los impactos promedios de cada acción de restauración en la provisión de ambos servicios ecosistémicos (Cuadro 7).

En la implementación de un conjunto de prácticas de manejo del suelo, las acciones de restauración con mayor impacto promedio sobre la disminución de la erosión y la reducción en la exportación de sedimentos son: el sistema silvopastoril, el sistema agroforestal Quesungual, así como el sistema de cultivos de granos básicos en callejones.

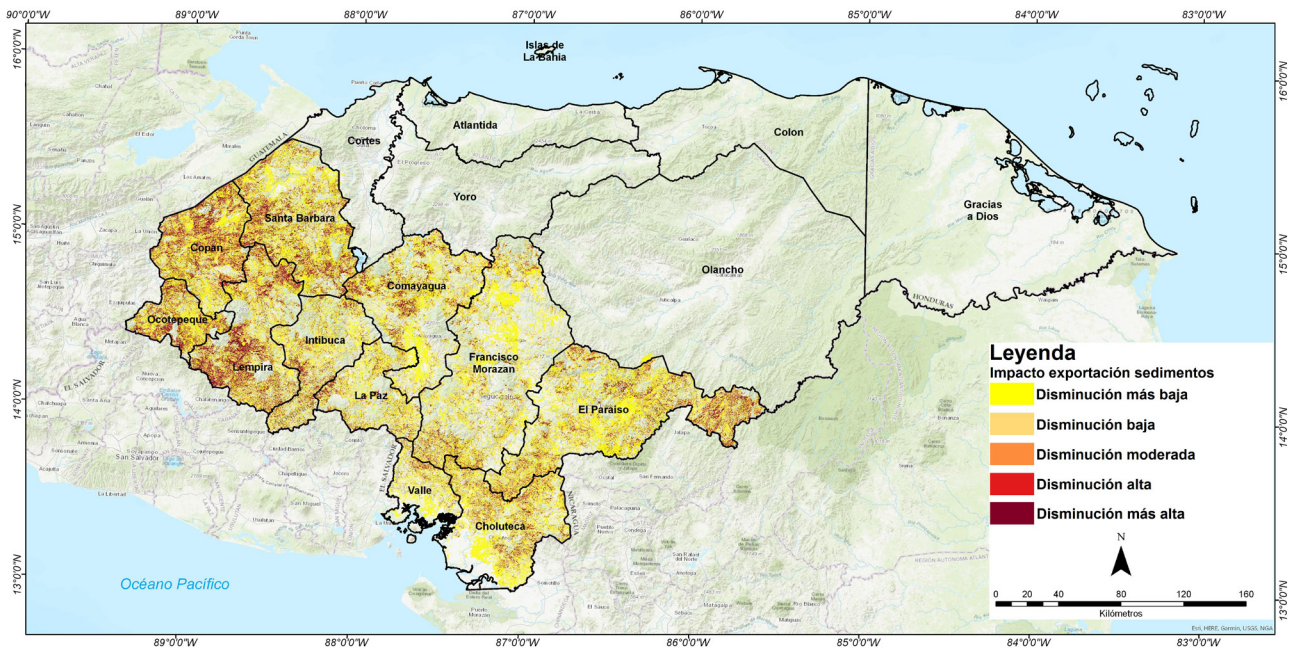
Por otra parte, la protección contra incendios y reforestación de bosque de pino y los sistemas agroforestales de cacao, son las técnicas de restauración que menos reducen la exportación de sedimentos porque en su respectivo uso actual, ya existe una cobertura permanente de los suelos.

Para dar una perspectiva social al análisis multicriterio se complementaron los indicadores financieros y ambientales con la evaluación de los beneficios sociales, en términos de creación de empleo y el impacto sobre los medios de vida.

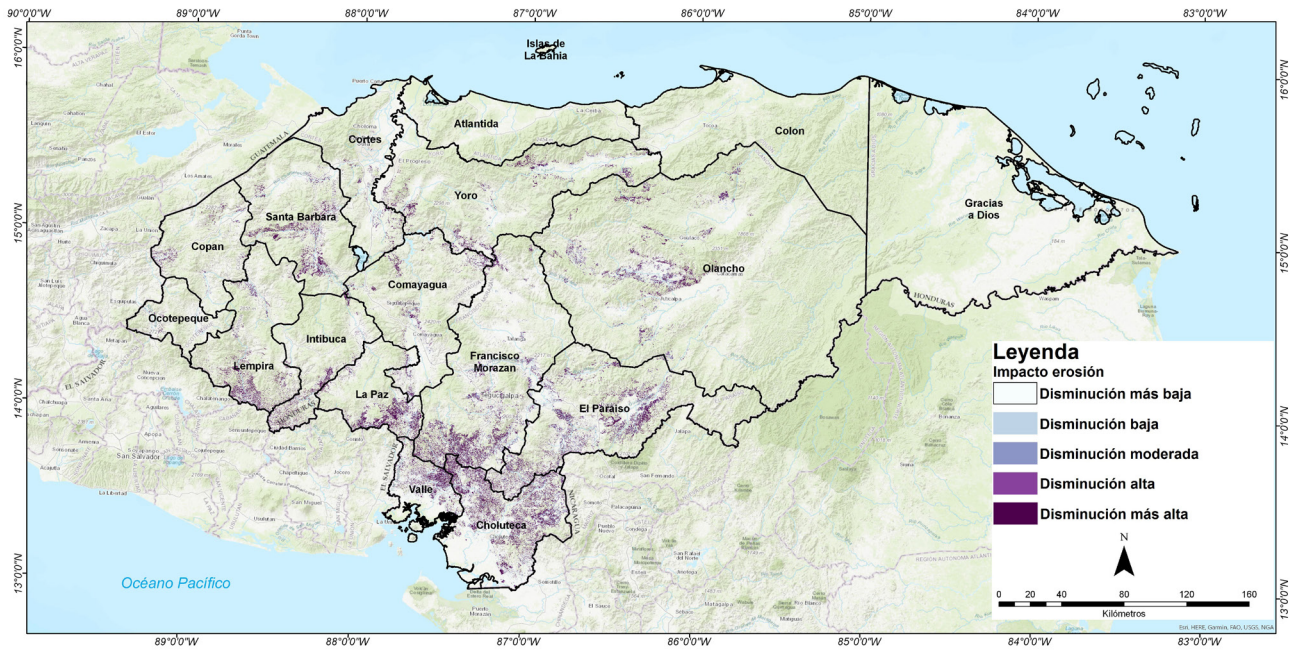
⁵¹ Para más detalles véase los apartados 2.3 y 2.4 sobre el uso de estas herramientas.



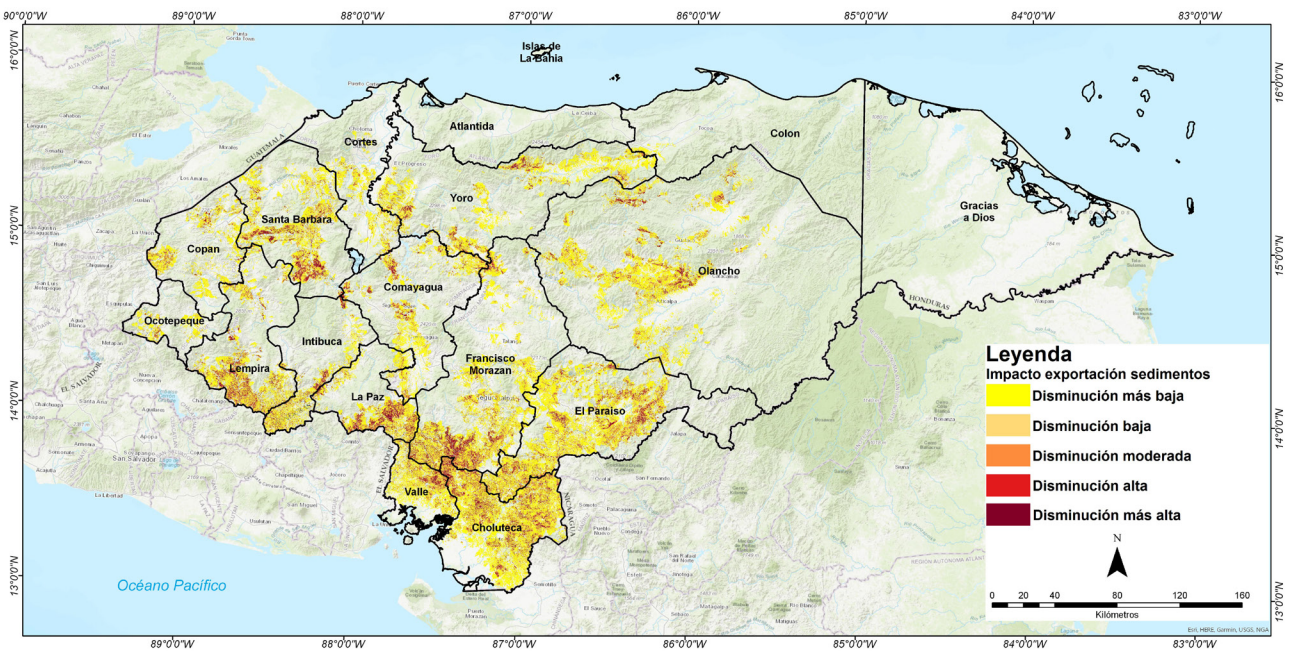
Mapa 5.1 Impacto potencial sobre la erosión de la implementación del sistema silvopastoril y el sistema agroforestal Quesungual en pastos/cultivos 2.



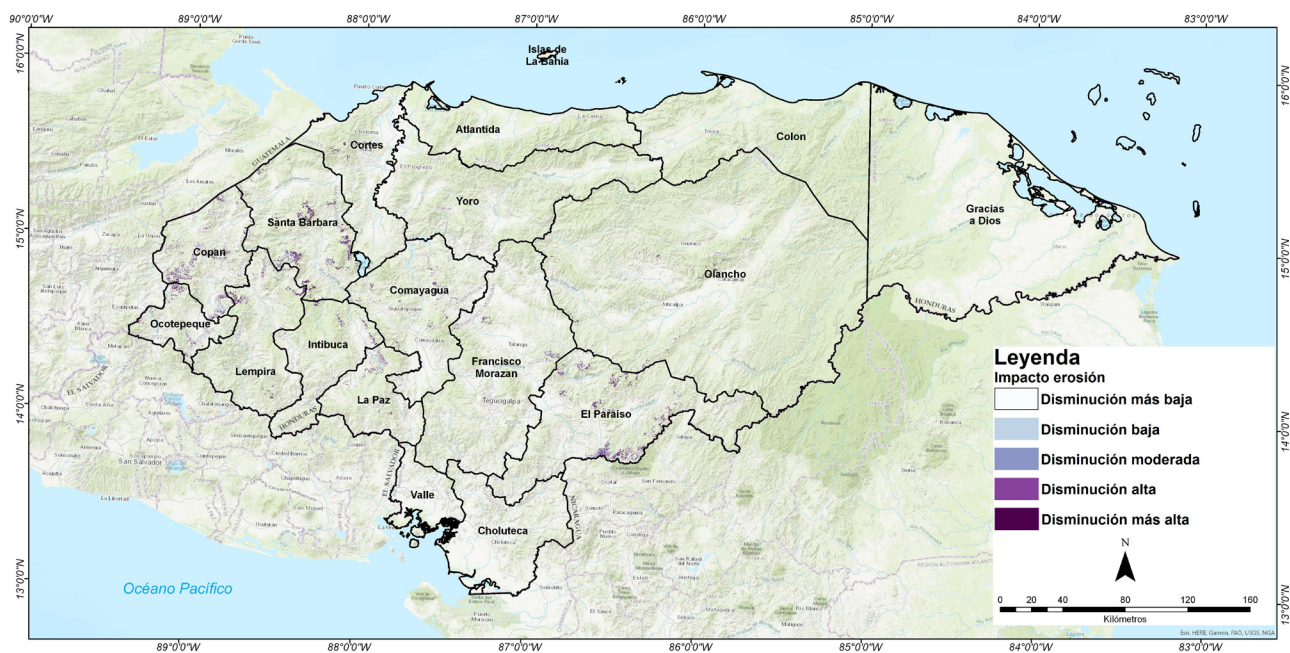
Mapa 5.2 Impacto potencial sobre la exportación de sedimentos de la implementación del sistema silvopastoril y el sistema agroforestal Quesungual en pastos/cultivos 2.



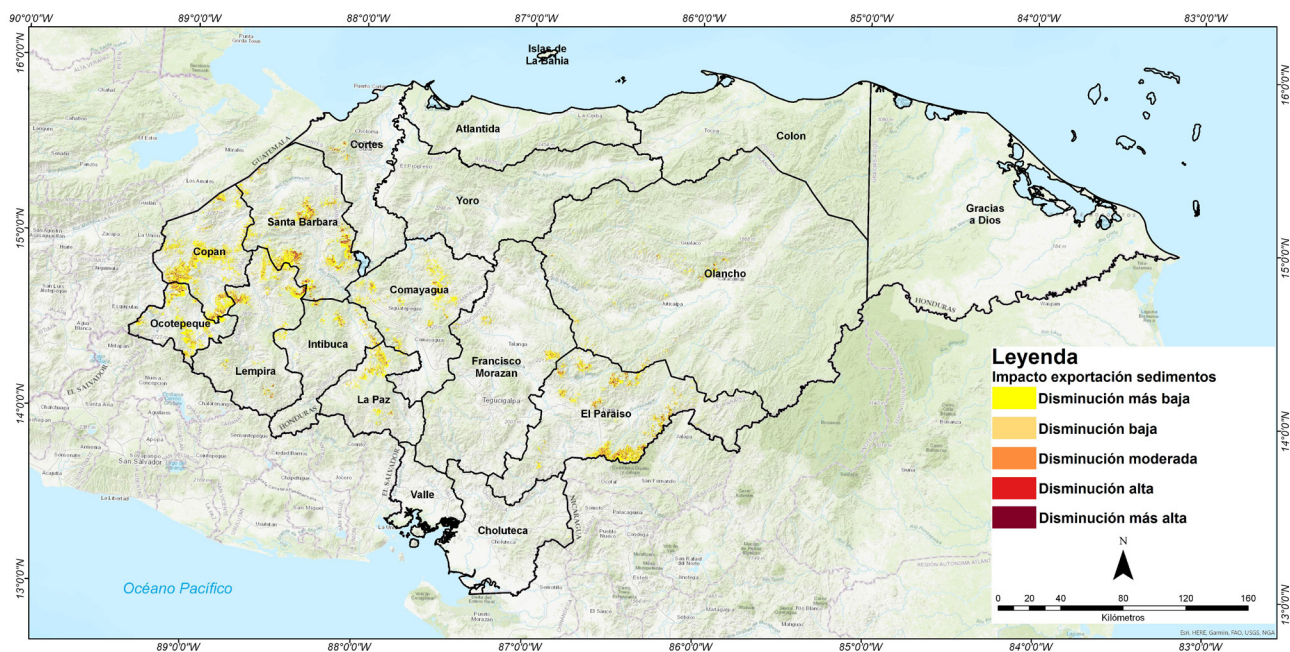
Mapa 6.1 Impacto potencial sobre la erosión de la implementación de plantaciones dendroenergéticas en vegetación secundaria seca.



Mapa 6.2 Impacto potencial sobre la exportación de sedimentos de la implementación de plantaciones dendroenergéticas en vegetación secundaria seca.



Mapa 7.1 Impacto potencial sobre la erosión de la implementación de agrobosque de café en cafetales entre 900-1300 metros.



Mapa 7.2 Impacto potencial sobre la exportación de sedimentos de la implementación de agrobosque de café en cafetales entre 900-1300 metros.

Cuadro 7 Impacto promedio por la restauración modelado con InVEST

Acción de restauración	Cambio erosión	Cambio exportación sedimentos
Sistema agroforestal de cacao	↓↓↓↓	↓
Plantación de maderables alto valor	↓↓	↓↓
Sistema de cultivos de granos básicos con callejones	↓↓↓	↓↓↓
Plantación dendroenergética	↓↓	↓↓
Agrobosque de café > 900 m	↓	↓
Sistema silvopastoril	↓↓↓	↓↓↓
Sistema agroforestal Quesungual	↓↓↓	↓↓↓
Bosque de conífera denso-PCI	↓↓	↓
Reforestación bosque de conífera	↓↓	↓
Bosque de conífera ralo-PCI	↓↓	↓
Regeneración natural manglar	/	/
Reforestación manglar	/	/

↓↓↓: Reducción comparativamente muy alta.
 ↓↓: Reducción comparativamente alta.
 ↓: Reducción comparativamente moderada.
 †: Incremento comparativamente moderado.
 ††: Incremento comparativamente alto.
 Fuente: Elaboración propia.

4.7. Creación de empleo

Con la excepción de la implementación del sistema de cultivo de granos básicos en callejones, donde la pérdida de empleo se debe al aumento de la cobertura forestal con la restauración,⁵² todas las técnicas de restauración requieren de una mayor cantidad de mano de obra (Figura 15.1) tanto para la implementación como para el mantenimiento (Figura 15.2).

Se puede observar que las acciones que mayor empleo podrían generar son la reforestación de manglar y la regeneración natural de este ecosistema debido al fomento de las cadenas productivas muy intensivas en mano de obra (pesca artesanal de cangrejos y moluscos).

La implementación de un agrobosque de café es la acción de restauración que más empleo genera durante la implementación (0,91 empleo/ha/año) y mantiene un incremento por

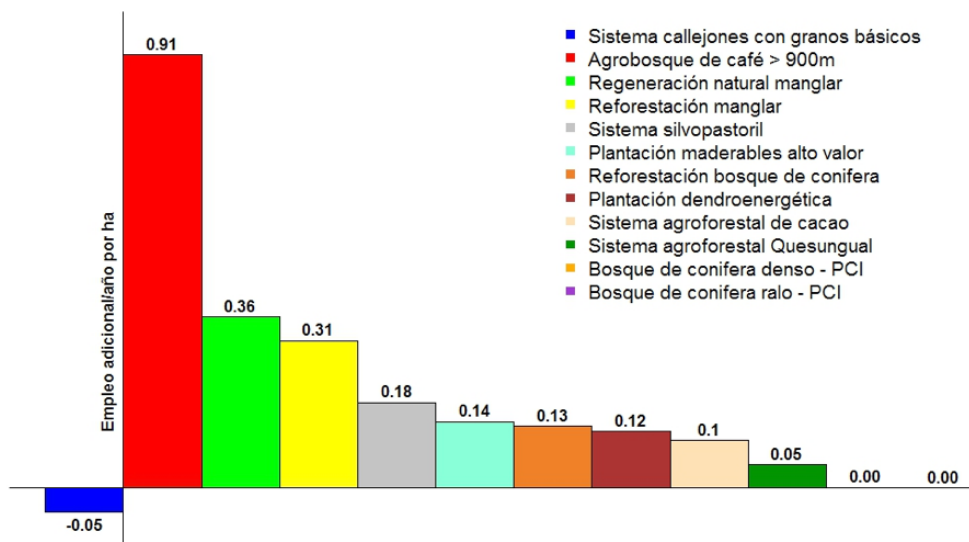


Figura 15.1 Creación de empleo en el año 1 (implementación) por cada acción de restauración y por hectárea.

Fuente: Elaboración propia.

52 El manejo del área forestal, en este caso los lineales de Inga, requieren de menos mano de obra que los cultivos anuales como los granos básicos. Véase el Anexo 1, párrafo 3 para más detalles.

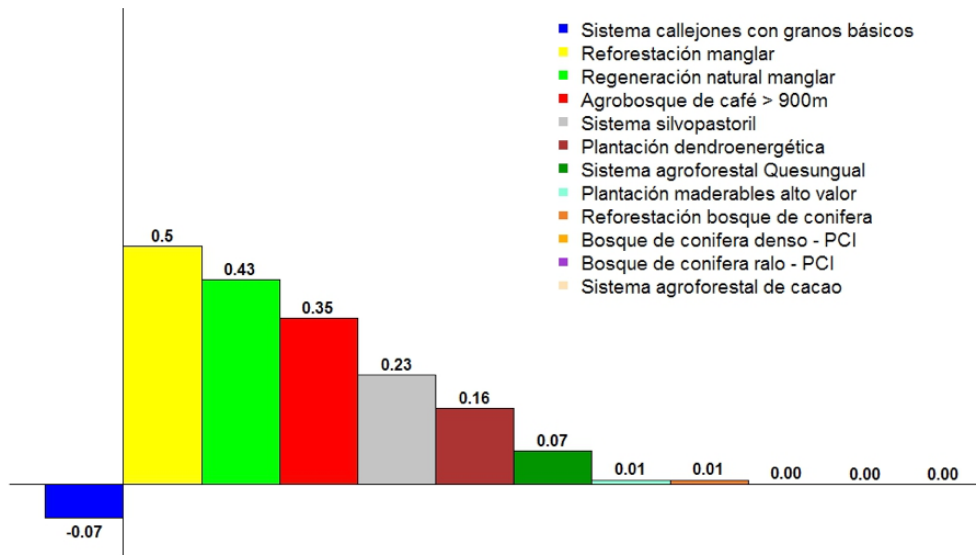


Figura 15.2 Creación de empleo del año 2 al 30 por cada acción, por hectárea de restauración (mantenimiento y producción).

Fuente: Elaboración propia.

encima del promedio de las demás técnicas del año 2 al 30 (0,35 empleo/ha/año). En menor medida, la implementación del sistema agroforestal de cacao y la plantación de madera de alto valor requerirían de mayor mano de obra, tanto en el primer año como para el mantenimiento de la restauración.

También se puede resaltar que las acciones de restauración como protección contra incendios forestales y reforestación de bosque de pino, a pesar de generar poco empleo por unidad de terreno, sí podrían tener un efecto significativo a nivel de una propiedad forestal ya que, por lo general, tienen áreas más extensas que en el sector agrícola.

En resumen, la implementación de las acciones de restauración a lo largo de 30 años generarían en promedio 4,2 empleos a tiempo completo adicionales, por hectárea.

4.8 Impacto sobre los medios de vida

A continuación se presentan los resultados de los tres subindicadores usados para la evaluación del impacto de la restauración sobre los medios de vida. En primer lugar, se puede observar que los ingresos brutos marginales a 30 años de todas las acciones de restauración aumentarían (Figura 16).

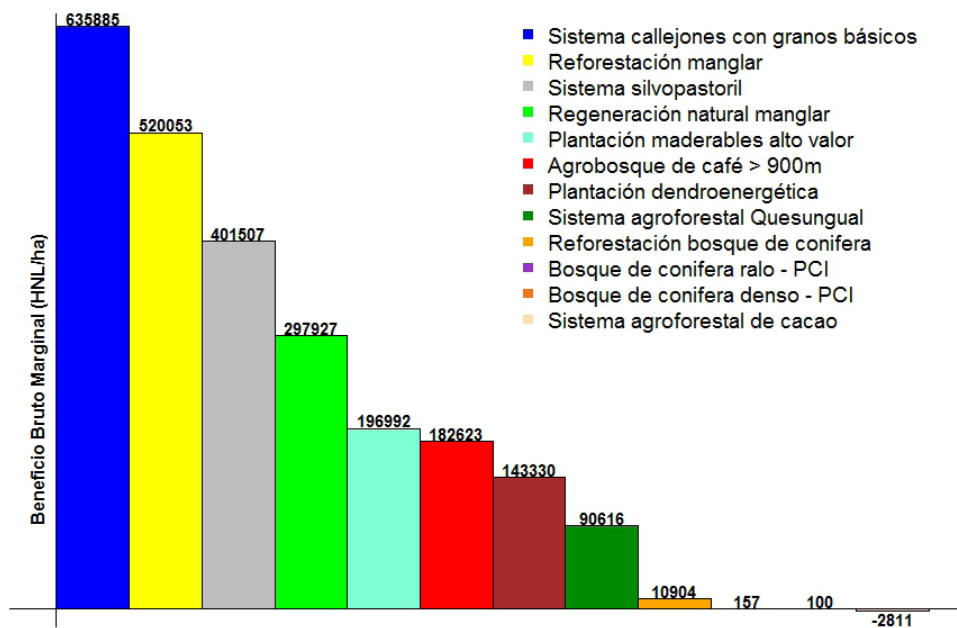


Figura 16 Ingreso bruto marginal de las acciones de restauración a 30 años ($r = 10\%$).

Fuente: Elaboración propia.

La excepción es la técnica del sistema agroforestal de cacao, donde se generaría un ingreso bruto menor que con la continuación de la producción de café en áreas < 900 msnm.

En segundo lugar, la diversificación de las fuentes de ingreso (Cuadro 8) que se lograrían a través de la restauración del sistema de cultivos de granos básicos en callejones, pone de manifiesto la diversificación de los ingresos brutos (90%), pero manteniendo una productividad comparable en relación con el uso actual, tanto en maíz como en frijol (Cuadro A20). El uso del suelo donde se esperaría una diversificación más marcada es en café < 900 msnm, donde el cacao y los ingresos forestales representan el 88% de los ingresos brutos de la restauración.

Con respecto a las técnicas de restauración donde se cambia el enfoque productivo de agrícola a forestal, se destaca que para la plantación de maderables de alto valor, la comercialización de madera representa 87% de los ingresos de la restauración, mientras que en el caso de las plantaciones dendroenergéticas los ingresos por la venta de leña alcanzan el 73%.

En tercer lugar, se aprecia que todas las acciones de restauración que presentan un VAN marginal positivo cuando solo se paga la mano de obra contratada (Cuadro 5) siguen ofreciendo resultados positivos bajo la hipótesis de pagar 100% de la mano de obra familiar.

Por otro lado, hay acciones de restauración como el sistema agroforestal de cacao y el sistema silvopastoril donde aumenta el VAN marginal cuando se paga la totalidad de la mano de

obra. Esta tendencia indica que en estos dos casos la continuación de los usos actuales con el pago de 100% de la mano de obra se traduciría en un costo adicional (de ahí el aumento de VAN marginal).

Al contrario, la técnica que brindaría el impacto positivo más bajo sería el sistema agroforestal Quesungual. El hecho de que ambas técnicas de restauración del área de cultivo de granos básicos proporcione mejoras en las condiciones de vida es importante al saber que la mayoría de los productores(as) de granos básicos son pequeños(as) y de escasos recursos.

El indicador del impacto de la restauración sobre los medios de vida, calculado con base en las tres variables anteriores (Cuadro 9), indica que la acción de restauración que tendría el impacto más alto para los medios de vida sería el sistema de cultivo de granos básicos en callejones.

Al contrario, la técnica que brindaría el impacto positivo más bajo sería el sistema agroforestal Quesungual. El hecho de que ambas técnicas de restauración del área de cultivo de granos básicos proporcione mejoras en las condiciones de vida es importante sabiendo que la mayoría de los productores(as) de granos básicos son pequeños(as) y de escasos recursos.

Sin sorpresa ante los resultados anteriores (Cuadro 9), las tres técnicas de restauración del bosque de pino traerían un impacto ligeramente negativo sobre los medios de vida de los usuarios directos del bosque.

Cuadro 8 Grado de diversificación y VAN ingresos marginales considerando el costo de la mano de obra familiar

Acción de restauración	Porcentaje de diversificación	VAN marginal con costo de mano de obra familiar
Sistema agroforestal de cacao	88%	126 156
Agrobosque de café	23%	122 269
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	90%	339 468
Sistema agroforestal Quesungual	28%	-53 086
Plantación dendroenergética	73%	2208
Plantación de maderables de alto valor	87%	122 460
Sistema silvopastoril	13%	120 062
Restauración ecológica de manglar	0%	118 065
Reforestación de manglar	0%	224 811
Protección contra incendios (pino denso)	0%	-2854
Protección contra incendios (pino ralo)	0%	-1805
Reforestación de pino	0%	-16 063

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 9 Impacto de la restauración sobre los medios de vida

Acción de restauración	Indicador medios de vida
Sistema agroforestal de cacao	0,45
Agrobosque de café	0,32
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	1,00
Sistema agroforestal Quesungual	0,09
Plantación dendroenergética	0,45
Plantación de maderables de alto valor	0,61
Sistema silvopastoril	0,41
Restauración ecológica de manglar	0,30
Reforestación de manglar	0,54
Protección contra incendios (pino denso)	-0,01
Protección contra incendios (pino ralo)	-0,01
Reforestación de pino	-0,01

Fuente: Elaboración propia.

5 Resumen del resultado por indicador

En el Cuadro 10 se sintetizan los resultados del análisis para todos los indicadores. Para cada análisis se presentan las acciones que tienen el mejor y el menor desempeño, según un determinado indicador. En el Anexo 14 se pueden visualizar los resultados normalizados de todas las acciones de restauración.

Cuadro 10 Resumen de los resultados por cada indicador del análisis

Indicador	Acción de restauración		
		Desempeño más alto	Desempeño más bajo
Indicadores financieros a 30 años			
Indicador financiero a 30 años (r = 10%)	VAN marginal	Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	Sistema agroforestal Quesungual
	RBC	Reforestación de manglar	Protección contra incendios en bosque denso
	ROI	Reforestación de manglar	Protección contra incendios en bosque denso
VAN marginal (r = 15%)		Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	Sistema agroforestal Quesungual
VAN marginal (r = 5%)		Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	Protección contra incendios en bosque denso
VAN marginal (escenario 'pesimista'; r = 10%)		Reforestación de manglar	Sistema agroforestal Quesungual
VAN marginal (escenario 'optimista'; r = 10%)		Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	Sistema agroforestal Quesungual
Indicadores financieros a 10 años			
Indicador financiero a 10 años (r = 10%)	VAN marginal	Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	Sistema agroforestal Quesungual
	RBC	Reforestación de manglar	Reforestación en bosque de pino ralo
	ROI	Reforestación de manglar	Sistema agroforestal Quesungual
VAN marginal (r = 15%)		Reforestación de manglar	Sistema agroforestal de cacao
VAN marginal (r = 5%)		Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	Sistema agroforestal de cacao
VAN marginal (escenario 'pesimista'; r = 10%)		Reforestación de manglar	Sistema agroforestal Quesungual
VAN marginal (escenario 'optimista'; r = 10%)		Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	Sistema agroforestal Quesungual
Indicadores ambientales no espaciales			
Balance de carbono		Plantación de maderables de alto valor	Sistema silvopastoril
Producción de leña		Plantación de maderables de alto valor	Reforestación y restauración ecológica de manglar
Indicadores ambientales espaciales			
Impacto sobre la erosión		Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	Sistema agroforestal de cacao
Cambio exportación sedimentos		Sistema agroforestal Quesungual	Sistema agroforestal de cacao
Indicadores sociales			
Creación de empleo		Reforestación de manglar	Sistema de cultivos de granos básicos en callejones
Impacto sobre medios de vida		Sistema de cultivo de granos básicos en callejones	Reforestación en bosque de pino ralo

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En el Anexo 14 se pueden visualizar los resultados normalizados de todas las acciones de restauración.

6 Resultado análisis multicriterio

Para ilustrar los resultados de este análisis se agrupan los indicadores en tipo de criterio financiero, ambiental con y sin enfoque espacial⁵³ y social (Figura 17). Por ejemplo, se observa que la puntuación de la implementación del sistema silvopastoril para el indicador ambiental no espacial es nulo, lo cual indica que el impacto –positivo– de esta técnica para la mayor producción de leña compensa el efecto –negativo– del aumento de emisiones de GEI.

La restauración de vegetación secundaria húmeda con plantación de maderables de alto valor, tendría a la vez el mejor desempeño ambiental con enfoque no espacial (carbono y leña) y espacial. Se destaca que al considerar el impacto ambiental con enfoque espacial,⁵⁴ las puntuaciones de la restauración con sistema de cultivos de granos básicos en callejones y con sistema agroforestal Quesungual llegarían a ser la segunda y tercera más altas. Por otro lado, la reforestación de manglar reuniría los mejores resultados financieros (figuras A13 y A15) y sociales. Se observa que el impacto ambiental espacial de la protección contra incendios forestales en bosque pino ralo y denso es mayor al impacto de la reforestación de pino, lo cual indica que la primera generaría más beneficios para la conservación del suelo. Se concluye el presente estudio económico al generar, en primer lugar, un análisis multi-criterio de todos los indicadores, incluyendo los resultados de manglar (Puntuación 1), pero no se toman en consideración los resultados obtenidos con el modelo SDR de InVEST.

En segundo lugar, se consideran los resultados obtenidos con InVEST, pero se omite la restauración de manglar para comparar las técnicas de restauración donde se obtuvo una valoración espacial del impacto sobre el control de la erosión y la exportación de los sedimentos (Puntuación 2). Los resultados obtenidos para ambas puntuaciones se presentan en el Cuadro 11.

La técnica de restauración de manglares tiene el mejor desempeño general seguido por la plantación de maderables de alto valor (Puntuación 1). Cuando se consideran la valoración espacial de la erosión y la exportación de sedimentos (Puntuación 2), la implementación del sistema de cultivos de granos básicos en callejones es la que obtendría la mejor puntuación. Asimismo, se distingue un marcado incremento de la puntuación de la restauración mediante el sistema agroforestal Quesungual cuando se consideran los indicadores espaciales, lo cual arroja luz sobre el alto potencial de la restauración de áreas de granos básicos para la conservación del suelo comparado con las otras técnicas. El sistema agroforestal de cacao tienen una puntuación relativamente baja debido a un desempeño financiero neto por debajo de las demás técnicas, que no compensan sus moderados beneficios ambientales y sociales. Independientemente de si se consideran los resultados espaciales, la protección contra incendios en pino denso sería la acción de restauración con la menor puntuación.

53 Por no haber podido evaluar el impacto ecosistémico de las técnicas de restauración de manglar con los modelos de InVEST, usados en este estudio, se crea un criterio ambiental que considera los dos indicadores espaciales, y otro, que no los contempla para poder comparar todas las técnicas de restauración entre sí. Para más detalles véase la metodología 3.3.

54 Servicios ecosistémicos de control de la erosión y exportación de sedimentos.

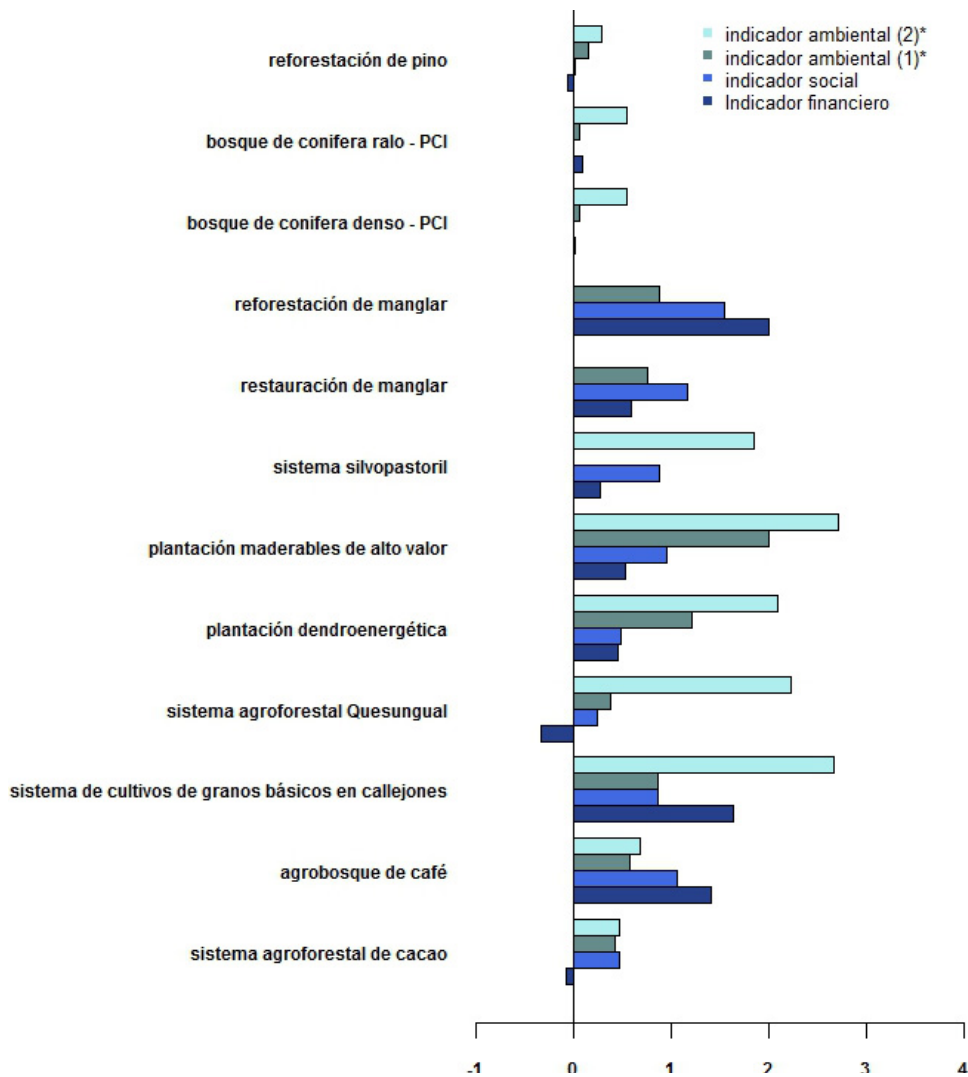


Figura 17 Indicador del análisis multicriterio por tipo.

Fuente: Elaboración propia.

1. Indicadores no espaciales, 2. Indicadores espaciales.

Cuadro 11 Matriz de desempeño de las acciones de restauración con (Puntuación 1) y sin los indicadores ambientales espaciales (Puntuación 2)

Acción de restauración	Puntuación 1	Puntuación 2
Sistema agroforestal de cacao	0,802	0,905
Agrobosque de café	3,041	3,435
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	3,353	4,476
Sistema agroforestal Quesungual	0,268	2,007
Plantación dendroenergética	2,138	2,778
Plantación de maderables de alto valor	3,467	3,919
Sistema silvopastoril	1,139	0,991
Restauración ecológica de manglar	2,487	/
Reforestación de manglar	4,412	/
Protección contra incendios (pino denso)	0,056	0,526
Protección contra incendios (pino ralo)	0,136	0,706
Reforestación de pino	0,091	0,240

Fuente: Elaboración propia.

7 Resumen de resultados por acción de restauración

El sistema agroforestal de cacao no ofrece ingresos superiores al uso actual (café < 900 msnm) a 10 años pero el VAN marginal de esta acción de restauración se vuelve positivo si se considera un horizonte de tiempo a 30 años (Figura A2). El VAN marginal del sistema agroforestal de cacao a 30 años incrementa aún más cuando se presentan precios y rendimientos bajos (límite inferior). Es decir, que es una técnica particularmente relevante para zonas cafetaleras bajas con rendimientos y precios inferiores a los promedios nacionales. Sin embargo, al reemplazar otros cultivos perennes (café y musácea), que de por sí mantienen una cobertura del suelo durante todo el año, la restauración con sistema agroforestal de cacao tendría beneficios limitados en cuanto a la erosión y la exportación de sedimentos en relación con las demás técnicas.

La restauración con la plantación de un agrobosque de café es más rentable que la continuación de la producción de café en cafetales > 900 msnm, sea a 10 o a 30 años (VAN marginal positivo). En relación con las demás acciones, la restauración mediante el agrobosque de café se posiciona como la tercera más alta por su desempeño financiero y social. A pesar de ofrecer beneficios ambientales no espaciales intermedios, esta acción de restauración sirve a los propósitos de las políticas (Plan de Nación) y compromisos adquiridos por el Gobierno de Honduras en cuanto a la mitigación del cambio climático al aumentar las reservas de carbono.

El sistema de cultivos de granos básicos en callejones presenta el segundo desempeño financiero más alto. Los resultados financieros muy prometedores muestran que la inversión podría ser atractiva para actores privados, quienes pueden esperar una rentabilidad mínima de 20% a 5 años (Goedde et al., 2015). Esta hipótesis está reforzada por el

hecho de que esta técnica sería la que más beneficios marginales generaría cuando se priorizan los beneficios a corto plazo ($r = 15\%$). Además, la adopción de la técnica por los(as) productores(as) no necesariamente debería de contar con un apoyo económico para cubrir los gastos de capital de trabajo, por presentar el VAN marginal más alto, aún cuando se pague la totalidad de la mano de obra. En relación con los impactos ambientales, se destaca que sería la técnica con el potencial más alto para reducir la erosión.

Independiente de las variaciones de la tasa de descuento y, de si se registran precios y rendimientos bajos o altos, la restauración del sistema agroforestal Quesungual siempre resultaría con un beneficio económico negativo, con el valor mínimo cuando se asigna una mayor importancia a los beneficios netos futuros. No obstante, estos resultados financieros, poco alentadores, se pueden comparar con el desempeño muy positivo para el ambiente, en particular cuando se consideran la valoración espacial: es la técnica que tendría el mayor potencial para la reducción en la exportación de sedimentos (Cuadro A23). El fomento de esta acción de restauración también se podría justificar por sus desempeño social que, a pesar de ser intermedio, cuando se compara con las demás técnicas, puede responder a las necesidades de desarrollo de la región del Corredor Seco, tanto para los usuarios de la tierra por sus mayores ingresos brutos, como para la población en general (incremento en la oferta de granos básicos y leña, véase Figura A6).

La restauración de vegetación secundaria seca con plantación dendroenergética presenta resultados intermedios para todos los indicadores y, por ende, se clasifica sexta dentro de las 11 acciones analizadas. Además de ser rentable a 10 años, mantiene esta rentabilidad aunque se presentan bajos

precios y rendimientos a diferencia de otras técnicas. Se distingue por sus impactos ambientales no espaciales, en particular por el incremento en la producción de leña.

La implementación de plantaciones maderables de alto valor en vegetación secundaria húmeda generaría impactos intermedios en términos financieros y sociales. Al generar la mayoría de los ingresos entre el año 25 y 30 (Figura A10), esta acción de restauración es sensible a la tasa de descuento con una disminución de 78% del VAN marginal, cuando se priorizan los beneficios más cercanos ($r = 15\%$), pero siempre sería positivo. No obstante, dicha técnica ya no sería rentable a 10 años cuando se dan condiciones de precios y rendimientos bajos. Sin embargo, cabe mencionar que es la técnica que tiene el mejor desempeño ambiental sin enfoque espacial (producción de leña, balance de GEI).

Para la restauración de pasto natural con la implementación de un sistema silvopastoril se observan valores intermedios para los criterios financieros y sociales. A pesar de presentar un VAN marginal negativo a 10 años, la restauración de pasto con un sistema silvopastoril genera beneficios financieros más altos que la continuación del uso actual a 30 años (figuras A11 y A12).

En relación con los criterios ambientales no espaciales, esta acción de restauración tendría la menor puntuación, lo cual se debe a que se obtendría un aumento de las emisiones de GEI por hectárea.⁵⁵ Sin embargo, sería la segunda acción que más beneficio traería tanto para el control de la erosión como para la disminución de la exportación de sedimentos, producto de la erosión.

La restauración ecológica de manglar proporciona un VAN marginal menor que la reforestación de manglar, debido a que en el uso actual existen todavía algunas áreas remanentes de mangle.⁵⁶ Dentro del análisis multicriterio esta acción tiene una puntuación general promedio, con un alto impacto social y unos beneficios financieros y ambientales moderados. A 10 años, esta técnica de restauración es apenas rentable y altamente sensible a la tasa de descuento y a los niveles de precios y rendimientos, por tener un VAN que se vuelve negativo cuando se usa el límite inferior. A 30 años, esta acción de restauración se vuelve netamente más beneficiosa que la continuación del uso actual. Es la segunda técnica que más empleo genera. Por establecer un marco de extracción de leña y corteza, la producción adicional de leña

como resultado de la restauración es baja en relación con las demás técnicas.

La reforestación de manglar ofrece resultados ambientales similares a la restauración ecológica de manglar. Sin embargo, si se considera únicamente el resultado financiero de la restauración, la reforestación de manglar sería la técnica que ofrecería el mejor desempeño. Esto se debe a que en el uso actual no se toma en cuenta ninguna actividad productiva por las condiciones de degradación del área. No obstante, es imprescindible ser cautelosos en cuanto a la interpretación de dichos resultados financieros por dos motivos: (1) dependen de actividades muy demandantes a nivel físico y poco remunerada (extracción de curiles y punches) y; (2) en muchos lugares de América Central se ha observado una sobreexplotación de curiles que provoca la extinción de las especies más demandadas en el mercado (Stern-Pirlot & Wolff, 2006). Por tanto, las autoridades competentes deberían de establecer límites de extracción de curiles (hoy en día inexistentes) basados en los inventarios locales de los recursos disponibles y velar para garantizar a futuro la permanencia de esta fuente de ingresos.

En relación con las demás técnicas, la protección contra incendios forestales en bosque de pino denso y ralo, generaría impactos sociales y financieros que se ubican en la mitad inferior. Esta acción de restauración trae más costos que beneficios financieros, tanto a 10 como a 30 años, ya que los árboles que se esperarían aprovechar, en contraparte, no compensan los costos de las prácticas de prevención de incendios. Pero dicha técnica respondería más a una voluntad de protección del ecosistema que a una lógica financiera. Los beneficios ambientales no espaciales también son relativamente bajos, pero el desempeño ambiental mejora de forma substancial cuando se consideran los indicadores espaciales (erosión y exportación de sedimentos). La quema prescrita limita la competencia con especies latifoliadas (Barlow et al., 2015), lo cual facilita la regeneración natural y por ende la conservación del ecosistema de pino. Asimismo, la protección contra incendios forestales mitiga el cambio climático y la exportación de sedimentos.

En último lugar, la reforestación de pino en área con incidencia de gorgojo y limitantes para la regeneración natural tiene una puntuación baja para todos los indicadores. Por su alto costo de implementación y bajos ingresos, no es rentable ni a 10 ni a 30 años (Figura A21). A su vez, se vuelve positiva a 30 años cuando se asigna mayor valor a los beneficios futuros, lo cual puede ser de interés al considerar que esta acción se inscribe dentro de una política pública de protección del patrimonio natural donde no se prioriza la rentabilidad financiera.

55 Este liviano incremento se podría compensar mediante la implementación de otras técnicas de restauración en una pequeña parte del área de pasto por restaurar. Para más detalles véase el apartado 3.4.

56 Al tener estas áreas con manglar que proporcionan leña y potencial para pesca artesanal, aumenta el costo de oportunidad, valorado como el ingreso que se deja de percibir por abandonar la extracción insostenible de los recursos del manglar. Para mayores detalles véase el Anexo 1, párrafo 1.8.

8 Conclusiones

El presente estudio usó el marco metodológico ROAM para evaluar los costos y beneficios financieros, ambientales y sociales que se podrían generar al implementar una serie de 11 técnicas de restauración.

Con el análisis financiero se encontró que, a 30 años, todas las acciones de restauración generarían más ingresos que continuar con el uso actual, salvo las tres acciones de restauración: las dos en bosque de pino y la implementación de sistema agroforestal Quesungual en granos básicos. A 10 años, solo la mitad de las técnicas seguirían más beneficiosas que la continuación del uso actual en términos financieros. El desempeño de todas las acciones de restauración tiene en general un impacto ambiental positivo. En cuanto a los cobeneficios sociales de la restauración, todas las técnicas generarían alguna mejora de las condiciones de vida, salvo la de protección contra incendios forestales en bosque de pino denso.

Al considerar los impactos positivos de la RPF sobre la biodiversidad (Beatty et al., 2018; Montagnini et al., 2004) y el impacto socio-económico de las técnicas analizadas, se desprende que varias técnicas consisten en medidas eficaces de adaptación basada en ecosistema. Por ejemplo, el sistema agroforestal Quesungual tiene a la vez un alto potencial para la conservación del suelo (servicios ecosistémico de regulación) y mantener la productividad del paisaje con leña y alimentos (servicios ecosistémicos de abastecimiento) frente a condiciones climáticas adversas como la sequía (servicio ecosistémico de regulación). Otras técnicas que calificarían como medidas de adaptación basada en ecosistema por su impacto en la biodiversidad, la conservación del suelo e impacto socioeconómico, serían el sistema silvopastoril, el sistema agroforestal de cacao y el agrobosque de café.

En cuanto a las sinergias entre mitigación y adaptación al cambio climático, salvo en el sistema silvopastoril analizado, todas las técnicas de restauración, y en particular las plantaciones dendroenergéticas y plantaciones de maderables de alto valor comercial, mejoran a la vez los medios de vida y tienen potencial de reducción de emisiones de GEI. Sin embargo, conviene matizar esta afirmación al mencionar que la protección contra los incendios en bosque de pino ralo y la reforestación de pino tendrían un impacto positivo mínimo, tanto para los medios de vida como para la mitigación del cambio climático.

Las estimaciones realizadas, como parte de este análisis, son influenciadas por factores que no se tomaron en cuenta en este estudio. Tal es el caso del efecto del cambio climático o el avance tecnológico, aunque se reconoce que ambos incidirán sobre los rendimientos a futuro. Por ser muy variables, según las regiones y el perfil de los usuarios de la tierra, se deben adaptar, a nivel local, los modelos de cuantificación de costos y beneficios de estos factores.

En el marco del Programa Nacional de Recuperación de Bienes y Servicios de Ecosistemas Degradados y basado en la ponderación de criterios financieros, sociales y ambientales, los resultados del presente estudio sirvieron para elaborar mapas de priorización de la restauración del paisaje productivo. Estos mapas permitieron, entre otros, establecer metas anuales para cada acción de restauración basado en las áreas prioritarias de restauración así identificadas (MiAmbiente+, 2018).

A la hora de buscar recursos financieros para la RPF, la información generada sobre el impacto ambiental espacial podría fomentar la participación de los beneficiarios o concesionarios de reservorios de agua ubicados en un determinado paisaje. En efecto, la menor exportación de sedimentos a nivel

de una cuenca hidrográfica se podría traducir en una disminución de costo de dragado de los embalses y cauces. Además, la identificación de las necesidades de disponibilidad de capital en los modelos de flujo de caja permite avanzar en el diseño de mecanismos de financiamiento que combinen varias fuentes de financiación (pública, privada) e instrumentos

de financiación (crédito, donación...) con base en el desempeño financiero de cada acción de restauración (p. ej. ROI). Los mapas de priorización y los mecanismos financieros son dos ejemplos de cómo los resultados de este estudio pueden ser utilizados como insumos para la formulación e implementación de proyectos e iniciativas de RPF.

9 Bibliografía

- Arévalo, G., Brito, M., Sarmiento, G. (2014). *Estimación del carbón orgánico por medio del color en suelos de Honduras*. Presented at the XX Congreso latinoamericano de la ciencia de suelo, Zamorano, Perú, pp. 3-6.
- Argeñal, F. (2010). *Variabilidad Climática y Cambio Climático en Honduras*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Tegucigalpa, Honduras. Asamblea Legislativa de Honduras (2003). Código del Trabajo, Decreto N° 189 (modificado en 2003) Artículo 320-333. Tegucigalpa, Honduras.
- Barahona, J. (2014). *Programa Nacional de Desarrollo Ganadero Sostenible* (PRONADEGAS).
- Banco Central de Honduras (BCH) (2017a). *Serie mensual y promedio anual, Índice de Precios al Consumidor*. Tegucigalpa, Honduras: BCH.
- Banco Central de Honduras (BCH) (2017b). *Promedio ponderado de la tasa de interés por actividad económica en moneda nacional sobre operaciones nuevas*. Tegucigalpa, Honduras: BCH, Gobierno de la República de Honduras.
- Banco Central de Honduras (BCH) (2017c). *Honduras en cifras 2014-2016*. Tegucigalpa, Honduras: BCH.
- Barlow, R.J., Kush, J.S., Gilbert, J.C., Hermann, S.M. (2015). 'Prescribed fire effects in a longleaf pine ecosystem - are winter fires working?'. In: A.G. Holley, K.F. Connor, J.D. Haywood (eds). *Proceedings of the 17th biennial southern silvicultural research conference*, pp.133-136. e-Gen. Tech. Rep. SRS-203. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station.
- Beatty, C.R., Cox, N.A., and Kuzee, M.E. (2018). *Biodiversity guidelines for forest landscape restoration opportunities assessments*. Gland, Switzerland: IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2018.10.en>
- Bockel, L., Sutter, P., Touchemoulin, O., O. y Jönsson, M. (2012). *Using Marginal Abatement Cost Curves to Realize the Economic Appraisal of Climate Smart Agriculture Policy Options*, EASYPol Series. Roma, Italy: FAO.
- Braatz, S. (2012). *Building resilience for adaptation to climate change through sustainable forest management in Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector, Proceedings of a Joint FAO/OECD workshop*. Roma, Italy: FAO.
- Brent, R. (1996). *Applied Cost-Benefit Analysis*. Edgar Elgar Publ. UK.
- Castro, F., Montes, E., Raine, M. (2004). *Centroamérica, la crisis cafetalera: efectos y estrategias para hacerle frente* (Sustainable Development Working Paper No. 23). San José, Costa Rica: The World Bank, Latin America and Caribbean Region.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (2016). *Plan de inversión de prácticas y tecnologías silvopastoriles en fincas ganaderas logrado con el apoyo de la FENAGH* (No publicado). Tegucigalpa, Honduras: CATIE.
- Chacón-León, M., Harvey, C.A. (2013). 'Reservas de biomasa de árboles dispersos en potreros y mitigación al cambio climático'. *Agron. Mesoam.* 24, 17-26.

- Chambers, R., Gordon, R.C. (1991). *Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st century*. IDS Discuss. p. 296.
- Cheng, B., Furtado, A., Smyth, H.E., Henry, R.J. (2016). 'Influence of genotype and environment on coffee quality'. *Trends Food Sci. Technol.* Volume 57, Part A, 20-30. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.003>
- Comisión Nacional de Vivienda y Asentamientos Humanos (CONVIVIENDA) (2016). *Informe República de Honduras. Hábitat III. Centroamérica La Crisis Cafetalera: efectos y estrategias para hacerle frente*. Tegucigalpa, Honduras: CONVIVIENDA.
- Corderos, J. y Boshier, D.H. (eds.) (2003). *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Costa Rica: CATIE / OFI. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/a11445e/a11445e.pdf> [consultado el 12 de julio de 2017].
- Cruz, E., León, J., Villanueva Najarro, C., Casanoves, F. and Declerck, F.A. (2011). 'Ahorro potencial de leña mediante la implementación de la ecoestufa "Justa" en la subcuenca del río Copán y su aporte a la conservación del capital natural'. *Agroforestería en las Américas* No. 48:118-129.
- Drigo, R., Bailis, R., Ghilardi, A., Masera, O. (2015). *Analysis of woodfuel supply, demand and sustainability in Honduras*. Centro de investigaciones en geografía ambiental de México. Yale, USA: Yale school of Forestry and Environmental Studies.
- Duarte, E., Díaz, O., Maradiaga, I., Casco, F., Fuentes, D., Galo, A., Avilés, P., Araneda, F. (2014a). *Mapa forestal y de cobertura de la tierra de Honduras: Análisis de cifras nacionales (nota técnica), mapeo de la cobertura forestal*. Antiguo Cuscatlán, El Salvador: Programa Regional REDD/CCAD-GIZ.
- Duarte, E., Díaz, O., Maradiaga, I., Casco, F., Fuentes, D., Galo, A., Avilés, P., Araneda, F. (2014b). *Sistema de clasificación del mapa forestal y cobertura de la tierra de Honduras (nota técnica No. 6)*. Cuscatlán, El Salvador: Programa Regional REDD/CCAD-GIZ.
- Dubón, A., Sánchez, J. (2016). *Manual de producción de cacao*, 2a ed. La Lima, Cortés: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2014). *Manual de directrices de uso y herramienta EX-ACT*. Roma, Italia: FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT) (2017). *FAO STAT base de datos* [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/> [2017, 15 de abril, 30 de mayo].
- Favretto, N., Stringer, L.C., Dougill, A.J., Dallimer, M., Perkins, J.S., Reed, M.S., Athhopheng, J.R., Mulale, K. (2016). 'Multi-Criteria Decision Analysis to identify dryland ecosystem service trade-offs under different rangeland land uses'. *Ecosyst. Serv.* No. 17:142-151. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.12.005>
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola y Sistema de Información de Mercados de Productos Agrícolas de Honduras (FHIA) (2004). *Guía técnica de cacao bajo sombra de maderables o frutales*. La Lima, Cortés: FHIA.
- Figueroa, M. (2007). *Proyecto de competitividad rural en honduras*. Tegucigalpa, Honduras: SAG y Banco Mundial.
- Fish, R., Burgess, J., Footit, A., Haines-Young, R., Russel, D., Turner, K. (2011). *Participatory and deliberative techniques to embed an ecosystems approach into decision-making*. Full technical report. Londres, Reino Unido: Defra.
- Fontana, V., Radtke, A., Bossi Fedrigotti, V., Tappeiner, U., Tasser, E., Zerbe, S., Buchholz, T. (2013). 'Comparing land-use alternatives: Using the ecosystem services concept to define a multi-criteria decision analysis'. *Ecol. Econ.* Volume 93, 128-136. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.05.007>
- Green Climate Fund (GCF) (2014). *Investment Framework*. Songdo, Republic of Korea: GCF.
- Gobierno de Honduras (2017). *Plan Maestro Agua Bosque y Suelo*. Tegucigalpa, Honduras: Gobierno de Honduras.
- Gobierno de Honduras (2013). *Government of Honduras proposal to the Global Agricultural and Food Security Program*. Tegucigalpa, Honduras: Gobierno de Honduras.
- Goedde, L., Horii, M., Sanghvi, S. (2015). *Pursuing the global opportunity in food and agribusiness* | McKinsey & Company.
- Guerry, A.D., Polasky, S., Lubchenco, J., Chaplin-Kramer, R., Daily, G.C., Griffin, R., Ruckelshaus, M., Bateman, I.J., Duraiappah, A., Elmqvist, T., Feldman, M.W., Folke, C., Hoekstra, J., Kareiva, P.M., Keeler, B.L., Li, S., McKenzie, E., Ouyang, Z., Reyers, B., Ricketts, T.H., Rockström, J., Tallis, H., Vira, B. (2015). 'Natural capital and ecosystem services informing decisions: From promise to practice'. *Proc. Natl. Acad. Sci.* No. 24:7348-7355. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503751112>
- Hands, M. (2017). *Carbon budget estimates for slash-and-burn subsistence in Northern Honduras*. Estudio del autor de uso interno.
- Hands, M. (2003). *El uso de Inga en cultivo en callejones*, J. Cordero, D. Boshier, Árboles de Centroamérica. ed. J. Cordero, & D. Boshier, Árboles de Centroamérica, Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Hands, M. (1998). "The uses of Inga in the acid soils of the rainforest zone: alley-cropping sustainability and soil-regeneration". In: T.D. Pennington and E.C.M. Fernandes (eds.) *The Genus Inga: Utilization*, pp.53-86. Kew, Reino Unido: The Royal Botanic Gardens.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas protegidas y Vida Silvestre (ICF) (2017a).

- Resultados evaluación nacional forestal de Honduras.* Tegucigalpa, Honduras: ICF.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Departamento de Manejo Forestal (ICF) (2017b). *Resumen de precios de pino en subastas del 2001 al 2008 y 2015. Muestreo de precio para latifoliado al 2015.* Tegucigalpa, Honduras: ICF, Departamento de Manejo Forestal.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF), Departamento de Manejo Forestal (2017c). *Geoportal del Sector Forestal de Honduras.*
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Departamento de Manejo Forestal (ICF) (2016a). *Anuario estadístico forestal de Honduras 2015.* Tegucigalpa, Honduras: ICF. ed. Comayagüela, Honduras.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Departamento de Manejo Forestal (ICF) (2016b). *Plan de manejo Subsistema de Áreas Naturales Protegidas de la Zona Sur de Honduras (ZAPZsurH).* Marcovia, Honduras: ICF.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Departamento de Manejo Forestal (ICF) (2011). *Manual Lineamientos y normas para un mejor manejo forestal.* Tegucigalpa, Honduras: ICF.
- Instituto Hondureño del Café (IHCAFÉ) (2017). *Informe estadístico anual 2015-2016.* Tegucigalpa, Honduras: IHCAFÉ.
- Imbach, P., Beardsley, M., Bouroncle, C., Medellín, C., Läderach, P., Hidalgo, H., Alfaro, E., Van Etten, J., Allan, R., Hemming, D., Stone, R., Hannah, L., Donatti, C.I. (2017). 'Climate change, ecosystems and smallholder agriculture in Central America: an introduction to the special issue'. *Climate Change* No. 1:1-12. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-1920-5>
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2016). *Encuesta Permanente de Hogares de propósitos múltiples - Cuadros de mercado laboral.* Tegucigalpa, Honduras: INE.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Secretaría del Despacho de la Presidencia, Secretaría de Salud (2013). *Encuesta Nacional de Demografía y Salud.* Tegucigalpa, Honduras: INE.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). *Cambio climático 2014 Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Organización Meteorológica Mundial [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)], Ginebra, Suiza.
- James, D., Predo, C. (2015). "Principles and Practice of Cost-Benefit Analysis", in: *Cost-Benefit Studies of Natural Resource Management in Southeast Asia*, pp. 11-46. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-287-393-4_2
- Jiménez, M., Villanueva, G. (2005). *Análisis de la Cadena del Café en Honduras: elementos para un plan de acción para el mejoramiento de su competitividad.* Tegucigalpa, Honduras: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. ed.
- Jiménez Nehring, N. (2012). *Producción de madera y almacenamiento de carbono en cafetales con cedro (Cedrela odorata) y caoba (Swietenia macrophylla) en Honduras.* Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Johnson, J., No publicado. *Mapas de R. y K.* Natural Capital Project.
- Kenter, J.O., Redd, M., Irvine, K.N., O'Brien, E., Brady, E., Bryce, R., Christie, M., Church, A., Cooper, N., Davies, A., Hockley, N., Fazey, I., Jobstvogt, N., Molloy, C., Orchard-Webb, J., Ravenscroft, N., Ryan, M., Watson, V. (2014). *UK National Ecosystem Assessment Follow-on. Work Package Report 6: Shared, Plural and Cultural Values of Ecosystems.* Reino Unido: UNEP-WCMC, LWEC.
- Knoke, T., Weber, M., Barkmann, J., Pohle, P., Calvas, B., Medina, C., Aguirre, N., Günter, S., Stimm, B., Mosandl, R., von Walter, F., Maza, B., Gerique, A. (2009). 'Effectiveness and distributional impacts of payments for reduced carbon emissions from deforestation'. *ERDKUNDE* Volume 63, 365-384. <https://doi.org/10.3112/erdkunde.2009.04.06>
- Knoke, T., Wurm, J. (2006). 'Mixed forests and a flexible harvest policy: a problem for conventional risk analysis?' | *SpringerLink. Eur. J. For. Res.* Volume 125, 303-315.
- Lardizabal, R. (2007). *Manual de producción de plátano de alta densidad. Entrenamiento y desarrollo de productores.* La Lima, Cortés, Honduras: FHIA.
- Larios, M. (2011). *Evaluación preliminar sobre causas de la deforestación y degradación de bosques en Honduras, Programa Reducción de Emisiones de la Deforestación y Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD-CCAD/GIZ).* Tegucigalpa, Honduras: Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas protegidas y vida silvestre.
- Lasco, R.D., Delfino, R.J.P., Catacutan, D.C., Simelton, E.S., Wilson, D.M. (2014). 'Climate risk adaptation by smallholder farmers: the roles of trees and agroforestry'. *Curr. Opin. Environ. Sustain. Sustainability challenges* Volume 6, 83-88. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.013>

- Lefebvre, M., De Cuyper, K., Loix, E., Viaggi, D., Gomez-y-Paloma, S. (2014). *European farmers' intention to invest in 2014-2020: Survey results. 4.6.1. Farm household lifecycle*, JRC Science and policy reports. Joint Research Centre-European Commission.
- Matute, O., Pineda, J. (2011). *Guía para la determinación de costos de producción en Café*. Tegucigalpa, Honduras: Departamento de Investigación y Desarrollo IHCAFÉ.
- Mejía, S., Canahuati, B. (2013). *Estudio de costo beneficio de secadores de cacao para la cooperativa San Fernando de Omoa*. San Pedro Sula, Honduras: Universidad Tecnológica Centroamericana.
- MiAmbiente+ (2017). *Propuesta nivel de referencia de las emisiones forestales por deforestación en la República Honduras para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC*. (No publicado). Francisco Morazán, Honduras: Secretaría de Energía Recursos Naturales Ambiente y Minas.
- MiAmbiente+ (2018). *Programa Nacional de Recuperación de Bienes y Servicios de Ecosistemas Degradados de Honduras 2018-2028*. Tegucigalpa, Honduras: Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente.
- Mishra, P.K., Rai, S.C. (2014). 'A Cost-Benefit Analysis of Indigenous Soil and Water Conservation Measures in Sikkim Himalaya, India'. *Mt. Res. Dev.* No. 1:27-35. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-12-00013.1>
- Montagnini, F., Cusack, D., Petit, B., Kanninen, M. (2005). 'Environmental Services of Native Tree Plantations and Agroforestry Systems in Central America'. Co-published simultaneously in *Journal of Sustainable Forestry*; and: *Environmental Services of Agroforestry Systems* No. 1:51-67. https://doi.org/10.1300/J091v21n01_03
- Mora, A., Rodríguez, M. (2014). *Calidad de suelos de dos zonas de vocación forestal y recomendaciones de manejo en la E.A.P. Zamorano*, Honduras. Zamorano. La Lima, Cortés, Honduras Escuela Agrícola Panamericana.
- National Research Council (2002). *Publicly Funded Agricultural Research and the Changing Structure of U.S. Agriculture*. The National Academies Press, Washington DC, USA. <https://doi.org/10.17226/10211>
- Nello, T. (2017). *Propuestas de mecanismos para el financiamiento de la restauración de paisajes productivos en Honduras*. No publicado. UICN-ORMACC.
- Pendleton, L., Donato, D.C., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., Sifleet, S., Craft, C., Fourqurean, J.W., Kauffman, J.B., Marbà, N., Megonigal, P., Pidgeon, E., Herr, D., Gordon, D., Baldera, A. (2012). 'Estimating Global "Blue Carbon" Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated Coastal Ecosystems'. *PLoS ONE* 7(9): e43542. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043542>
- Pirard, R. (2008). 'Estimating opportunity costs of avoided deforestation (REDD): Application of a flexible stepwise approach to the Indonesian pulp sector'. *Int For. Rev.* No. 3: 512-522. DOI: 10.1505/ifer.10.3.512
- Plateros, J. (2016). *Situación de la lechería en Honduras*. Información correspondiente al año 2016 FENAGH.
- Raes, L., Nello, T., Nájera, M., Sanchún, A., Saborío, J., Chacón, O., Meza Prado, K. (2017). *Análisis económico de categorías de intervención para la restauración de paisajes productivos en El Salvador*. San José, Costa Rica: UICN-ORMACC. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.19.es>
- Renard, K., Foster, G., Weesies, G., McCool, D., Yoder, D. (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised soil loss equation*. Washington D.C., USA.
- República de Honduras (2010). *Visión de país 2010-2038, Horizonte de Planificación para siete períodos de Gobierno*. Tegucigalpa, Honduras: Gobierno de la República de Honduras.
- Richards, S.T., Batte, M.T., Brown, B.J., Czartoski, N.R., Faussey, H.W., Belcher (1998). *Farm Level Economic Analysis of a Wetland-Reservoir Subirrigation System in Northwestern Ohio*. Presented at the Paper Presented at the 1998 ASAE Annual International Meeting, July 12-15, 1998, Orlando, Florida.
- Rizvi, A.R., Baig, S., Barrow, E., Kumar, C. (2015). *Synergies between Climate Mitigation and Adaptation in Forest Landscape Restoration*. Gland, Suiza: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/45203>
- Rodas, J.G.F. (2012). *Evaluación del costo de derechos de la madera en pie y otros costos de transacción sobre el manejo forestal en Honduras*. Eval. Impacto Cobro Por Derechos Aprovech. Madera En Pie Otras Tasas Sobre El Manejo For. En Honduras Roma Ital. 22.
- Saima, B., Rizvi, A.R., Jones, M. (2017). *Enhancing Resilience through Forest Landscape Restoration: Understanding Synergies and Identifying Opportunities*. Informe de discusión. Gland, Suiza: UICN.
- Sain, G. I., Loboguerrero, A.M., Corner-Dolloff, C., Lizarazo, M., Martínez-Barón, D., Andrieu, N. (2017). 'Costs and benefits of climate-smart agriculture: The case of the Dry Corridor in Guatemala'. *Agric. Syst.* Volume 151, 163-173. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.05.004>
- Sánchez, B. (2014). *Sistemas silvopastoriles en Honduras, Una alternativa para mejorar la ganadería*. Tegucigalpa, Honduras: FAO.
- Sanchún, A., Botero, R., Moreira Beta, R., Obando, G., Russo, R.O., Scholz, C., Spinola, M. (2016). *Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas*: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Oficina Regional para México, América Central y el Caribe, Sanchún A., Gómez Zuluaga M.L. ed. San José, Costa Rica.

- Sappal, S.M., Ranjan, P., Ramanathan, A. (2016). 'Blue Carbon Ecosystems and Their Role in Climate Change Mitigation-An Overview'. *J. Clim. Change* No. 2: 1-13. <https://doi.org/10.3233/JCC-160013>
- Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) (2017). *Boletín agroestadísticas de Honduras 2014-2017*. Unidad de planificación y evaluación de la gestión. Tegucigalpa, Honduras: SAG.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) (2016). *Planes de inversión para maíz y frijol: Presupuesto de cultivo para 1 manzana de: Maíz*. Tegucigalpa, Honduras: SAG/Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) (2015a). *Análisis de coyuntura del cultivo de frijol en Honduras*. Tegucigalpa, Honduras: SAG.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) (2015b). *Análisis de coyuntura del cultivo de maíz en Honduras*. Tegucigalpa, Honduras: SAG.
- Secretaría de Trabajo y Seguridad Social (2017). *Tabla de Salario Mínimo vigente a partir del 1 de enero 2017*. Tegucigalpa, Honduras: Dirección General de Salarios.
- Secretaría de Trabajo y Seguridad Social. (2009). *Código del Trabajo Honduras Decreto N° 189 de 1959*, Lopez D., Mejía G. ed. Tegucigalpa, Honduras.
- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), Servicio de Educación Agrícola, Capacitación y Desarrollo Agroempresarial (SEDUCA) (2010). *Vulnerabilidad de Honduras ante los efectos del cambio climático*. Tegucigalpa, Honduras: SERNA.
- Sharp, R., Tallis, H.T., Ricketts, T., Guerry, A.D., Wood, S.A., Chaplin-Kramer, R., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim, C.K., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M., Bernhardt, J., Griffin, R., Glowinski, K., Chaumont, N., Perelman, A., Lacayo, M., Mandle, L., Hamel, P., Vogl, A.L., Rogers, L., Bierbower, W., Denu, D., Douglass, J. (2016). *InVEST User Guide*. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) (2017). *Base de datos* [en línea]. Disponible en: <http://estadisticas.sieca.int/> [2017, 17 de abril].
- Simmons, C.S. (1969). *Los suelos de Honduras*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Sistema de Información de Mercados de Productos Agrícolas de Honduras (SIMPAH) (2017). *Promedio anuales de precios históricos para cultivos-UICN/MiAmbiente*. San Pedro Sula, Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola y SIMPAH.
- Somarrriba, E., Cerda, R., Orozco, L., Cifuentes, M., Dávila, H., Espin, T., Mavisoy, H., Ávila, G., Alvarado, E., Poveda, V., Astorga, C., Say, E., Deheuvels, O. (2013). 'Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America'. *Agric. Ecosyst. Environ* Volume 173, 46-57. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.04.013>
- Stein, W.E., Kebblis, M.F. (2009). 'A new method to simulate the triangular distribution'. *Math. Comput. Model.* No. 5-6:1143-1147. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2008.06.013>
- Stern-Pirlot, A., Wolff, M. (2006). 'Population dynamics and fisheries potential of *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) along the Pacific coast of Costa Rica'. *Rev Biol Trop*. Volume 54, 87-99.
- Tetra Tech ARD (2014). *Vulnerability and resilience to climate change in Western Honduras*. *African and Latin American Resilience to Climate Change* (ARCC). USAID, Honduras.
- Tetra Tech ARD (2013). *Vulnerability and resilience to climate change in Southern Honduras*. *African and Latin American Resilience to Climate Change* (ARCC). Tegucigalpa, Honduras: USAID.
- Tubiello, F.N., Córdor-Golec, R.D., Salvatore, M., Piersante, A., Federici, S. (2015). *Estimating greenhouse gas emissions in agriculture a manual to address data requirements for developing countries*. Rome, Italy: FAO.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). *Área de oportunidad para la restauración en Honduras* (6 criterios). No publicado. San José, Costa Rica: UICN.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) World Resources Institute (WRI) (2014). *Guía sobre la metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM): Evaluación de las oportunidades de restauración del paisaje forestal a nivel nacional o subnacional*. Documento de trabajo (edición de prueba). Gland, Suiza: UICN. <https://portals.iucn.org/library/node/45770>
- White, D., Peter, M., Meine, van N. (2011). *Estimación de los costos de oportunidad de REDD+ - Manual de capacitación*, World Bank Institute. ed.
- Wischmeier, W., Johnson, C., Cross, B. (1971). 'A Soil Erodibility Nomograph for Farmland and Construction Sites'. *J. Soil Water Conserv.* 26, 189-193.
- Wunder, S., Engel, S., Pagiola, S. (2008). 'Taking stock: a comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries'. *Ecol. Econ.* No. 4:834-852. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.03.010>

10 Anexos

Anexo 1 Descripción de las acciones de restauración

A.1.1 Sistema agroforestal de cacao

La implementación de un sistema agroforestal (SAF) de cacao en cafetales por debajo de 900 msnm es una actividad donde los esfuerzos públicos y la cooperación internacional se concentran desde hace, aproximadamente, tres años (Gobierno de Honduras, 2013), lo cual ha permitido estructurar una cadena de valor.⁵⁷

Debido al endeudamiento de los productores se ha visto como, progresivamente, han abandonado las áreas de café poco productivas y de calidad de tasa estándar.⁵⁸ En este sentido, el cultivo de cacao podría ser una buena opción para, a su vez, reemplazar el cafetal y mantener un cultivo perenne. Es así como el programa nacional de cacao busca incentivar este cultivo en áreas de café para mantener no solo la productividad, sino también los árboles de sombra (BAN-HPROVI, 2017).

Uso actual del suelo: El área de oportunidad se caracteriza por ser café con sombra temporal, ya sea de musáceas como plátano y banano (33% del área) o bajo sombra permanente de árboles del género *Inga* más musáceas (67% del área productiva).

Acción de restauración: La técnica de restauración consiste en reemplazar el cafetal con un sistema agroforestal de cacao. Los criterios para el establecimiento y manejo de las plantaciones se hicieron con base en las recomendaciones técnicas de los expertos que elaboran planes de reemplazo de café por cacao⁵⁹ y del manual de producción de cacao de la FHIA (Dubón & Sánchez, 2016). Se consideró la diversidad genética necesaria dentro del cacaotal para permitir la polinización y la productividad (Phillips-Mora et al., 2013), asimismo se seleccionaron ocho variedades (CS-1, ICS6, ICS39, ICS60, TSH-565, UF 676, UF667, UF 221) de cacao trinitario fino de aroma, desarrolladas por la FHIA, para ser considerados en el plan de siembra de la restauración analizada en este estudio.

El plátano como cultivo secundario y sombra temporal, se empieza a remover de la parcela a partir del cuarto año para ser eliminado totalmente en el séptimo año. En cuanto a las especies maderables se incluyen tanto árboles de madera secundaria como el guama (*Inga spp.*) residual del cafetal y madre cacao (*Gliricidia Sepium*) como árboles maderables de alto valor⁶⁰ en los linderos con el laurel blanco (*Cordia alliodora*) y dentro de la plantación.⁶¹ Se contabilizarían en promedio 38 árboles maderables de alto valor con sus respectivos periodos de aprovechamiento a los 15, 20 y 30

57 La asesoría técnica y la oferta de material genético e calidad están suministrados por la FHIA en alianza con la SAG. Por otra parte, la organización gremial APROCACAHO apoya en la afiliación o conformación de grupos organizados de productores(as) que se vinculan directamente al mercado.

58 Es la calidad de café más común encontrado en Honduras, con un precio relativamente bajo.

59 Comunicación personal con Dubón A., encargado del programa de cacao en la FHIA el 28/04/2017.

60 Se seleccionaron las especies maderables con base en la lista de árboles recomendados para SAF del capítulo anterior sobre cacao del ICF (ICF, 2017d) y la sistematización de rendimiento por especies (m³ en pie/fuste) realizado por FHIA (Dubón & Sánchez, 2016; Domínguez & Gheraldini, 2013).

61 Las especies de árboles maderables usados dentro la plantación son: caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), granadillo rojo (*Dalbergia Glomerata*), san juan areno (*Ilex tectónica*).

años, además de 150 árboles de sombra fijadores de nitrógeno (especie del género *Inga* y *Madrecacao*) por hectárea.

A.1.2 Agrobosque de café

La diversificación de los cafetales es una prioridad nacional para enfrentar las variaciones del precio internacional y por los beneficios ambientales de este sistema de cultivo de café. Se promueve este enfoque dentro de la Acción de Mitigación Nacionalmente Apropiada (NAMA, por sus siglas en inglés) en el sector cafetalero del país, liderado por el Instituto Hondureño del Café (Funez, 2017).

Uso actual del suelo: Para efectos del análisis de egresos e ingresos y determinar la frecuencia de la renovación total de la plantación, se tomó como promedio una vida comercial de 20 años para una producción eficiente (Arcila et al., 2007) por lo que se consideró una renovación gradual anual de 4% de la plantación. A nivel nacional un 33% del cafetal se encuentra bajo sombra de musáceas como el plátano y el banano; un 67% combina sombra de árboles del género *Inga* y musáceas.⁶² El uso actual analizado como parte de este análisis se enfoca únicamente en las áreas de café que no cuentan con sombra permanente (árboles), es decir, el 33% del parque cafetalero nacional.

Acción de restauración: La técnica de restauración de cafetales con la implementación de un agrobosque de café consiste en incorporar árboles maderables y frutales dentro del área productiva. Se siguieron las recomendaciones del Plan Nacional de Reforestación en cuanto a las especies y densidades para la diversificación del cafetal (ICF, 2017d). Se determinó una densidad de 156 árboles por hectárea, 20 de aguacate y el resto con nueve especies de maderables con base en la distribución a nivel nacional de las especies consideradas en este análisis.⁶³ La densidad final es consecuente con la recomendación que hace Jiménez (2011), quien indica que si la finalidad es lograr una producción conjunta café-maderable, se deben plantar los árboles a 8 m de distancia.⁶⁴

62 Comunicación personal con Jiménez G., Coordinadora del Programa de Agroforestería del IHCAFÉ el 19/04/2017.

63 La cantidad de individuos de cada especie de árbol es mayor en algunas variedades que otras, lo cual es importante para un cálculo económico representativo a nivel nacional. Por lo tanto, se procedió a un cálculo ponderado. A partir de la densidad y número de árboles de cada especie, se ponderó de acuerdo con la cantidad de área sembrada con café en cada departamento y las especies recomendadas para sembrar.

64 De esta manera es posible mantener sombra de *Musa spp.* e *Ingas spp.* hasta los nueve años. En este momento, sería requerido el primer raleo de los maderables para evitar la competencia de las copas. Los árboles del género *Inga* serían reemplazados en el momento de la renovación del café (año 20) y se dejarían solo los maderables. Adicionalmente, todos los árboles cosechados a los 15 y 20 años son reemplazados por nuevos de la misma especie y en igual cantidad a los cosechados.

El aguacate es parte de la estrategia de diversificación e incremento del ingreso de los(as) productores(as) cafetaleros(as). Al considerar una densidad de 278 árboles/ha, se destinan 432 m² para la siembra de 20 árboles en lugar del cafeto (lo cual equivale a 207 plantas de café). Los árboles de aguacate se deben sembrar en un área cercana a las fuentes de agua para su riego en las épocas de verano.

A.1.3 Sistema de cultivo de granos básicos en callejones

La degradación del suelo afecta al 80% de los productores de granos básicos ubicados en las zonas de laderas en Honduras, lo que perjudica la seguridad alimentaria y la capacidad de adaptación al cambio climático de los(as) productores(as) de granos básicos (Schmidt et al., 2012).

Uso actual del suelo: La proporción de área de cultivo para el maíz es de 75% y el 25% restante corresponde al frijol⁶⁵ (FAOSTAT, 2017; ICF, 2017a). Los datos de consumo de fertilizante para la línea base se calcularon tomando en cuenta las necesidades de fertilizantes correspondientes al peso promedio de frijol y maíz cosechado por unidad de terreno (Bertsch, 2009).

Acción de restauración: Se propone el sistema de cultivo de granos básicos en callejones con guama (*Inga spp.*) desca en la región atlántica, donde la precipitación no excede 3500 mm anuales, en un rango altitudinal entre 600 y 1200 msnm.⁶⁶ Por consiguiente, se ha identificado este sistema como idóneo para la restauración del área de granos básicos ubicado en el uso actual pastos/cultivos 1.⁶⁷ Se basa en sembrar árboles guama (*Inga spp.*) en curvas de nivel con alta densidad (0,5 m entre plantas y 4 m entre calles) (Hands, 1998), lo cual equivale a una densidad de 3500 árboles/ha.⁶⁸

Para la implementación de este sistema se recomienda la siembra de una cerca de madreaje (*Gliricidia sepium*) alrededor de la parcela y el establecimiento de árboles forestales en linderos con especies como: laurel blanco (*Cordia alliodora*), laurel negro (*Cordia megalantha*) y cedro real (*Cedrela odorata*) en una densidad de 67 árboles/ha.

65 Comunicación personal con el Ing. Salgado, R. Director del Programa de Granos Básicos, DICTA el 24/04/2017.

66 Comunicación personal con el Ing. Martz, A. Representante Inga Foundation Honduras, el 19/05/2017. Este modelo ha sido implementado por Inga Foundation con unas 300 familias de la región Atlántica, en coordinación con el Centro Universitario Rural del Litoral Atlántico (CURLA).

67 Abarca a los departamentos de Atlántida, Colón, Cortés, Gracias a Dios, Olancho y Yoro.

68 Los árboles se manejan a una altura de 1,5 m y se eliminan casi todas las ramas al momento de la siembra de los granos. Una vez que se alcanza la cosecha, las plantas de guama se han regenerado, permitiendo la cobertura al suelo y los ciclos de incorporación de material vegetal; asimismo se recuperan cantidades altas de leña del sistema (Corderos & Boshier, 2003).

El sistema contempla la incorporación de 800 plantas de pimienta/ha como alternativa de diversificación de cultivo, pues se adapta al sistema de manejo establecido con la guama puesto que la pimienta requiere de un tutor vivo y podas constantes. No obstante, de acuerdo con las características particulares de la finca, las condiciones del mercado e intereses del productor, se pueden integrar otros cultivos como: piña, plátano, tomate, cacao, rambután y aguacate (Inga Foundation, 2014). Debe considerarse, que el área disponible para granos es de 55%, pues los maderables más la cerca requieren 37% del área y la pimienta 8%.

A.1.4 Sistema agroforestal Quesungual

La restauración de áreas de granos básicos mediante el sistema agroforestal Quesungual responde a la dificultad de producir granos básicos en laderas, en el área que corresponde al corredor seco de Honduras.⁶⁹ Esta tecnología está validada para zonas de vida en el trópico seco, a unos 140-800 metros sobre el nivel del mar (Ayarza & Welchez, 2004). Donde existe un riesgo de disminución de la productividad como consecuencia de la erosión hídrica, la conservación de los suelos toma un papel fundamental en el manejo de los cultivos (Gobierno de Honduras, 2013).

Uso actual del suelo: Se consideraron los supuestos y criterios técnicos descritos en el apartado A.1.3 para el uso actual con la excepción de los rendimientos (véase Anexo 2).

Acción de restauración: El sistema agroforestal Quesungual se basa en principios de agricultura familiar que combina técnicas de manejo del suelo,⁷⁰ agrícolas y forestales.⁷¹ En este sistema se disponen árboles dispersos con regeneración natural y se siembran granos de manera intercalada (Gamboa et al., 2009).

El sistema incluye en promedio 286 árboles/ha (Fernández et al., 2005), donde el 8% (23 árboles) corresponde a los árboles maderables a los que se les permite su crecimiento para cosecha de madera en el futuro. Martínez (2011) encontró que la mayoría de los árboles restantes sirven para fines energéticos (leña) y de producción frutal.

A.1.5 Plantación dendroenergética

La última evaluación forestal nacional encontró que el 30% de los(as) propietarios(as) de las áreas de vegetación secundaria tienen interés en la siembra de plantaciones dendroenergéticas (ICF, 2017a). Demuestra la importancia de ofrecer opciones productivas para la restauración de vegetación secundaria, si no se corre el riesgo de desplazar los cultivos (Pfeffer et al., 2005). Por eso, las plantaciones dendroenergéticas podrían responder a la doble necesidad de generar ingresos y disminuir la presión sobre el bosque al proporcionar, de manera continua, cantidades significativas de leña.

Uso actual del suelo: La vegetación secundaria decidua corresponde a las áreas de arbustos⁷² proveniente del bosque latifoliado deciduo que fueron intervenidos o destruidos por la actividad ganadera y la producción de granos básicos.⁷³ En promedio son unos 59 arbustos/ha (Ramírez Zea & Salgado Cruz, 2006). El periodo de descanso de la tierra de cuatro años acaba con un raleo de 100% de los arbustos, producto de la regeneración natural (Jansen 1998). Para el control de malezas es común el uso de la quema para el inicio y entre los ciclos de cultivos que se repiten por tres años (Foletti et al., 1992). Bajo el sistema de quema y tumba, los(as) productores(as) cultivan áreas en barbecho por varios años (Aweto, 2013) y luego vuelven a dejar la tierra en descanso por un plazo de tres a diez años⁷⁴ (Jansen, 1998).

Acción de restauración: El sistema de plantación dendroenergética propuesto para este estudio se caracteriza por tener una densidad de siembra de 1600 árboles por hectárea, distribuidos en cantidades iguales entre tres especies forestales. El establecimiento de la plantación dendroenergética se costeo con base en buenas prácticas que están en desarrollo actualmente en el país (ASIDE, 2016). Las tres diferentes especies, que se eligieron basado en lo que propone el ICF (2017d) son: la melina (*Gmelina arborea*), la leucaena (*Leucaena leucocephala*) y la sipa (*Leucaena salvadorensis*). El manejo de cada especie considerado, se basó en las características de cada especie, su capacidad de rebrote y la necesidad de distanciamiento (Toscano et al., 1997).

69 Abarca a los departamentos de Choluteca, Comayagua, Copán, El Paraíso, Francisco Morazán, Intibuca, la Paz, Lempira, Ocotepeque y Valle.

70 Es necesario aplicar principios de no quema y no labranza del suelo, pues esto favorece que el suelo se mantenga en condiciones óptimas.

71 Consiste en el manejo de los rebrotes de los árboles regenerados de los cuales se puede recoger en promedio 50 cargas de leña por hectárea y por año (Ayarza et al., 2010); mientras que los rastrojos más finos quedan en el terreno de manera que se incorporen, eventualmente, al suelo.

72 Plantas leñosas con uno o varios troncos. Se refiere a tipos de vegetación cuyos elementos leñosos dominantes son arbustos, es decir, plantas leñosas perennes, generalmente de más de 0,5 m y menos de 5 m de altura en su madurez y sin una copa definida (ICF, 2014).

73 Según un análisis de las tasas de deforestación históricas 2000-2016 en bosque seco y de pino, el 7% del área de vegetación secundaria decidua proviene de áreas deforestadas de los últimos 15 años (MiAmbiente+, 2017). Por lo general, las áreas de vegetación secundaria decidua vuelven a ser intervenidas bajo una modalidad de agricultura migratoria (MGM Innova, 2013), lo que no permite la recuperación del ecosistema original.

74 Bajo el sistema de tumba y quema original de los mayas, la duración del plazo de descanso era de varias décadas. Por el aumento poblacional y la atomización de las tierras, dicho periodo ha venido reduciendo a unos años.

A partir del año tres se comienza a producir leña, mientras que la producción se estabiliza a partir del año cuatro. Las resiembras son planificadas cada 9 o 10 años según los ciclos de cada especie.

A.1.6 Plantación de maderables de alto valor

El 50% de los(as) propietarios(as) de las áreas de vegetación secundaria declararon estar interesados en sembrar plantaciones maderables (ICF, 2017a).

Uso actual del suelo: La vegetación secundaria húmeda resulta del bosque latifoliado húmedo⁷⁵ que ha sido deforestado (Duarte et al., 2014b). El manejo de estas áreas es similar a la vegetación secundaria seca (véase párrafo anterior).

Acción de restauración: Se estableció el número de árboles entre especies⁷⁶ al considerar: (1) si las características de cada departamento son propicias para el cultivo de cada especie (ICF, 2017d), (2) el área de vegetación secundaria húmeda encontrada en cada departamento (ICF, 2017a) y, (3) las zonas de protección forestales y sus restricciones de siembra (ICF, 2016). La densidad de siembra es de 1078 árboles por hectárea. Se prevé que al final del año 30, en promedio, 70% de los árboles originalmente sembrados habrán sido intervenido, mediante raleo o para el aprovechamiento final. Es importante mencionar que conforme a lo estipulado por la ley, los árboles removidos se resiembran de manera sistemática previamente a la cosecha de los árboles aprobados dentro del plan de manejo (Asamblea Legislativa de Honduras, 2008).

Con esta técnica, a partir del quinto año, se empieza a generar ingresos significativos por ventas de leña luego de los labores de poda y raleo.

A.1.7 Sistema silvopastoril

La ganadería en Honduras contribuye con aproximadamente 13% del PIB agropecuario y genera más de 400 000 empleos directos (Sánchez, 2014). Es la actividad productiva que demanda la mayor cantidad de tierras entre todas las explotaciones agropecuarias. Existen 96 622 explotaciones bovinas, 76% de doble propósito, 15% con orientación lechera y 9% exclusivamente para engorde (INE, 2008).

75 El 14% del área de vegetación secundaria húmeda proviene de zonas deforestadas en los últimos 15 años (MiAmbiente+, 2017).

76 Teca (*Tectona grandis*), laurel blanco (*Cordia alliodora*), laurel negro (*Cordia megalantha*), cedro (*Cedrela odorata*), caoba del pacífico (*Swietenia humilis*), caoba del Atlántico (*Swietenia macrophylla*), y kahya (*Khaya senegalensis*).

Uso actual del suelo: De la superficie actual de pastos un 63% son naturales y 37% restante son mejorados o cultivados. Predomina el sistema ganadero extensivo donde los pastizales han sido establecido después de que la agricultura de tala y roza eliminó el bosque; muchos(as) productores(as) mantienen la práctica de quemar periódicamente sus pastos (Sánchez, 2014).

Acción de restauración: Como técnica de restauración se propone implementar sistemas silvopastoriles de árboles dispersos, cercas vivas y bancos forrajeros. Se recomienda que el establecimiento del pasto (Mulato II-*Brachiaria* CIAT 36061) sea gradual para dar tiempo a que el hato crezca, de lo contrario se genera un excedente de pasto y sobremaduración que reduce la digestibilidad (Argel et al., 2007). Se propone utilizar árboles de uso múltiple que proporcionan madera para construcción,⁷⁷ cercas, leña, frutas para animales y para el consumo humano, medicinas, miel y sombra (Sánchez 2014). Para la evaluación de este sistema, se consideró la siembra de 30 árboles maderables: cinco árboles de cada una de las especies seleccionadas (Uribe et al., 2011).

Se plantea utilizar el pasto Mulato II teniendo en cuenta los amplios estudios⁷⁸ en disponibilidad de forraje en Honduras y productividad de leche realizados por Burgos (2004) y Argel et al. (2007). El manejo propuesto es un sistema de rotación con tres días de ocupación y 27 de descanso para lograr un buen aprovechamiento del pasto y reducir las pérdidas por pisoteo (20%).

Se consideró también el estacimiento de bancos forrajeros de sorgo, principalmente, como fuente energética y como fuente proteica al año 4,⁷⁹ el botón de oro *Tithonia diversifolia* y la *Cratylia argentea*; la primera recomendada para zonas de precipitación alta y media, mientras que la segunda para zonas secas y de humedad media.

A.1.8 Restauración ecológica de manglar

En Honduras, el área de manglar se compone de 26 834 ha de mangle alto y 17 107 ha de mangle bajo. La mayor área de bosque de manglar se concentra en el golfo de Fonseca (Mejía et al., 2002). Desde 2005, MiAmbiente+ ha impulsado planes de manejo para la conservación y protección del manglar

77 Las especies caoba del atlántico y del pacífico, laurel blanco y negro, san juan y teca (ICF, 2017d).

78 Se evaluaron 62 fincas en los diferentes agroecosistemas del país: trópico seco, subhúmedo y húmedo. El desempeño del Mulato II (*Brachiaria* híbrido CIAT 36 087) superó casi siempre al Mulato I (*Brachiaria* híbrido CIAT 36 061) en productividad de leche y crecimiento, así como en una mejor tolerancia a suelos inundados.

79 En los cuatro primeros años, el Mulato II genera excedentes que permiten cubrir la necesidad de alimento durante los meses de verano (pastoreo diferido). Implica reservar áreas sin pastoreo para iniciarlo en periodos que la producción de material seco baja por escasez de lluvias.

mediante el decreto 5-99-E (AFE, 2005). Sin embargo, estos planes no permitieron revertir la degradación de manglar (Chen et al., 2013; ICF, 2016b).

Uso actual del suelo: Para responder a sus necesidades de subsistencia, las comunidades que viven alrededor del manglar desarrollaron actividades agrícolas (ganadería, granos básicos), industriales (camaroneras, salineras), forestales y de turismo que incidieron en la degradación del manglar (Vásquez, 2002; Quintana, 2011).

El área húmeda continental (1) se compone de área húmeda continental donde permanene parches de manglar (900 árboles jóvenes /ha) donde se ha observado un deterioro del bosque debido a la extracción incontrolada de madera, el encumbramiento de los estéreos por troncos y el azolvamiento de origen natural o antrópica. Dichos procesos impiden su regeneración natural. Con la continuación del uso actual, se asume que se mantiene una extracción de leña insostenible hasta el año cuatro, que aunado a la ausencia de regeneración natural provocarán la desaparición del ecosistema. La extracción de curiles y punches se da en el uso actual hasta llegar al agotamiento de los recursos. Según determinaciones de biomasa elaboradas con base en la densidad de árboles en el uso actual y la tasa de acumulación de carbono de manglar en la región (González et al., 2014, Rodríguez et al., 2004), se consideró que luego del cuarto año se agotaría la biomasa disponible y, por ende, a partir del quinto año, ya no se serían posibles las actividades vinculadas al manglar.

Acción de restauración: La restauración ecológica de manglar incluye la rehabilitación del balance hídrico del área para fomentar la repoblación natural combinado con reforestación. Un 74% de la cobertura de manglar se recuperará mediante la regeneración natural mientras que la reforestación cubriría la parte restante del área.

Con base en un estudio de degradación del área,⁸⁰ se identifican zonas con limitaciones para la regeneración natural en donde se reforestaría con una densidad de 1600 árboles/ha (MiAmbiente+, 2016). La reforestación complementa la regeneración natural con el propósito de alcanzar densidades y distribución de especies de árboles similares al ecosistema original (COHDEFOR-OIMT, 1999).

Además de las labores de recolección y siembra de plántulas, esta técnica de restauración incluye la identificación de estéreos críticos para facilitar el drenaje y la inundación del área por restaurar. Para este estudio se consideró que la limpieza de estos caudales se haría manualmente. Dichas obras de rehabilitación hidrológica permiten la repoblación natural

a partir de las semillas de los árboles existentes en los alrededores (Lewis & Brown, 2014).

Según criterios de expertos locales,⁸¹ la extracción de los productos (leña, crustáceos y moluscos) debería detenerse durante los primeros tres años después de la restauración para la recuperación del ecosistema. De esta manera, la extracción y captura de curiles y punches se reanuda a partir del año tres, mientras que la extracción controlada de leña inicia en el quinto año. La extracción de corteza inicia en el año 10 con una tasa de extracción anual que no supera el 5% del volumen en pie.⁸² Se mantiene un monitoreo específico durante 5 años de las áreas restauradas.⁸³

A.1.9 Reforestación de manglar

Uso actual del suelo: En este caso el área húmeda continental (2) se caracteriza por tener áreas sin cobertura boscosa inundado de manera temporal o permanente (Duarte et al., 2014b), donde no existe material genético que permita la repoblación de las especies nativas de manglar. Con este uso actual no hay extracción de punches (Lacerda et al., 1993) ni captura de curiles (MacKenzie, 2001) ante la ausencia de manglar.

Acción de restauración: La reforestación de manglar con una densidad de 4444 árboles/ha se implementaría según las buenas prácticas observadas en la región (Aguilar, 2012). Se compone de una primera fase de planificación e identificación de las áreas por restaurar y una segunda fase de recolección de plántulas y su siembra por las comunidades locales. El uso y manejo del área restaurada es similar al descrito en el párrafo anterior (A.1.8) en cuanto a extracción de curiles, punches, leña y corteza de mangle.

A.1.10 Protección contra incendios forestales

Los incendios⁸⁴ y la agricultura migratoria son las principales causas del deterioro del bosque de pino (Larios, 2011; ICF, 2016a). Al considerar los 2,2 millones de hectáreas de bosque identificados con riesgo de incendios, CONAPROFOR (2015) tiene como objetivo cubrir el 60% del área de pino bajo protección forestal.

80 Evaluación del hidropereodo (frecuencia y duración de mareas), topografía, la edad y composición del bosque de manglar (Lewis & Brown, 2014).

81 Comunicación personal con Montufar, M. director de CODDEFFAGOLF, el 26/05/2017 y Morel, D. Coordinadora país de CODDEFFAGOLF el 20/04/2017.

82 Basada en normas establecidas por el ICF de 40 piezas de mangle por familia por año.

83 Luego de este periodo, los trabajos requeridos en el área restaurada se incluirán dentro las labores de campo asumido por el ICF.

84 En 93% de los casos se tratan de incendios superficiales, 3% incendios de copa (daño al fuste) y el resto corresponde a incendios subterráneos (ICF, 2017a).

Uso actual del suelo: El uso actual corresponde a bosque de pino denso o ralo sin protección contra incendios forestales. El área quemada dentro del uso actual se basa en el promedio nacional que corresponde al 2% del área nacional de bosque (Duarte et al., 2014a). Para estimar los costos y beneficios del uso actual, se consideraron: (1) los diferentes tipos de manejo y (2) la calidad del bosque de pino denso y ralo.

Para la estimación se tomaron en cuenta los tipos de manejo y restricciones de uso del bosque como los planes operativos de manejo,⁸⁵ las microcuencas declaradas,⁸⁶ las áreas nacionales protegidas (Duarte et al., 2014a); y la cobertura forestal asociada a cada categoría de manejo⁸⁷ (ICF, 2017a). Los planes de raleo y aprovechamiento se establecieron según las normas de manejo del ICF (ICF, 2011; Alvarado et al., 2013).

Acción de restauración: La técnica de restauración consiste en extender la protección contra incendios forestales de 60 a 75% del área de bosque de pino.⁸⁸ Considerado una hectárea donde hoy en día no se implementa ninguna obra de protección contra incendios (uso actual), equivale a decir que se implementaría la protección en un 38% del área. Cada ocho años se procede a la quema prescrita de un área reducida del bosque⁸⁹ para garantizar que el impacto a nivel de nutrientes se limite a una disminución de la acumulación de nutrientes en el suelo y no a una descapitalización significativa (Myers et al., 2006).

A.1.11 Reforestación de pino

En 2015 el área afectada por gorgojo era de 389 023 ha (ICF, 2016a). Como parte del Programa Nacional de Recuperación de Bienes y Servicios de Ecosistemas Degradados (MiAmbiente+, 2018), se plantea reforestar 20% de esa área con las principales especies de pino nacionales.⁹⁰

85 Los planes de manejo incorporan obras silvícolas de preparación para el raleo comercial cada 8-15 años, y otras actividades como el comaleo, podas y preparación de cargas de leña (figuras A16 y A17).

86 Se refieren a las cuencas, subcuencas y microcuencas que abastecen de agua a las poblaciones para uso doméstico, productivo, de generación de energía o cualquier otro uso (Cardona & Jonhson, 2010).

87 El 30% de los bosques de pino denso de Honduras están bajo planes operativos de manejo, 26% del área permanece sin cobertura boscosa. Por otra parte, 6% del área de bosque de pino denso se encuentra en microcuencas declaradas, mientras que 12% se ubica en áreas nacionales protegidas.

88 Comunicación personal con Jorge Alberto Santos, encargado del Plan Nacional de Restauración en MiAmbiente+ el 11/06/2017.

89 Equivale a la quema anual de 0,007% del área de bosque nacional (CONAPROFOR, 2015). Asimismo se identifican bloques de hasta 100 ha en donde la quema prescrita permite interrumpir la continuidad del combustible dentro del bosque (ICF, 2011). Según las pautas y normas que establece el ICF, se prohíbe el uso de quema prescrita dentro de las áreas protegidas y de microcuenca.

90 Se estableció la distribución de cada especie dentro del bosque de pino, según (ICF, 2017a) con un 20% para *Pinus Maximinoli*, 10% para *Pinus Caribaea* y 68% para *Pinus Oocarpa*.

Uso actual del suelo: Debido a que el gorgojo ataca principalmente árboles de pino jóvenes entre 18-25 años (Billings & Schmidtke, 2002), como parte de este análisis se evalúa exclusivamente la restauración del área afectada por gorgojo en bosque de pino ralo. Con el mismo enfoque que para la protección contra incendios forestales (A.1.10), los parámetros del modelo de costeo se definieron con base en el tipo de manejo del bosque ralo (Cuadro A1) y la cobertura forestal existente en cada categoría de uso de bosque registrado a nivel nacional (Duarte et al., 2014a).

Acción de restauración: Le reforestación en bosque de pino denso consiste en la siembra de 1000 plantas/ha en promedio.⁹¹ En el área de bosque de pino ralo donde hoy en día no se aplica ninguna forma de restricción o manejo, se le asigna, en el uso actual, la misma distribución de áreas nacionales protegidas, microcuencas declaradas y áreas bajo manejo forestal. En el cuadro A1 se resume la evolución de la distribución del área de bosque de pino ralo entre las distintas categorías de manejo.

Cuadro A1 Distribución del área de bosque de pino ralo según tipos de manejo forestal en el uso actual

Características del bosque de pino denso	Uso actual	Luego de la restauración
Porcentaje de bosque de pino ralo en área de microcuenca en pino ralo	3%	4%
Porcentaje de bosque de pino ralo bajo planes de manejo en pino ralo (con árboles)	37% (27%)	55%
Porcentaje de bosque de pino ralo en ANP	12%	18%
Porcentaje de bosque de pino ralo sin planes de manejo ni ANP ni microcuenca	48%	23%

Fuente: Elaboración propia con base en (ICF, 2016a).

Se consideró la aplicación de técnicas de protección contra incendios en toda el área adicional asignada bajo manejo forestal, además del área donde actualmente se implementan prácticas de protección contra incendios forestales (ICF, 2011).

Bibliografía Anexo 1

Aguilar, S. (2012). *Reforestación de Mangle en el golfo de Fonseca, Honduras (Buena práctica ambiental diplomado en cambio climático)*. Proyecto Fondo de adaptación). Tegucigalpa, Honduras: Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH).

Alvarado, M., Juerguens, G., Bend, V. (2013). *Guía de Silvicultura: Análisis y precripción de compartimientos en planes de manejo con fines de silvicultura y manejo*

91 Con base en una densidad inicial de 186 árboles/ha para lograr la meta de densidad de 1280 árboles/ha (Corano et al., 2014).

- forestal. Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas protegidas y vida silvestre. ed. Tegucigalpa, Honduras.
- Arcila, P., Farfán, V., Moreno, B., Salazar, G., Hincapié, G. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*, Ospino H., Marín S. ed. Chinchiná, Colombia: CENICAFÉ.
- Argel, P., Miles, J., Guiot, J., Cuadrado, H., Lascano, C. (2007). *Cultivar Mulato II (Brachiaria híbrido CIAT 36087): Gramínea de alta calidad y producción forrajera, resistente a salivazo y adaptada a suelos tropicales ácidos bien drenados*. Medellín, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Asamblea Legislativa de Honduras (2008). *Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre Decreto 98 2007*. Tegucigalpa, Honduras: Asamblea Legislativa de Honduras.
- Asociación de Investigación para el Desarrollo Ecológico y Socioeconómico (ASIDE) (2016). *Diseño de parcelas dendroenergéticas con especies de usos múltiples del bosque muy seco tropical, para la producción y comercialización legal de leña, postes, plantas y materiales vegetativo*. Tegucigalpa, Honduras: Asociación de Investigación para el Desarrollo Ecológico y Socioeconómico.
- Aweto, A.O. (2013). *Shifting Cultivation and Secondary Succession in the Tropics*. London, UK: CABI.
- Ayarza, M., Huber-Sannwald, E., Herrick, J.E., Reynolds, J.F., García-Barrios, L., Welchez, L.A., Lentés, P., Pavón, J., Morales, J., Alvarado, A., Pinedo, M., Baquera, N., Zelaya, S., Pineda, R., Amézquita, E., Trejo, M. (2010). 'Changing human-ecological relationships and drivers using the Quesungual agroforestry system in western Honduras'. *Renew. Agric. Food Syst.* No. 3:219-227. <https://doi.org/10.1017/S1742170510000074>
- Ayarza, M., Welchez, L. (2004). *Drivers affecting the development and sustainability of the Quesungual slash and mulch agroforestry system (QSMAS) on Hillsides of Honduras*. Compr. Assess. Bright Spots Proj. Final Rep. Colombo, Sri Lanka: IWMI. pp. 187-201.
- Banco Hondureño de la Producción y la Vivienda (BANH-PROVI) (2017). *FIRSA-Fideicomiso del Programa de Reactivación del Sector Agroalimentario de Honduras*.
- Barrance, A., Beer, J., Boshier, D.H., Cordero, J., Detlefsen, G., Finegan, B., Galloway, G., Gómez, M., Gordon, J., Hands, M., Hellin, J., Hughes, J., Ibrahim, M., Kass, D., Leakey, R., Mesén, F., Montero, M., Rivas, C., Sommarriba, E., Pennington, T. (2003). *Árboles de Centro América, un manual para extensionistas*, Jesús Corderos, David H Boshier. ed. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Bertsch, F. (2009). *Absorción de nutrientes por los cultivos*. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. ed.
- Billings, R., Schmidtke, P. (2002). *Central America Southern Pine Beetle /Fire Management Assessment* (No. USFS-Report-2002). U. S. Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala: Agency for International Development.
- Burgos, C. (2004). *Pasto Mulato (Brachiaria híbrido CIAT 36061)*. Tegucigalpa, Honduras: Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Secretaría de Agricultura y Ganadería.
- Cardona, A., Jonhson, K. (2010). *Estrategia Nacional para el Manejo de Cuencas Hidrográficas en Honduras*. Comayagüela, Honduras: Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre.
- Chen, C. F., Son, N. T., Chang, N. B., Chen, C. R., Chang, L. Y., Valdez, M., Centeno, G., Thompson, C., Aceituno, J. (2013). 'Multi-Decadal Mangrove Forest Change Detection and Prediction in Honduras, Central America, with Landsat Imagery and a Markov Chain Model'. *Remote Sens.* No. 6:6408-6426. <https://doi.org/10.3390/rs5126408>
- Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR)-Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) (1999). *Plan de restauración del bosque de mangle en el golfo de Fonseca, Honduras, Manejo y conservación de los manglares del golfo de Fonseca, Honduras*. COHDEFOR, La Lujosa, Marcovia, Honduras: COHDEFOR-OIMT.
- Comité Nacional de Protección Forestal, Areas Protegidas y Silvestres (CONAPROFOR) (2015). *Plan Nacional de protección contra incendios Forestales 2015*. CONAPROFOR.
- Corano, R., Pérez, N., Juerguens, G., Rodas, O. (2014). *Manual de evaluación de regeneración natural y plantaciones de bosque de pino*. Tegucigalpa, Honduras: Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas protegidas y vida silvestre. ed.
- Domínguez, A., Gheraldiny, L. (2013). *Evaluación del impacto del aprovechamiento forestal en la producción de fincas cafetaleras, mediante un análisis marginal; utilizando sistemas de plantación en lindero y asocio con el café*. Siguatepeque, Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- Duarte, E., Díaz, O., Maradiaga, I., Casco, F., Fuentes, D., Galo, A., Avilés, P., Aráneda, F. (2014a). *Mapa forestal y de cobertura de la Tierra de Honduras: Análisis de cifras nacionales* (nota técnica), Mapeo de la

- cobertura forestal. Antiguo Cuscatlán, El Salvador: Programa Regional REDD/CCAD-GIZ.
- Duarte, E., Díaz, O., Maradiaga, I., Casco, F., Fuentes, D., Galo, A., Avilés, P., Araneda, F. (2014b). *Sistema de clasificación del mapa forestal y cobertura de la tierra de Honduras (nota técnica No. 6)*. Cuscatlán, El Salvador: Programa Regional REDD/CCAD-GIZ.
- Dubón, A., Sánchez, J. (2016). *Manual de producción de cacao*, Víctor González, Roberto Tejada, Marco Tulio Bardales. ed, 2a ed. La Lima, Cortés: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola.
- Fernández, L., Navarro, E., Flores, G. (2005). *El Sistema Agroforestal Quesungual. Una opción para el manejo de los suelos en zonas secas de ladera*, Argueta Roger. ed. Rome, Italy.
- Foletti, C.A., Kass, D.C.L., Landaverde, R., Nolasco, R., Felber, R. (1992). *Barbechos mejorados en sistemas agroforestales tradicionales de América Central 7*.
- Funez, N. (2017). *El sector café de Honduras: Avances, institucionalidad y desafíos*. Tegucigalpa, Honduras: IHCAFÉ.
- Gamboa, H., Gómez, W., Ibrahim, M. (2009). *Sistema agroforestal Quesungual: una buena práctica de adaptación al cambio climático*. En Sepúlveda y Ibrahim, Muhammad (Ed.) Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas (pp. 47-68). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Gobierno de Honduras (2013). *Government of Honduras proposal to the Global Agricultural and Food Security Program*. Tegucigalpa, Honduras: Gobierno de Honduras.
- González, O. (2014). *Elaboración de tabla de volumen comercial de Rhizophora mangle L. en el golfo de Fonseca, Honduras*. Siguatepeque, Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- Hands, M. (1998). *The uses of Inga in the acid soils of the rainforest zone: alley-cropping sustainability and soil-regeneration*. London, UK.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas protegidas y vida silvestre (ICF) (2017a). *Lista de especies forestales para el Plan Nacional de Restauración*. Comayagüela, Honduras: ICF.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) (2017b). *Resultados Evaluación Nacional Forestal de Honduras*. Tegucigalpa, Honduras: ICF.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) (2016). *Anuario estadístico forestal de Honduras 2015, Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal*. Comayagüela, Honduras: ICF.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) (2016b). *Plan de manejo Subsistema de Áreas Naturales Protegidas de la Zona Sur de Honduras (ZAPZsurH)*. Marcovia, Honduras: ICF.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) (2011). *Manual Lineamientos y normas para un mejor manejo forestal*. Tegucigalpa, Honduras: ICF.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2008). *Encuesta Agrícola Nacional 2007-2008 Ganadería y otras especies animales*. Tegucigalpa, Honduras: INE.
- Inga Foundation (2014). *El modelo Guama*. Inga Foundation.
- Jansen, K. (1998). *Mountain Agriculture, and Knowledge in Honduras*, CLACS, FLACSO. ed, The latin american series. Amsterdam, Netherlands.
- Lacerda, L.D., Conde, J., Alarcon, C., Alvarez León, R., Bacon, P.R., D'croz, L., Kjerfve, B., Polaina, J., Vanucci, J.M. (1993). *Mangrove Ecosystems of Latin America and the Caribbean: a summary 42*.
- Larios, M. (2011). *Evaluación preliminar sobre causas de la deforestación y degradación de bosques en Honduras, Programa Reducción de Emisiones de la Deforestación y Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD- CCAD/GIZ)*. Tegucigalpa, Honduras: ICF.
- Lewis, R.R., Brown, B. (2014). *Rehabilitación ecológica del Manglar. Manual de campo para Rehabilitadores*.
- MacKenzie, J. (2001). 'The Fisheries for Mangrove Cockles, Anadara spp., from Mexico to Peru, With Descriptions of Their Habitats and Biology, the Fishermen's Lives, and the Effects of Shrimp Farming'. *Marine Fisheries Review*, No. 1:1-39.
- Martínez, C. (2011). *Determinación del aporte de los sistemas agroforestales con cacao a las familias productoras, en cinco municipios en los departamentos de Cortés y Yoro, Honduras*. Siguatepeque, Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- MGM Innova (2013). *Análisis de Deforestación Histórica en el Marco del Establecimiento de la Línea Base de Emisiones por Deforestación para la Región Este y Litoral Atlántico de Honduras*.
- MiAmbiente+ (2017). *Propuesta nivel de referencia de las emisiones forestales por Deforestación en la República Honduras para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC* (no publicado). Francisco Morazán, Honduras: Secretaría de Energía Recursos Naturales Ambiente y Minas.
- MiAmbiente+ (2016). *Sistemas agroforestales-Programa nacional de restauración de paisajes rurales en el marco de la estrategia nacional de cambio climático de*

- Honduras. MiAmbiente+. ed. Tegucigalpa, Honduras: MiAmbiente+.
- MiAmbiente+ (2018). *Programa nacional de recuperación de los bienes y servicios de ecosistemas degradados de Honduras 2018-2028*. Tegucigalpa, Honduras: Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente.
- Myers, R., O'Brien, J., Morrison, S. (2006). *Descripción General del Manejo del Fuego en las Sabanas de Pino Caribe (Pinus caribaea) de la Mosquitia, Honduras* (Informe Técnico). Arlington, VA: The Nature Conservancy.
- Nello, T. *Análisis económico de acciones de restauración de los manglares en Guatemala*. No publicado. Ciudad de Guatemala, Guatemala: UICN-ORMACC.
- Pfeffer, Max J., Schlehass, John W., DeGloria, Stephen D., Gomez, Jorge (2005). 'Population, conservation, and land use change in Honduras'. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Volume 110, 14-28.
- Phillips-Mora, W., Arciniegas-Leal, A., Mata-Quirós, A., Motamayor-Arias, J.C. (Eds.) (2013). *Catalogue of cacao clones: selected by CATIE for commercial plantings, Technical series, technical manual*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Pratt, L., Quijandría, G. (1997). *Sector forestal en Honduras: análisis de sostenibilidad*. CLACDS Cent. Latinoam. Para Compet. El Desarro. Sosten. Honduras.
- Quintana, O. (2011). *Caracterización del mangle rojo (Rhizophora mangle) bajo diferentes presiones en dos sitios de Honduras* (B.S. thesis). Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2012.
- Ramírez Zea, C., Salgado Cruz, J. (2006). *Resultados de la Evaluación Nacional de bosques y árboles 2005 2006 Honduras*. Tegucigalpa, Honduras: FAO.
- Rodríguez Sosa L., Gómez Alemán, R., Ferreira, Óscar. W. (2004). *Desarrollo del Rhizophora spp. en el golfo de Fonseca, Honduras*. Siguatepeque, Honduras.
- Sánchez, B. (2014). *Sistemas silvopastoril en Honduras, Una alternativa para mejorar la ganadería*. Tegucigalpa, Honduras: FAO.
- Schmidt, A., Eitzinger, A., Sonder, K., Sain, G. (2012). *Tortillas on the roaster-Summary report. Central american maize-bean systems and the changing climate*.
- Toscano, A., Mondragón, A., Alvarado, D., Rodríguez, B., Sequeira, F. (1997). *Resultados de 10 años de investigación silvicultural de proyecto MADALEÑA* (informe técnico No. 292). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Tribunal Superior de Cuentas (TSC) (2016). *Informe consolidado de rendición de cuentas del sector público, Periodo 2015* (No. 001/DF-2016). Tegucigalpa, Honduras: TSC.
- Uribe, F., Zuluaga, A.F., Valencia, L., Murgueitio, E., Zapata, A., Solarte, L. (2011). *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles*. Manual 1, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. Bogotá, Colombia: GEF, Banco Mundial, FEDEGAN, CIPAV, Fondo Acción, TNC. ed.

Anexo 2 Rendimientos de los cultivos

A.2.1 Sistema agroforestal de cacao

Para cafetales por debajo de 900 msnm se estimó el rendimiento del café en las zonas de bajío de acuerdo con las estadísticas nacionales. Estos rendimientos son un 12% menos que el promedio nacional (IHCAFÉ, 2016; FAOSTAT, 2017). Significa que en promedio, si se considera la continuación del uso actual, estas zonas mantendrían un rendimiento promedio de 776 kg de café oro⁹² por hectárea/año. La productividad de musáceas se estimó al considerar densidades de 244 plantas de banano y 244 de plátano por hectárea, con 2416 y 739 kg/ha de producción, respectivamente (FAOSTAT, 2017).

Para la restauración, el rendimiento máximo de la plantación de cacao se alcanza al noveno año con un nivel promedio de 1068 kg de cacao seco por hectárea.⁹³ Los detalles sobre las estimaciones de los volúmenes cosechados de madera se recopilan en el apartado A.2.6 (Anexo 2).

A.2.2 Agrobosque de café

El rendimiento considerado para el café es de 968 kg oro por hectárea (FAOSTAT, 2017; IHCAFÉ, 2016). Se estimó una producción constante asumiendo los procesos de envejecimiento de las plantaciones que rinden menos café y una renovación de plantaciones que compensan esa pérdida de productividad (Matute & Pineda, 2011). Según las especificaciones de manejo, los picos de producción de las variedades seleccionadas ocurren al año 5/6 y se espera que al año 25 el total de la plantación sea renovada como parte de un plan gradual de renovación. Por ende, se alcanzan rendimientos ligeramente superiores al promedio histórico nacional a partir del año 26 (+14%).

Se asume que hasta el año 5 las musáceas producen de manera normal (promedio del uso actual), pero hay una disminución de la producción total a 80, 70 y 50% en los tres años siguientes, debido al mayor grado de sombra que producen los árboles maderables (Wairegi et al., 2014).

Para los rendimientos del aguacate Hass se asumió que 90% de las plantaciones logran el rendimiento histórico que reporta la FAO (FAOSTAT, 2017), mientras que un 10% de las plantaciones alcanzan rendimientos óptimos de experiencias

desarrolladas en Honduras por reunir todas las condiciones idóneas para el cultivo.⁹⁴

A.2.3 Sistemas de cultivo de granos básicos en callejones

Para los rendimientos de maíz y frijol en la zona húmeda de 758 kg/ha y 1531 kg/ha, respectivamente, se utilizó como referencia el promedio de rendimientos para cada cultivo entre los años 1996 y 2014 (FAOSTAT, 2017).

Con respecto a los rendimientos esperados del sistema de cultivo de granos básicos en callejones, se basaron en las investigaciones realizadas por Inga Foundation,⁹⁵ con 1840 kg/ha para maíz y 1380 kg/ha para frijol, a partir del tercer año de implementación. Este sistema es muy productivo en leña pues alcanza las 252 cargas/ha/año (Cruz et al., 2011; Hands, 2003).

A.2.4 Sistema agroforestal Quesungual

Para la productividad de granos básicos en el Corredor Seco, el rendimiento promedio del maíz es 55,6% y del frijol 61,5% menores al promedio nacional (Gobierno de Honduras, 2013). El incremento en los rendimientos que se lograría al adoptar las prácticas de conservación del suelo se basan en el promedio observado en fincas de Lempira, a lo largo de 9 años (Fernández et al., 2005). Equivale a asumir que en promedio, aumentarían los rendimientos de frijol y maíz en 8%, por año, hasta el año 9 a partir del cual se estabilizarían.

A.2.5 Vegetación secundaria seca y húmeda

Para los años en donde se retoma el uso de las tierras en barbecho (véase Anexo 1.5), se utilizaron los rendimientos reportados para los sistemas de producción de granos básicos en la zona seca y de pasto. Los mismos supuestos aplican para el área de vegetación secundaria húmeda, a diferencia de los rendimientos del área de cultivo de granos básicos que corresponden a la zona húmeda.

A.2.6 Plantaciones dendroenergéticas y maderables de alto valor

Para la producción de leña en las plantaciones dendroenergéticas las determinaciones de incremento volumétrico se

92 El café oro corresponde al café obtenido luego del proceso de lavado (beneficio húmedo) y de secado (beneficio seco).

93 Se asume que 30% de los árboles de cacao alcanzan su rendimiento potencial de 2,2 kg de cacao seco/árbol/año (Dubón & Sánchez, 2016), los demás se mantendrían en el promedio histórico de 0,58 kg de cacao seco/árbol/año (FAOSTAT, 2017).

94 Comunicación personal con el Ing. Guevarra M., de la Secretaría de Desarrollo y Finanzas Prohonduras, el 28/07/2017.

95 Comunicación personal con el Ing. Martz A., Representante Inga Foundation Honduras, el 19/05/2017.

hicieron con base en los incrementos promedio de DAP⁹⁶ a las ecuaciones volumétricas⁹⁷ referenciado para cada especie.

Según recomendación del ICF (Alvarado et al., 2013), para estimar el volumen en pie de madera al final del ciclo de cosecha de cada especie de árbol, se recopilaron los valores promedio de incremento de DAP y altura⁹⁸ y las ecuaciones de volumen comercial.⁹⁹

A.2.7 Sistema silvopastoril

De acuerdo con el INE (2008), la producción de leche en pastos naturales en el uso actual considerado, es de 1,8 millones de litros diarios en verano y de 2,4 millones en invierno, correspondientes a 3,8 y 4,4 litros/vaca/día, respectivamente. Se tuvo en cuenta una producción de materia seca igual con el cv. Mulato II que con el Mulato I de 17,15 t MS/ha/año.

Se asumió una producción anual de materia seca de 24 toneladas para botón de oro *Tithonia diversifolia* y la *Cratylia argentea* (Arronis, 2014; SAG, 2002). Basado en las observaciones de Argel et al. (2007) con este tipo de dieta, la producción promedio es de 10 litros/vaca/día mediante la restauración. Además del aumento en la productividad de leche por animal, el conjunto de prácticas silvopastoriles (el pastoreo rotacional, la diversificación con árboles y cultivos forrajeros, mejora de pastos) permite lograr una carga animal de 3,69, muy superior a los 1,32 unidades animales actuales.¹⁰⁰

A.2.8 Restauración ecológica y reforestación de manglar

Para el uso actual se determinaron las tasas de extracción de curiles (1311kg/ha/año) y punches (577 kg/ha/año) basado

en el rendimiento por jornal de curileros y/o puncheros y sus ingresos diarios, según lo que reportaron Soto et al. (2012).

La extracción de leña (0,21 m³/ha/año) y cortezas (0,4-0,6 m³/ha/año) del manglar se estimó basándose en las prácticas de extracción de los leñateros de la región (Sánchez-Páez & Guevara-Mancera, 2000) y en el incremento volumétrico de la biomasa disponible (González, 2014).

La restauración de manglar podría sostener el empleo hasta en un 20% más que en el uso actual,¹⁰¹ sabiendo que una hectárea de manglar daría empleo a una familia.¹⁰² Además de este aumento, otro beneficio de la restauración que se toma en cuenta es la mayor abundancia (+36%) de crustáceos (curriles) disponibles como parte de la regeneración de las funciones del ecosistema de mangle (Beitl, 2011).

A.2.9 Protección contra incendios forestales

Los bosques de pino denso tienen una cobertura de copa de 70% mientras que los bosques ralos tienen una cobertura de entre 35 y 50%. Asimismo, el volumen comercial corresponde a 98 para bosque de pino denso y 76 m³/ha para ralo (ICF, 2017a). Cabe mencionar que no se detectan diferencias en la tasa de incremento anual de biomasa entre ambos estratos. (Amaya, 2015).

De forma adicional, el bosque de pino ralo tiene incidencia de gorgojo, por lo tanto, se tomó en consideración el volumen extraído con el plan de salvamento. En relación con los beneficios productivos de la protección forestal contra incendios, no se esperan incrementos importantes en la existencia de biomasa de pino y por ende de volumen comercializable de madera para las áreas de bosque actual, debido a que el pino es una especie adaptada a la quema artificial (Domínguez & Trejo, 2003). En el uso actual,¹⁰³ las cosechas anuales consideradas oscilan entre 0,65 y 0,61 m³/ha de madera de pino y 0,32 a 0,36 m³/ha de leña para bosque de pino denso y ralo, respectivamente.

Con la restauración, los bosques de pino denso y ralo pueden tener rendimientos de 0,65 y 0,78 m³/ha de madera de pino

96 Los DAP se estimaron con base en Barrance et al. (2003), F. Rodríguez et al. (2004), Hughell (1991), Toscano et al. (1997).

97 Las ecuaciones usadas se obtuvieron de Sandoval y Martínez (1989), CONAFOR (2015), David (2013) y Sandoval & Martínez (1989).

98 El DAP y la altura se tomaron de ESNACIFOR (2003), Barrance et al. (2003), Dubón & Sánchez (2016), Chaves & Fonseca (1991), FONAFIFO (2003), Herrera (2010), Acosta (2012).

99 La caoba del atlántico según Gutiérrez et al. (2009), cedro y laurel negro (ESNACIFOR, 2003), kahya (Loupe et al., 1994) y teca (Velásquez & Yosely, 2015). Según recomendación del ICF para la evaluación del inventario forestal, para las otras especies como Laurel blanco y caoba del pacífico se usó la ecuación diseñada para bosque de Honduras por Reid & Collins en 1997 (Alvarado et al., 2013).

100 Se asume un requerimiento de 12,7 kg de materia seca por día por unidad animal (National Research Council, 2000). En el uso actual, se asume que 57% de los ganaderos dan concentrado a sus animales en producción (23,8% del hato) con 210 días de lactancia al año (Pineda, 2007). La disponibilidad de materia seca se eleva a 13,5 kg por día por unidad animal que corresponde a 3,69 unidades por hectárea. Un 50% proviene del pasto, mientras que los forrajes energéticos (sorgo) y proteico (*Cratylia* o *Tithonia*) representan 30 y 20% de la materia seca disponible, respectivamente. Se dará concentrado solo a partir del año 6, cuando las vacas superan los 8/día de lactancia.

101 Comunicación personal con un representante de la comunidad de Zacate Grande quien apoya a CODDEFFAGOLF en la coordinación de trabajos con las comunidades el 27/05/2017.

102 En el golfo de Fonseca, se encontró que la extracción de curiles y de punches proporcionaría trabajo a 15 y a 5% de los miembros de las familias respectivamente (Soto et al., 2012; MPH, 2016).

103 En las áreas que no cuentan con ninguna restricción (43 y 48% de bosque de pino denso y ralo, respectivamente), se incluyen los beneficios asociados a la extracción promedio de 0,87 m³/ha, según el promedio histórico de extracción de los últimos 15 años (ICF, 2016a). Para las áreas bajo conservación y en áreas de microcuencia y el manejo forestal se siguieron las directrices de (ICF, 2011). Se determinó el incremento medio anual de las plantaciones de pino mediante ecuaciones alométricas desarrolladas para bosque natural de pino nacional (Alberto, 2005) y el muestreo efectuado en 116 parcelas (Amaya, 2015).

y 0,34 a 0,38 m³/ha de leña, respectivamente. Este beneficio productivo se debe a la evicción de la pérdida de 0,18% de las copas debido a los incendios.¹⁰⁴ La extracción de resina de pino se estima en 1,34 litros por hectárea (ICF, 2017a).

A.2.10 Reforestación de pino

Se consideraron las tasas de aprovechamiento histórico de pino¹⁰⁵ y la misma lógica de asignación de producción según las restricciones de las áreas por restaurar (planes de manejo forestal, áreas nacionales protegidas, microcuenca declarada). En el uso actual, se tendría una cosecha de 0,36 m³/ha/año de leña y 0,8 m³/ha/año de madera.

En cuanto a los incrementos de volumen esperado de la reforestación de bosque de pino ralo, se determinaron con base en ecuaciones volumétricas desarrolladas en el país (Meza, 1997; Pérez et al., 1989) y a nivel regional (Reynoso & García 1985; Cojóm, 2012) así como los valores de incrementos de altura y diámetro evaluados en el ámbito nacional (Corderos & Boshier, 2003). La extracción de madera se estimó en 3,54 m³/ha/año y 1,57 m³/ha/año de leña.

Bibliografía Anexo 2

- Acosta, O. (2012). *Comportamiento y manejo de Khaya senegalensis Juss en Oropoli, El Paraíso, Honduras*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Zamorano, Honduras.
- Alberto, D. (2005). *Acumulación y fijación de carbono en biomasa aérea de Pinus oocarpa en Bosques naturales de Cabañas* (Tesis para optar al grado de Ingeniería en Ciencias Forestales). Siguatepeque, Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- Alvarado, M., Juerguens, G., Bend, V. (2013). *Guía de Silvicultura: Análisis y precripción de compartimientos en planes de manejo con fines de silvicultura y manejo forestal*. Tegucigalpa, Honduras: Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas protegidas y vida silvestre. ed.
- Amaya, A. (2015). *Estimación de la disponibilidad de biomasa forestal para la generación de energía eléctrica en diez zonas prioritizadas*, Programa Adaptación al Cambio

Climático en el Sector Forestal-CLIFOR. Tegucigalpa, Honduras: Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas protegidas y vida silvestre.

- Argel, P., Miles, J., Guiot, J., Cuadrado, H., Lascano, C. (2007). *Cultivar Mulato II (Brachiaria híbrido CIAT 36087): Gramínea de alta calidad y producción forrajera, resistente a salivazo y adaptada a suelos tropicales ácidos bien drenados*. Medellín, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Arronis, V. (2014). *Banco forrajero de botón de oro (Tithonia diversifolia)*. San José, Costa Rica: Centro de Información, Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Beitl, C.M. (2011). 'Cockles in custody: the role of common property arrangements in the ecological sustainability of mangrove Fisheries on the Ecuadorian Coast'. *International Journal of the Commons*, No. 2: 485-512. <http://doi.org/10.18352/ijc.285>
- Chaves, E., Fonseca, W. (1991). *Teca Tectona grandis L.f. especie de árbol de uso múltiple en América Central*, CATIE. ed, Serie Técnica. Turrialba, Costa Rica.
- Cruz, E., León, J., Villanueva Najarro, C., Casanoves, F., De-Clerck, F.A. (2011). 'Ahorro potencial de leña mediante la implementación de la ecoestufa "Justa" en la subcuenca del río Copán y su aporte a la conservación del capital natural'. *Agroforestería en las Américas* No. 48:18-129.
- Cojóm, J. (2012). *Crecimiento y productividad de plantaciones forestales de Pino Candelillo*. Instituto Nacional de Bosques (INAB), Guatemala, Guatemala.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (2015). *Inventario Estatal Forestal y de Suelos Tabla 2-C: Ecuaciones de volúmenes*. México: CONAFOR.
- Comité Nacional de Protección Forestal (CONAPROFOR) (2015). *Plan Nacional de protección contra incendios forestales 2015*. Tegucigalpa, Honduras: CONAPROFOR.
- Corderos, J. y Boshier, D.H. (eds.) (2003). *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Costa Rica: CATIE / OFI. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/a11445e/a11445e.pdf> [consultado el 12 de julio de 2017].
- David, A. (2013). *Construcción de tablas volumétricas y cálculo de factor de forma (FF.) para dos especies, teca (Tectona grandis) y melina (Gmelina arborea) en tres plantaciones de la empresa Reybanpac CA. en la provincia de los ríos*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Domínguez, R., Trejo, D. (2003). *Forest fire in Mexico and Central America. Presented at the Proceedings of the Second International Symposium on Fires Economics*,

104 A nivel nacional se contabilizan incendios en 65 000 ha por año, lo cual corresponde a 7% de las áreas que siguen sin protección contra incendios forestales (873 542 ha) (CONAPROFOR, 2015). A esta área se le aplica el factor de 3% que corresponde al porcentaje de incendios que dañan el fuste (ICF, 2017a).

105 Con base en el promedio histórico de extracción de madera de pino en rollo a nivel nacional y las áreas bajo manejo forestal (197 314 ha de bosque de pino ralo y 358 737 ha de pino denso), se calcula una tasa de aprovechamiento de madera de pino en rollo de 1,17 m³/ha en bosque de pino ralo.

- Planning and Policy: A Global View. Córdoba, Spain: (709-720).
- Dubón, A., Sánchez, J. (2016). *Manual de producción de cacao*, Víctor González, Roberto Tejada, Marco Tulio Bardales. ed, 2a ed. La Lima, Cortés: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola.
- Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFO) (2003). *Guías silviculturales de 23 especies del bosque húmedo de Honduras*, Lilibeth del Cid. ed, Proyecto PD 0022/99 Rev.2 Estudio de Comportamiento de Especies Maderables Nativas con importancia comerciales del bosque Húmedo Tropical de Honduras (PROE-CEN). Tegucigalpa, Honduras: ESNACIFO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT) (2017). *FAO STAT base de datos* [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/> [2017, 15 de abril, 30 de Mayo].
- Fernández, L., Navarro, E., Flores, G. (2005). *El sistema agroforestal Quesungual, una opción para el manejo de suelos en zonas secas de ladera*, Argueta Roger. ed. Rome, Italy.
- Fondo de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) (2003). *Manual para productores de teca (Tectona grandis L. f)* San José, Costa Rica: FONAFIFO.
- Gobierno de Honduras (2013). *Government of Honduras proposal to the Global Agricultural and Food Security Program*. Tegucigalpa, Honduras: Gobierno de Honduras.
- González, O. (2014). *Elaboración de tabla de volumen comercial de Rhizophora mangle L. en el golfo de Fonseca, Honduras*. Siguatepeque, Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- Gutiérrez, N., Elvir, J., Fonseca, O. (2009). 'Ecuación de volumen comercial local de árboles individuales de caoba (*Swietenia macrophylla*) en plantaciones del corredor atlántico de Honduras'. *Rev. Tatascan* No. 2:1-14.
- Herrera, D. (2010). *Comportamiento y manejo de Khaya senegalensis Juss.* en Zamorano, Honduras. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- HUGHELL, D. (1991). 'Modelo preliminar para la predicción del rendimiento de Gmelina arborea Roxb. en América Central'. *Silvoenergía* No. 44:1-4.
- Hands, M. (2003). *El uso de Inga en cultivo en callejones*, J. Cordero, D. Boshier, Árboles de Centroamérica. ed. J. Cordero, & D. Boshier, Árboles de Centroamérica, Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas protegidas y Vida Silvestre (ICF) (2017). *Resultados Evaluación Nacional Forestal de Honduras*. Tegucigalpa, Honduras: ICF.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas protegidas y Vida Silvestre (ICF) (2016). *Anuario estadístico forestal de Honduras 2015*. Comayagüela, Honduras: ICF.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas protegidas y Vida Silvestre (ICF) (2011). *Manual Lineamientos y normas para un mejor manejo forestal*. Tegucigalpa, Honduras: ICF.
- Instituto Hondureño del Café (IHCAFÉ) (2016). *Lista de productores, área cultivada y productividad de 2009 a 2015*. Tegucigalpa, Honduras: IHCAFÉ.
- Loupe, D., Koua, M., Coulibaly, A. (1994). *Tarifs de cubage pour Khaya Senegalensis en forêt de Badénou (Nord Côte d'Ivoire)*. IDEFOR Institut des forêts, Yamoussoukro, Cote d'Ivoire.
- Matute, O., Pineda, J. (2011). *Guía para la determinación de costos de producción en Café*. Tegucigalpa, Honduras: Departamento de Investigación y Desarrollo IHCAFÉ.
- Meza, P. (1997). *Tabla de volumen para bosque jóvenes de Pinus oocarpa Shiede en la región central de Honduras*. Siguatepeque, Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- MPH (2016). *Encuesta permanente de hogares de propósitos múltiples*. Tegucigalpa, Honduras: MPH.
- National Research Council (2000). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001*. Wahington DC, USA. <https://doi.org/10.17226/9825>
- Pérez, N., Ferreira, O., Stiff, C.H. (1989). *Ecuaciones de volumen para Pinus oocarpa Shiede en la región central de Honduras* (nota técnica). Siguatepeque, Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- Pineda, J. (2007). *Tecnología recomendada para la iniciación, transformación, y desarrollo de ganaderías de leche en Honduras*, Proyecto DICTA-FENAGH: Reactivación del sector lechero mediante la conversión empresarial y especialización de las unidades de producción lechera de Honduras normas técnicas para la ganadería de leche. Tegucigalpa, Honduras: MAG-FENAGH.
- Reynoso, F.A., García, R. (1985). *Tabla de volumen estandar y de factor de forma para Pinus caribaea var.* Honduras, Instituto Superior de Agricultura (R. Dominicana). ed, nota Técnica. Santo Domingo (R. Dominicana).
- Rodríguez, F., Aguilar, D., Roque, R., Montoya, A., Gamboa, O., Arguedas, M. (2004). *Manual para los productores de melina (gmelina arborea) en Costa Rica*. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) (2002). *Cratylia argentea: Leguminosa arbustiva adaptada a las zonas secas y subhúmedas de Honduras*. Proyecto de

- Investigación Participativa con el Agricultor en Acción. Tegucigalpa, Honduras: DICTA-CIAT-BMZ-GTZ.
- Sánchez-Páez, H., Guevara-Mancera, O. (2000). *Diagnóstico y zonificación preliminar de los bosques de mangle del golfo de Fonseca, Honduras*. Choluteca, Honduras: Administración forestal del Estado para el Desarrollo Forestal-CODHEFOR.
- Sandoval, C., Martínez, H. (1989). *Producción de leña y biomasa de Gmelina*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Soto, L., Andara, C., Sánchez, E. (2012). *Informe de evaluación de la actividad pesquera en el golfo de Fonseca*. Tegucigalpa, Honduras: SAG/NASMAR.
- Toscano, A., Mondragón, A., Alvarado, D., Rodríguez, B., Sequeira, F. (1997). *Resultados de 10 años de investigación silvicultural de proyecto MADALEÑA* (Informe técnico No. 292). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Velásquez, B., Yosely, C. (2015). *Alianza SIDALC*. Tegucigalpa, Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- Wairegi, L., Giller, K., Piet J.A., V.A., Fairhurst, T. (2014). *Banana-Coffee System Cropping Guide*. Africa Soil Health Consortium.

Anexo 3 Mano de obra en plantaciones forestales, bosque de pino y manglar

Los costos de establecimiento, manejo y raleo fueron estimados teniendo en cuenta que los equipos para hacer raleo, acomodo y acarreo de troncos están compuestos por dos o tres personas por equipo (Reiche et al., 1991). Las necesidades de mano de obra para el manejo de una plantación se establecieron con base en las recomendaciones técnicas del ICF para manejo de plantaciones de bosque latifoliado bajo manejo¹⁰⁶ (ICF, 2011; Alvarado et al., 2013).

Por ser de índole comunitario¹⁰⁷ o público, a los salarios relacionados con la restauración del área de manglar (dezasolvamiento, siembra) no se les aplicó la tasa de mano de obra familiar, sino solo a los jornales trabajados por actores privados (p. ej. curileros, puncheros, leñateros).

La protección contra incendios para bosque de pino denso y ralo consiste en un plan de prevención liderado por el Comité Nacional de Protección Forestal (CONAPROFOR) que realiza actividades como: el establecimiento y mantenimiento de rondas contra fuego, quemas prescritas, vigilancia durante la época seca y necesidades de equipos. La mayoría de los gastos de vigilancia forestal corresponden al pago de vigilantes ambulantes¹⁰⁸ para labores relacionadas con la prevención de los incendios (Alvarado et al., 2013).

En cuanto a las áreas bajo manejo forestal se consideró el trabajo que forma parte del manejo de raleo comercial de pino (mano de obra, equipos) y de la protección contra incendios, según las buenas prácticas de manejo (ICF, 2011; Corderos & Boshier, 2003). Las labores necesarias como parte de los planes de manejo forestal se implementarían únicamente en 76% del área que mantiene cobertura de bosque (p. ej. protección contra incendios, marcación de raleo, equipos, entre otros). En las áreas clasificadas como Área Nacional Protegida (ANP) o en microcuencas declaradas, se asumió la continuación de las prácticas actuales de manejo no comercial.¹⁰⁹ Para las áreas que no permanecen bajo ningún plan

de manejo o con restricción, se contempló el mantenimiento de labores mínimas¹¹⁰ de raleo y aprovechamiento.

Bibliografía Anexo 3

- Alvarado, M., Juerguens, G. y Bend, V. (2013). *Guía de Silvicultura: Análisis y prescripción de compartimientos en planes de manejo con fines de silvicultura y manejo forestal* [online]. Tegucigalpa, Honduras: Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas protegidas y vida silvestre. Available from: <http://icf.gob.hn/wp-content/uploads/2015/08/GUIA-DE-SILVICULTURA.pdf> [accessed 12 July 2017].
- Corderos, J. & Boshier, D.H. (eds.) (2003). *Árboles de Centro-america: un manual para extensionistas*. Costa Rica: CATIE/OFI. Available from: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/a11445e/a11445e.pdf> [accessed 12 July 2017].
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas protegidas y Vida Silvestre (ICF) (2011). *Manual Lineamientos y normas para un mejor manejo forestal* [online]. Tegucigalpa, Honduras. Available from: http://colproforh.org.hn/v2/documentos/Manuales/Normas_Tecnicas_manejo_forestal.pdf [accessed 10 July 2017].
- Reiche, C., Current, D., Gómez, M. y McKenzie, T. (1991). *Costo del cultivo de árboles de uso múltiples en América Central* [online]. Turrialba, Costa Rica: CATIE. Available from: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A4411e/A4411e.pdf> [accessed 8 July 2017].

106 Se proceden a raleos selectivos, no sistemáticos, para privilegiar mejores fustes. A lo largo de los 30 años se planean dos raleos a los años 6 y 12 para especies como caoba, laurel, khaya y cedro. Se programan los aprovechamientos comerciales al año 25 para ambas especies de laurel y 30 para las caoba, khaya y cedro. La teca tiene un ciclo específico de raleo a los años 6, 12, 18 y aprovechamiento final al año 25.

107 En promedio los equipos comunitarios que implementan las técnicas de restauración abarcan un área de 8 hectáreas.

108 Según orientaciones del CONAPROFOR, se conforman 105 brigadas de doce personas cada una para abarcar un área de 1,3 millones de hectáreas.

109 El manejo silvícola no comercial se compone de raleo donde se debe dejar por lo menos 1000 árboles por ha (Alvarado et al., 2013).

110 Por ser un área que no cuenta con ninguna planificación, no se contabilizaron costos relacionados con la regencia forestal, protección contra incendios forestales ni gastos de equipos necesarios para su manejo.

Anexo 4 Detalle de los costos de la asistencia técnica

Un supuesto de particular importancia, a la hora de estimar costos relacionados con la restauración, es el área que posee cada productor(a) (Cuadro A2) ya que los gastos de transferencia de tecnología se incrementan en la medida en que las fincas son más pequeñas (Molenaar et al., 2010).

Cuadro A2 Área promedio por tipo de productor

Uso actual del suelo	Área promedio (ha)
Granos básicos	1,6
Café, cacao	2,9
Ganadería	17,0

Fuente: Elaboración propia a partir de (Romero et al. 2014), (FAOSTAT 2017), (INE 2008), (Duarte et al. 2014a), (IHCAFÉ 2016).

Gastos indirectos contemplados para la asistencia técnica

- Visita de las fincas para la selección del sitio: Se propone incluir giras para la selección del sitio y la planificación para las áreas que cubre cada escuela de campo.¹¹¹ Según el tamaño de la finca del productor se asumió un promedio de dos a tres parcelas visitadas por día. Cada viático incluye 250 HNL que se paga a los/las promotores encargados(as) de las escuelas de campo comunitarias.¹¹² Estas visitas podrían representar, por cada promotor(a), entre 10 y 50 jornales por año, durante cuatro años para la restauración de áreas de pasto y cultivos anuales; y, de seis años cuando se trata de cultivos perennes (cacao y café).
- Para las técnicas que implican un cambio de prácticas (de tala y quema a sistema agroforestal Que-sungual y sistema de cultivo de granos básicos en callejones, de pasto natural a sistema silvopastoril) se brindarían insumos y se pagaría, por dos años, la mano de obra al agricultor(a) para pequeñas parcelas de ensayo, para que se autoconvencen de los beneficios de la restauración, según las buenas prácticas de asistencia técnica comprobadas en la región (Welchez, 2015).
- Días de campo: Dos veces al año se darían a conocer las técnicas de manejo en talleres organizados

en las escuelas de campo, según las necesidades y las condiciones locales. Se asumió que pueden participar hasta 25 productores(as) por taller, quienes traerían los insumos para el establecimiento de las obras de manejo que caracterizan cada acción de restauración. Se privilegiará este método de aprendizaje participativo frente a los modelos de extensión verticales donde los técnicos sirven de vector de transmisión entre el mundo científico y los(as) productores(as) (Faure, 2007).

Bibliografía Anexo 4

- Duarte, E., Díaz, O., Maradiaga, I., Casco, F., Fuentes, D., Galo, A., Avilés, P., Araneda, F. (2014). *Mapa forestal y de cobertura de la Tierra de Honduras: Análisis de cifras nacionales* (nota técnica), Mapeo de la cobertura forestal. Antiguo Cuscatlán, El Salvador: Programa Regional REDD/CCAD-GIZ.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT) (2017). *FAO STAT base de datos* [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/> [2017, 15 de abril, 30 de mayo].
- Faure, G. (2007). *L'exploitation agricole dans un environnement changeant: innovation, l'aide à la décision et processus d'accompagnement*. Economies et finances. Francia: Université de Bourgogne.
- Instituto Hondureño del Café (IHCAFÉ) (2016). *Lista de productores, área cultivada y productividad de 2009 a 2015*. Tegucigalpa, Honduras: IHCAFÉ.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2008). *Encuesta Agrícola Nacional 2007-2008 Ganadería y otras especies animales*. Tegucigalpa, Honduras: INE.
- Romero, T., Lainez, C., Traña, M. (2014). *Las cadenas de valor de maíz blanco y frijol en Centroamérica: actores, problemas y acciones para su competitividad*. San José, Costa Rica: Proyecto IICA RedSICTA, Cooperación Suiza en América Central.
- Tenorio, E., Vejarano, I., Cárdenas, J. (2015). *Manual para facilitadores de escuelas de campo con énfasis en agua y clima, Proyecto Seguridad Hídrica y alimentaria en la aldea La Ciénega*. La Lima, Honduras: Departamento de Ambiente y Desarrollo de la Escuela Agrícola Panamericana (El Zamorano), Global Water Partnership.
- Welchez, L. (2015). *Manejo sostenible de suelos y agua e intensificación sostenible de la producción en Honduras*.

111 Es una metodología participativa de extensión agrícola en donde los(as) agricultores(as) son parte activa para implementar las prácticas de campo, compartir su experiencia y tomar las decisiones con base en las experimentaciones propias y de la comunidad (Tenorio et al., 2015).

112 Comunicación personal con Welchez L., gerente de la iniciativa PROSUELO en CRS-Honduras, el 24/05/2017.

Anexo 5 Detalles de supuestos usados para EX-ACT

Cuadro A3 Supuestos usados para cada escenario modelizado con EX-ACT

Uso del suelo	Práctica de línea base	Escenario sin restauración	Escenario con restauración
Café < 900 msnm	La determinación de biomasa del sistema actual se hizo basado en la ecuación alométrica para cada especie del sistema: musáceas (Van Noordwijk et al., 2002; Orozco et al., 2015), especies del género Inga y café (Castellanos et al., 2010).	No se proyectan cambios.	La ganancia de carbono almacenado en biomasa y suelo del sistema agroforestal de cacao se hizo según las características de los sistemas en la región centroamericana (Somarriba et al., 2013).
Café > 900 msnm	Véase café < 900 msnm	No se proyectan cambios.	La cuantificación de la captura de GEI, resultado de la diversificación del cafetal con árboles de sombra maderables de alto valor, se hizo mediante mediciones efectuadas en el país (Jimenez Nehring, 2012) y biomasa contenida en las especies de bosque, según su edad de aprovechamiento.
Granos básicos 1	El cultivo de grano básico tiene una densidad arbórea baja (18 árboles por ha) (AFE-COHDEFOR, 2006), por lo tanto, se usó el valor genérico proporcionado por EX-ACT para cultivos anuales. Se consideró la quema anual de los residuos de cosecha (SERNA, 2010).	No se proyectan cambios	Se tomó en cuenta el abandono de la quema y la incorporación de barreras vivas. Se seleccionarían los árboles obtenidos a través de la regeneración natural hasta alcanzar una densidad de 263 árboles bajo podas anuales y 22 árboles maderables (Fernández et al., 2005). Se ajustaron las tasas de aplicación de fertilizantes según el aumento de rendimiento y recomendación técnica (Bertsch, 2009).
Grano básico 2	Véase grano básico 1.	No se proyectan cambios	Se tomó en cuenta el abandono de la quema y la siembra de una barrera viva. Se tomó en consideración la fijación de carbono en callejones de guama así como de árboles maderables. Se ajustaron las tasas de aplicación de fertilizantes según el aumento de rendimiento de grano básico y de diversificación con pimienta negra conforme a sus requerimientos de nutrientes (Bertsch, 2009).
Vegetación secundaria decidua	La vegetación secundaria corresponde a las áreas de cultivo o pastoreo en descanso que vuelven a ser cultivadas dentro un periodo relativamente corto (5 años) (Aweto, 2013). Por esta razón se usó la categoría de barbecho o "tierra reservada" para estimar el balance de GEI del uso actual.	No se proyectan cambios	Basado en los incrementos de biomasa y la densidad de cada especie sembrada, se determinó en un coeficiente de nivel 2, un incremento de biomasa arriba del suelo a 20 años de 4,93 TC/ha (FAO, 2014).
Vegetación secundaria húmeda	Véase vegetación secundaria decidua.	No se proyectan cambios	Basado en los incrementos de biomasa la densidad de cada especie sembrada y la frecuencia de aprovechamiento se determinó en un coeficiente de nivel 2, un incremento de biomasa arriba del suelo a 20 años de 12,69 TC/ha (FAO, 2014). Se usó el límite inferior del índice de distribución entre raíces y brotes (0,44) para evitar sobreestimaciones (DiRocco et al., 2014).
Pasto natural	Basado en Holmann et al. (2005), se asumió que 30% de los pastos no son degradados, 28% están severamente degradados y 41% moderadamente degradados.	Se mantiene el estado de degradación de los pastos naturales.	La intensificación del manejo del sistema permitiría un aumento de la carga animal de 1,13 a 2,96 UA/ha. Se consideró la incorporación de mejoras en la práctica de alimentación (de 7% a 100% del hato) para todo el periodo analizado, mientras que la reducción en el número de vaquillonas se daría durante 5 años.
Área húmeda continental 1	La presencia de sedimentos, troncos y demás objetos impiden que se recupere el hidropereodo apropiado para el desarrollo del mangle y, por ende, la regeneración del ecosistema.	No se proyectan cambios.	Se propone la remoción de los sedimentos y objetos que obstruyen la circulación del agua en canales. De esta forma se rehumidificarían las áreas de manglares.
Área húmeda continental 2	Debido a la sobre extracción de los productos forestales del manglar, hay áreas (perifericas) donde no hay ningún mangle que permita su regeneración natural.	No se proyectan cambios.	Se reforestarían áreas donde no hay ningún mangle residual. La cuantificación de carbono secuestrado en la biomasa y en el suelo del ecosistema manglar se hizo con base en (González, 2014)

Uso del suelo	Práctica de línea base	Escenario sin restauración	Escenario con restauración
Bosque de conífera denso	El bosque de conífera sin protección contra incendios forestales se caracteriza por la intervención de incendios de manera frecuente (cada 2 a 10 años) (Myers et al., 2006) y un estado de su vegetación ligeramente degradado (Domínguez & Trejo, 2003). Por ende, se asumió una ocurrencia de incendios cada 6 años en promedio para definir el uso actual. Se ajustó la tasa de carbono contenido en el bosque de pino a las mediciones más recientes y precisas (27TC/ha) (MiAmbiente+, 2017).	No se proyectan cambios.	Se configuró EX-ACT asumiendo la ausencia de incendios en el área restaurado.
Bosque de conífera ralo	Véase bosque de conífera ralo.	No se proyectan cambios.	Se configuró EX-ACT asumiendo la ausencia de incendios en el área restaurada.
Bosque de conífera ralo con incidencia de gorgojo	Como parte del plan de salvamento, se requeriría de aprovechar los árboles en 22% del área donde se detectan árboles afectados por el gorgojo (ICF, 2016a). En esta área, no se recuperaría cobertura aborea de pino por efecto de la regeneración natural debido las condiciones del área.	No se proyectan cambios.	Se calculó el incremento de biomasa adicional producto de la reforestación conforme con la tasa de crecimiento del pino (Meza, 1997; Pérez et al., 1989; Reynoso & García, 1985; Cojóm, 2012), el índice de distribución entre raíces y brotes específico para pino (Sanquetta et al., 2011) y la frecuencia de aprovechamiento en las distintas instancias del área restaurada (p. ej. microcuenca, área bajo manejo forestal).

Bibliografía Anexo 5

- Administración Forestal del Estado - Corporación Hondureña de Desarrollo Foestal (AFE-COHDEFOR). (2006). *Evaluación Nacional Forestal: Resultados del inventario de bosques y árboles 2005-2006*. Tegucigalpa, Honduras: SAG, ESNACIFOR, FAO.
- Aweto, A.O. (2013). *Shifting Cultivation and Secondary Succession in the Tropics*. London, UK: CABI.
- Bertsch, F. (2009). *Absorción de nutrientes por los cultivos*. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. ed.
- Castellanos, E., Quilo, A., Pons D. (2010). *Estudio de línea base de carbono en cafetales*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad, y Universidad del Valle de Guatemala.
- Cojóm, J. (2012). *Crecimiento y productividad de plantaciones forestales de Pino Candelillo*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Instituto Nacional de Bosques (INAB).
- DiRocco, T.L., Ramage, B.S., Evans, S.G., Potts, M.D. (2014). 'Accountable Accounting: Carbon-Based Management on Marginal Lands'. *Forests* Volume 5, 847-861. <https://doi.org/10.3390/f5040847>
- Domínguez, R., Trejo, D. (2003). *Forest fire in Mexico and Central America. Presented at the Proceedings of the Second International Symposium on Fire Economics, Planning, and Policy: A Global View*, Córdoba, Spain, p. 12 (709).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2014). *Manual de directrices de uso y herramienta EX-ACT*. Roma, Italia: FAO.
- Fernández, L., Navarro, E., Flores, G. (2005). *El Sistema Agroforestal Quesungual: una opción para el manejo de suelos en zonas secas de ladera*, Argueta Roger. ed. Rome, Italy.
- González, O. (2014). *Elaboración de tabla de volumen comercial de Rhizophora mangle L. en el golfo de Fonseca, Honduras*. Siguatepeque, Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- Holmann, F., Argel, P., Rivas, L., White, D., Estrada, R.D., Burgos, C., Pérez, E., Ramírez, G., Medina, A. (2005). *Rehabilitación de pasturas en Honduras 25*.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas protegidas y Vida Silvestre (ICF) (2016). *Anuario estadístico forestal de Honduras 2015*. Comayagüela, Honduras: ICF.
- Jiménez Nehring, N. (2012). *Producción de madera y almacenamiento de carbono en cafetales con cedro (Cedrela odorata) y caoba (Swietenia macrophylla) en Honduras*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Meza, P. (1997). *Tabla de volumen para bosque jóvenes de pinus oocarpa Shiede en la región central de Honduras*. Siguatepeque, Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- MiAmbiente+ (2017). *Propuesta nivel de referencia de las emisiones forestales por Deforestación en la República Honduras para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC* (no publicado). Francisco Morazán, Honduras: Secretaría de Energía Recursos Naturales Ambiente y Minas.
- Myers, R., O'Brien, J., Morrison, S. (2006). *Descripción General del Manejo del Fuego en las Sabanas de Pino Caribe (Pinus caribaea) de la Mosquitia, Honduras* (informe técnico). Arlington, VA: The Nature Conservancy
- Orozco, G.V., Espinosa, C.M.O., Salazar, J.C.S., Pantoja, C.F.L. (2015). 'Almacenamiento de carbono en arreglos agroforestales asociados con café (*Coffea*

- arabica) en el sur de Colombia'. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* No. 1:213-221. <https://doi.org/10.22490/21456453.956>
- Pérez, N., Ferreira, O., Stiff, C.H. (1989). *Ecuaciones de volumen para pinus oocarpa Shiede en la región central de Honduras* (nota técnica). Siguatepeque, Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- Reynoso, F.A., García, R. (1985). *Tabla de volumen estándar y de factor de forma para Pinus caribaea var. Hondurens*, Instituto Superior de Agricultura (R. Dominicana). ed., nota técnica. Santo Domingo (R. Dominicana).
- Sanquetta, C.R., Corte, A.P., da Silva, F. (2011). 'Biomass expansion factor and root-to-shoot ratio for Pinus in Brazil'. *Carbon Balance and Management*. 6:6. <https://doi.org/10.1186/1750-0680-6-6>
- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) (2010). *Segunda comunicación nacional del Gobierno de Honduras antes la Convención marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Tegucigalpa, Honduras: SERNA.
- Somarriba, E., Cerda, R., Orozco, L., Cifuentes, M., Dávila, H., Espin, T., Mavisoy, H., Ávila, G., Alvarado, E., Poveda, V., Astorga, C., Say, E., Deheuvels, O. (2013). 'Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America'. *Agric. Ecosyst. Environ.* Volume 173, 46-57. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.04.013>
- Van Noordwijk, M., Rahayu, S., Hairiah, K., Wulan, Y.C., Faruda, Verbist, B. (2002). 'Carbon stock assessment for a forest-to-coffee conversion landscape in Sumber-Jaya (Lampung, Indonesia): from allometric equations to land use change analysis'. *Science in China*. Volume 45, 75-86.

Anexo 6.1 Estimación del factor K

La erodabilidad del suelo, el factor K, es un indicador de la susceptibilidad del suelo a la erosión que considera, en una determinada área, la variabilidad de materia orgánica, la estructura y la permeabilidad del suelo (Wang et al., 2016).

Se estimó el factor K según la ecuación de Wischmeier et al. (1971) a continuación:

$$K = \frac{(2,1 M^{1,1412} * 10^{-4} * (12 - a) + 3,25 (b - 2) + 2,5 * (c - 3))}{(100 * 1,2928)}$$

Donde,

K: Erodabilidad del suelo t*ha*hr*(MJ*mm*ha)⁻¹.

M: tamaño medio de partícula (% limo + % arena muy fina (0,05 a 0,1 mm)) × (100 - % arcilla).

a: Porcentaje de materia orgánica.

b: Factor correspondiente a la estructura del suelo.

c: Factor correspondiente al índice de permeabilidad del perfil del suelo.

Para calcular el tamaño medio de la partícula, la estructura del suelo y el índice de permeabilidad del suelo se utilizaron los datos recomendados por Mora & Rodríguez (2014), mientras que la materia orgánica del suelo se calculó con base en la metodología de Arévalo et al. (2014), la cual indica que el carbono orgánico del suelo (CO) se calcula según la ecuación: $CO = -0,109 \ln(\text{croma}) + 0,3079$, con un $R^2 = 0,0931$ donde R es el coeficiente de determinación de correlación de la regresión.

Los datos del suelo (textura, croma y estructura), determinado para cada clase de suelo identificado, se tomaron del reporte de Simmons (1969) para el primer horizonte.

Se calculó el factor según la clasificación definida por Simmons (1969) y se utilizó la herramienta Kriging (Quintero et al., 2017) para interpolar al área del país.

Bibliografía 6.1

- Arévalo, G., Brito, M., Sarmiento, G. (2014). *Estimación del carbono orgánico por medio del color en suelos de Honduras*. Presented at the XX Congreso latinoamericano de la ciencia de suelo, Zamorano, Perú, pp. 3-6.
- Mora, A., Rodríguez, M. (2014). *Calidad de suelos de dos zonas de vocación forestal y recomendaciones de manejo en la E.A.P. Zamorano, Honduras*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, La Lima, Cortés, Honduras.
- Quintero, A.F.C., Salazar, L.A.L., Melo, O.R. (2017). 'Determinación del riesgo a la erosión potencial hídrica en

la zona cafetera del Quindío, Colombia'. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* Volumen 8, 17-26. <https://doi.org/10.22490/21456453.1828>

Simmons, C.S. (1969). *Los suelos de Honduras*. Rome, Italy: FAO.

Wang, B., Zheng, F., Guan, Y. (2016). 'Improved USLE-K factor prediction: A case study on water erosion areas in China'. *Int. Soil Water Conserv. Res* Volume 4, 168-176. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.08.003>

Wischmeier, W., Johnson, C., Cross, B. (1971). 'A Soil Erodibility Nomograph for Farmland and Construction Sites'. *Journal of Soil and Water Conservation* Volume 26, 189-193.

Anexo 6.2 Datos tabla biofísica para InVEST

Los usos del suelo con la denominación “oportunidad” abarcan las áreas dentro del mapa de uso del suelo que reúnen a uno o varios criterios para la restauración de paisaje productivo (Mapa 1 y 2).

Cuadro A4: Tabla de valores biofísicos del uso actual del suelo utilizados para InVEST

Uso del suelo	Factor C	Factor P	Eficiencia retención sedimentos
Árboles dispersos fuera de bosque	0,012 ⁽¹⁾	1	0,35 ⁽⁵⁾
Área húmeda continental	0,7 ⁽³⁾	1	0,25 ⁽⁵⁾
Agricultura tecnificada	0,24 ⁽³⁾	1	0,35 ⁽⁵⁾
Arenal de playa	0 ⁽⁶⁾	1	0 ⁽¹⁰⁾
Bosque de conífera denso ^a	0,00957 ^(2,4,11)	1	0,49 ^(4,5)
Bosque de conífera denso Oportunidad para RPF ^a	0,00957 ^(2,4,11)	1	0,44 ^(4,5)
Bosque de conífera ralo ^a	0,062 ^(2,4,11)	1	0,43 ^(4,5)
Bosque de conífera ralo Oportunidad para RPF - gorgojo ^b	0,118 ^(3,4,11)	1	0,43 ^(4,5)
Bosque de conífera ralo Oportunidad para RPF ^b	0,062 ^(3,4,11)	1	0,43 ^(4,5)
Bosque de mangle alto	0,003 ⁽³⁾	1	0,9 ⁽⁵⁾
Bosque de mangle bajo	0,003 ⁽³⁾	1	0,75 ⁽⁵⁾
Bosque catifoliado deciduo	0,004 ⁽³⁾	1	0,66 ⁽⁵⁾
Bosque latifoliado húmedo	0,004 ⁽³⁾	1	0,7 ⁽⁵⁾
Bosque latifoliado húmedo inundado	0,05 ⁽³⁾	1	0,75 ⁽⁵⁾
Bosque mixto	0,001 ⁽¹⁾	1	0,62 ⁽⁵⁾
Cafetales < 900m ^c	0,0788 ^(7,8)	0,95 ⁽¹²⁾	0,33 ⁽⁵⁾
Cafetales < 900 m Oportunidad para RPF ^c	0,0789 ^(7,8)	0,95 ⁽¹²⁾	0,31 ⁽⁵⁾
Cafetales 900-1300 m ^c	0,0788 ^(7,8)	0,95 ⁽¹²⁾	0,33 ⁽⁵⁾
Cafetales 900-1300 m Oportunidad para RPF ^c	0,0789 ^(7,8)	0,95 ⁽¹²⁾	0,31 ⁽⁵⁾
Cafetales >1300 m ^c	0,0788 ^(7,8)	0,95 ⁽¹²⁾	0,33 ⁽⁵⁾
Cafetales >1300 m Oportunidad para RPF ^c	0,0789 ^(7,8)	0,95 ⁽¹²⁾	0,31 ⁽⁵⁾
Camaroneras/salineras	0,08 ⁽¹⁰⁾	1	0,25 ⁽¹⁰⁾
Cuerpos de agua artificial	0 ⁽³⁾	1	0 ⁽¹⁰⁾
Lagos y lagunas naturales	0 ⁽³⁾	1	0 ⁽¹⁰⁾
Otras superficies de agua	0 ⁽³⁾	1	0 ⁽¹⁰⁾
Palma africana	0,155 ⁽¹⁾	1	0,5 ⁽¹⁰⁾
Pastos/cultivos 1 ^d	0,094 ^(3,4,9)	1	0,45 ^(4,9,10)
Pastos/cultivos 1 Oportunidad para RPF ^d	0,094 ^(3,4,9)	1	0,45 ^(4,9,10)
Pastos/cultivos 2 ^d	0,094 ^(3,4,9)	1	0,45 ^(4,9,10)
Pastos/cultivos 2 Oportunidad para RPF ^d	0,094 ^(3,4,9)	1	0,45 ^(4,9,10)
Sabanas	0,008 ⁽³⁾	1	0,845 ⁽¹⁰⁾
Suelo desnudo continental	0,7 ⁽³⁾	1	0,25 ⁽¹⁰⁾
Tique (Acoelorrhaphe wright)	0,04 ⁽³⁾	1	0,40 ⁽¹⁰⁾
Vegetación secundaria decidua ^e	0,051 ^(3,4,9)	1	0,207 ^(4,5,9)
Vegetación secundaria decidua Oportunidad para RPF	0,051 ^(3,4,9)	1	0,207 ^(4,5,9)
Vegetación secundaria húmeda	0,051 ^(3,4,9)	1	0,207 ^(4,5,9)
Vegetación secundaria húmeda Oportunidad para RPF	0,051 ^(3,4,9)	1	0,207 ^(4,5,9)
Zona urbana continua	0,1 ⁽¹⁰⁾	1	0,03 ⁽¹⁰⁾
Zona urbana discontua	0,1 ⁽¹⁰⁾	1	0,03 ⁽¹⁰⁾

^a Según la última encuesta nacional forestal (ICF, 2017a), 2% del área de bosque de pino está sujeto a quema, por lo cual, a esta proporción del área de bosque nacional, se le aplica el factor C correspondiente a bosque de pino quemado. Se mantuvo igual la ponderación tanto para el área identificada como oportunidad y no oportunidad, ya que no se pudo corroborar que el área donde hoy en día ocurren los incendios forestales, se ubicaban fuera del área donde se estaban implementando prácticas de protección contra incendios forestales.

^b Debido al estado de degradación del bosque con incidencia de gorgojo, se estima que no hay presencia de árboles vivos en 10% del área (ICF, 2017a), se ponderó el factor C correspondiente a tierra desnuda para reflejar el estado de degradación de dicho ecosistema.

^c Se aplicó el factor C y la tasa de eficiencia de la retención de sedimentos con base en el área estimada que ocuparía cada tipo de planta en el sistema de café, según comunicación del IHCAFÉ. Por tener 25% del área de cafetal con sombra de musácea, 50% con sombra de Inga y 25% con sombra de árboles maderables, el área de café ocuparía en promedio 85%, la musácea un 14% y cuando están presentes en el uso actual, los árboles de sombra entre 7 y 8%. La variación que se observa para el área de oportunidad en la capacidad de retención se debe a que los sistemas de café bajo árboles maderables, que ya existen en el uso actual y tienen mayor capacidad de retención, no se consideran dentro del área por restaurar.

^d Se aplicaron los factores C y de retención de sedimentos asumiendo que 23% del área está ocupada por granos básicos, y 77% por pasto natural, según la repartición del área entre ambos usos del suelo (ICF, 2017; FAO, 2017).

^e Para determinar los parámetros de entrada para la vegetación secundaria, se usó el supuesto inicial de que 45% del área de cultivo regresaría a ser cultivado (grano básico o pastoreo) cada 4,5 años (véase apartado 2.5 del anexo 1 para mayores detalles).

Bibliografía Anexo 6.2

- Lianes E., Marchamalo, M., Roldán, M. (2009). 'Evaluación del factor C de la RUSLE para el manejo de coberturas vegetales en el control de la erosión en la cuenca del río Birrís, Costa Rica'. *Agronomía Costarricense*. Volumen 33, 217-235.
- Borrelli, P., Panagos, P., Langhammer, J., Apóstol, B., Schütt, B. (2016). 'Assessment of the cover changes and the soil loss potential in European forestland: First approach to derive indicators to capture the ecological impacts on soil-related forest ecosystems'. *Ecol. Indic.* Volume 60, 1208-1220. Doi:10.1016/j.ecolind.2015.08.053
- Burke, L., Sugg, Z. (2006). *Hydrologic modeling of watersheds discharging adjacent to the Mesoamerican Reef*. World Resources Institute.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) (2017). *Resultados Evaluación Nacional Forestal de Honduras*. Tegucigalpa, Honduras: ICF.
- Bhagabati, N., Barano, T., Conte, M., Ennaanay, D., Hadian, O., Mckenzie, E., Olwero, N., Rosenthal, A., Suparmoko Shapiro, A., Tallis, H., Wolny, S. (2012). *A green vision for Sumatra. Using ecosystem services information to make recommendations for sustainable land use planning at the province and district level*. A Report by The Natural Capital Project, WWF-US, and WWF-Indonesia. Stanford University, USA: The Natural Capital Project.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E., Montanarella, L. (2015). 'Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale'. *Land Use Policy* Volume 48, 38-50. doi:10.1016/j.landusepol.2015.05.021
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (1989). *Evaluación de los estados de erosión hídrica de los suelos y delimitación de áreas críticas por pérdida del horizonte A en la cuenca del río Reventazón*. (informe técnico No. 1-E.). Gobierno de Costa Rica. Roma, Italia: FAO.
- Marchamalo, M. (2007). *Cuantificar el potencial de conservación de suelo y agua basado en un análisis territorial de la cuenca. Estudio de caso de la cuenca del río Birrís. Proyecto: Contribución a la política de pago por servicios hidrológicos para el sector hidroeléctrico de Costa Rica*. (primer informe). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT) (2017). *FAO STAT base de datos* [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/> [2017, 15 de abril, 30 de mayo].
- Leh, M.D.K., Matlock, M.D., Cummings, E.C., Nalley, L.L. (2013). 'Quantifying and mapping multiple ecosystem services change in West Africa'. *Agric. Ecosyst. Environ.* 165, 6-18. doi:10.1016/j.agee.2012.12.001
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (2003). *Caracterización y diagnóstico de las subcuencas tributarias del sistema hidroeléctrico Birrís*. Turrialba, Costa Rica. 33 p. (Informe de consultoría presentado a la Junta Administrativa del Servicio Eléctrico de Cartago (JASEC). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Wischmeier W.H. y Smith D.D. (1978). 'Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning'. Edit. US Department of Agriculture, Washington, Volume 537, 58 p.

Cuadro A5 Supuestos para la ponderación del área forestal con basado en el tipo de cultivo o árbol de sombra considerado en el uso de la tierra

	Cerca viva (por metro lineal)	Árbol / arbusto bajo poda anual	Árbol maderable de alto valor	Árbol frutal	Banano y plátano
Área por árbol (m ²)	1,3	1	8,66	20	3

Cuadro A6 Tabla de valores biofísicos usados para las acciones de restauración con el modelo SDR de InVEST

Uso del suelo	Factor C	Factor P	Eficiencia retención sedimentos
Protección contra incendios forestales en bosque de conífera denso ^a	0,00785 ^(1,8)	1,0	0,498 ^(2,8)
Reforestación en bosque de conífera ralo-gorgojo	0,070 ⁽²⁾	1,0	0,500 ⁽²⁾
Protección contra incendios forestales en bosque de conífera ralo-sin gorgojo	0,041 ^(1,8)	1,0	0,467 ^(2,8)
Sistema agroforestal de cacao en cafetales < 900 m	0,061 ^(2,3)	0,78 ^(6,7)	0,713 ^(2,b)
Agrobosque de café en cafetales 900-1300m	0,0745 ^(3,4)	0,85 ⁽⁶⁾	0,352 ^(2,b)
Agrobosque de café en cafetales > 1300 m	0,0745 ^(3,4)	0,85 ⁽⁶⁾	0,352 ^(2,b)
Sistema silvopastoril y sistema de cultivos de granos básicos en callejones en pastos/cultivos 1	0,098 ^(2,3,5)	0,37 ⁽⁷⁾	0,51 ^(2,b,9)
Sistema silvopastoril y sistema agroforestal Quesungual en pastos/cultivos 2	0,086 ^(2,5)	0,42 ⁽⁷⁾	0,52 ^(2,b,9)
Plantación dendroenergética en vegetación secundaria decidua	0,014 ⁽⁵⁾	1,0	0,5 ⁽²⁾
Plantación de maderables de alto valor en vegetación secundaria húmeda	0,068 ^(2,5)	0,35 ⁽⁷⁾	0,51 ⁽²⁾

^a Se redujo la ponderación del área quemada a la solo al área de las quemas prescritas (menos de 1% del área bajo protección forestal). Véase apartado 2.10 para mayores detalles.

^b Según la distribución del área entre cultivos y árboles como parte de las recomendaciones técnicas (capítulo 2).

Bibliografía Anexo 6.3

1. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (2003). *Caracterización y diagnóstico de las subcuencas tributarias del sistema hidroeléctrico BIRRÍS*. Turrialba, Costa Rica. 33 p. (Informe de consultoría presentado a la Junta Administrativa del Servicio Eléctrico de Cartago (JASEC)). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
2. Bhagabati, N., Barano, T., Conte, M., Ennaanay, D., Hadian, O., Mckenzie, E., Olwero, N., Rosenthal, A., Suparmoko Shapiro, A., Tallis, H., Wolny, S. (2012). *A green vision for Sumatra. Using ecosystem services information to make recommendations for sustainable land use planning at the province and district level*. A Report by The Natural Capital Project, WWF-US, and WWF-Indonesia. Stanford University, USA: The Natural Capital Project.
3. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (1989). *Evaluación de los estados de erosión hídrica de los suelos y delimitación de áreas críticas por pérdida del horizonte A en la cuenca del río Reventazón* (No. Informe Técnico No. 1-E.). Gobierno de Costa Rica, FAO, Roma, Italia.
4. Marchamalo, M. (2007). *Cuantificar el potencial de conservación de suelo y agua basado en un análisis territorial de la cuenca. Estudio de caso de la cuenca del río BIRRÍS*. Proyecto: Contribución a la política de pago por servicios hidrológicos para el sector hidroeléctrico de Costa Rica. (No. Primer Informe). CATIE, Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
5. Burke, L., Sugg, Z. (2006). *Hydrologic modeling of watersheds discharging adjacent to the Mesoamerican Reef*. World Resources Institute.
6. Wischmeier W.H. y Smith D.D. (1978). "Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning". Édité. US Department of Agriculture, Washington Volume 537, 58 p.
7. Roose É. (1977). *Érosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles*. Édité. ORSTOM, Paris, série Travaux et Documents, N° 78, 108 p.
8. Borrelli, P., Panagos, P., Langhammer, J., Apostol, B., Schütt, B. (2016). 'Assessment of the cover changes and the soil loss potential in European forestland: First approach to derive indicators to capture the ecological impacts on soil-related forest ecosystems'. *Ecol. Indic.* Volume 60, 1208-1220. doi:10.1016/j.ecolind.2015.08.053
9. Leh, M.D.K., Matlock, M.D., Cummings, E.C., Nalley, L.L. (2013). 'Quantifying and mapping multiple ecosystem services change in West Africa'. *Agric. Ecosyst. Environ.* Volume 165, 6-18. doi:10.1016/j.agee.2012.12.001

Anexo 7 Costos y beneficios anuales de cada acción de restauración a lo largo de 30 años



Figura A1 Costos y beneficios anuales del cultivo de café por debajo de 900 msnm en HNL/ha, sin (A1a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A1b).

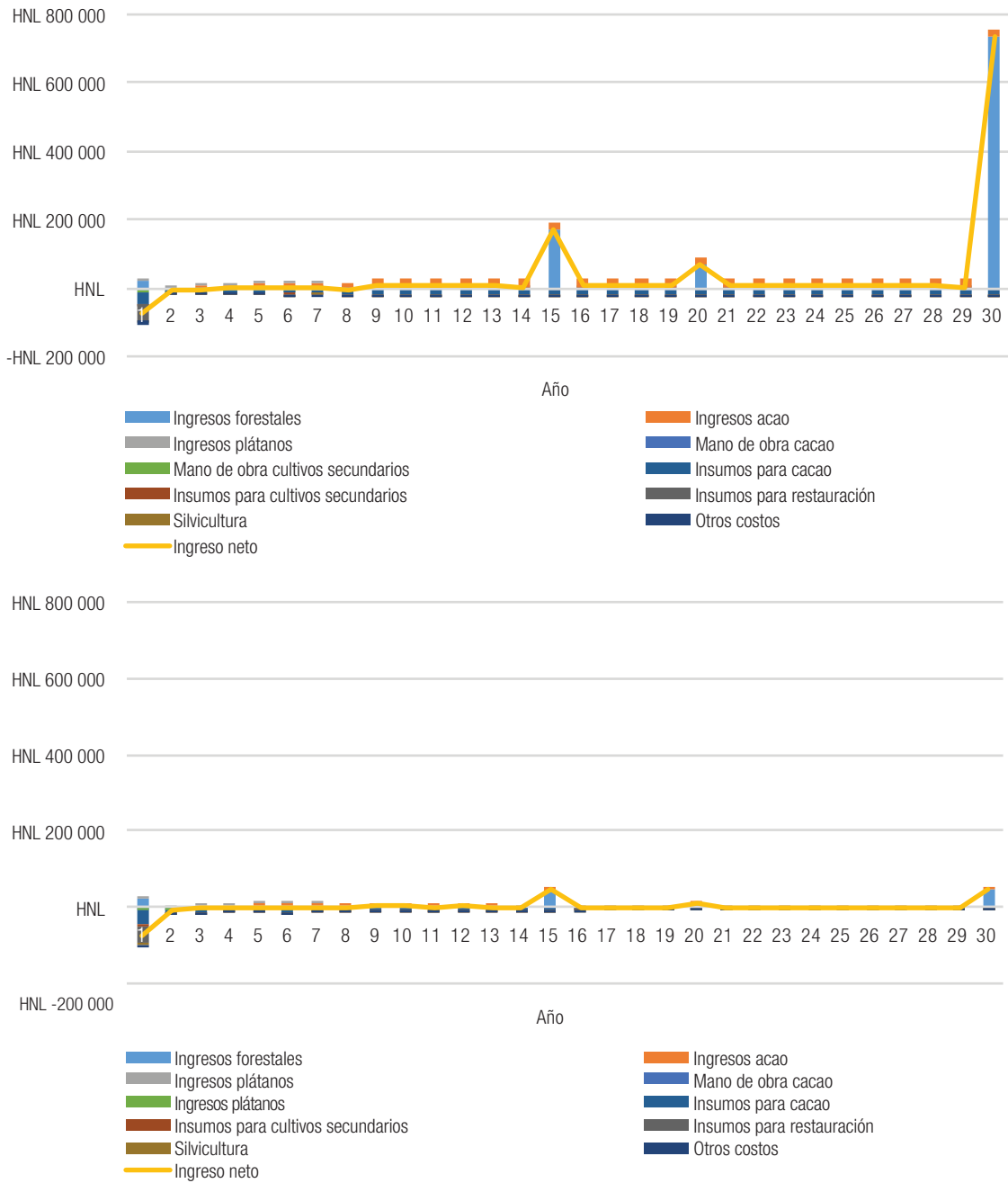


Figura A2 Costos y beneficios anuales de la implementación de un sistema agroforestal de cacao en cafetales por debajo de 900 msnm en HNL/ha, sin (A2a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A2b)

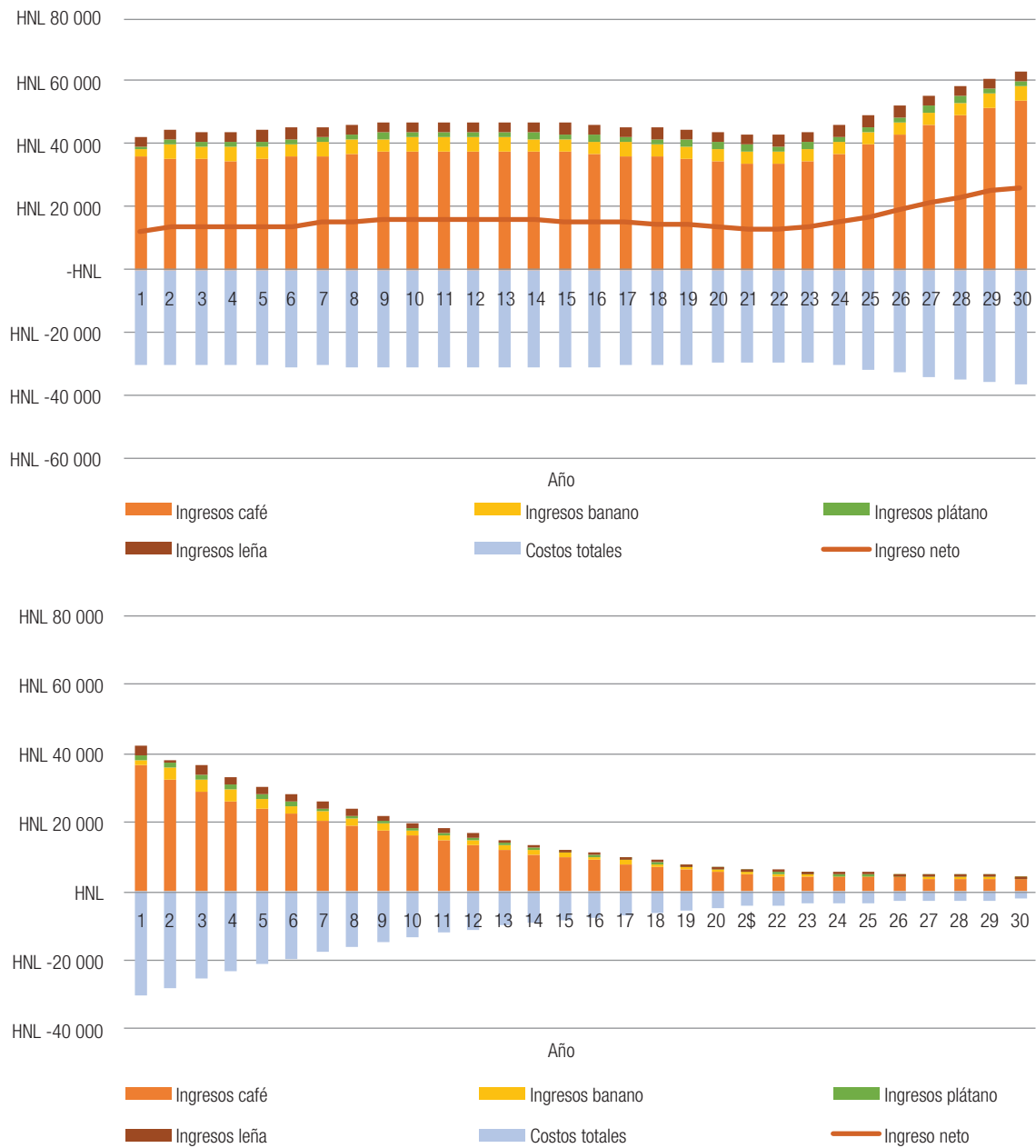


Figura A3 Costos y beneficios anuales del cultivo de café por encima de 900 msnm en HNL/ha, sin (A3a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A3b).

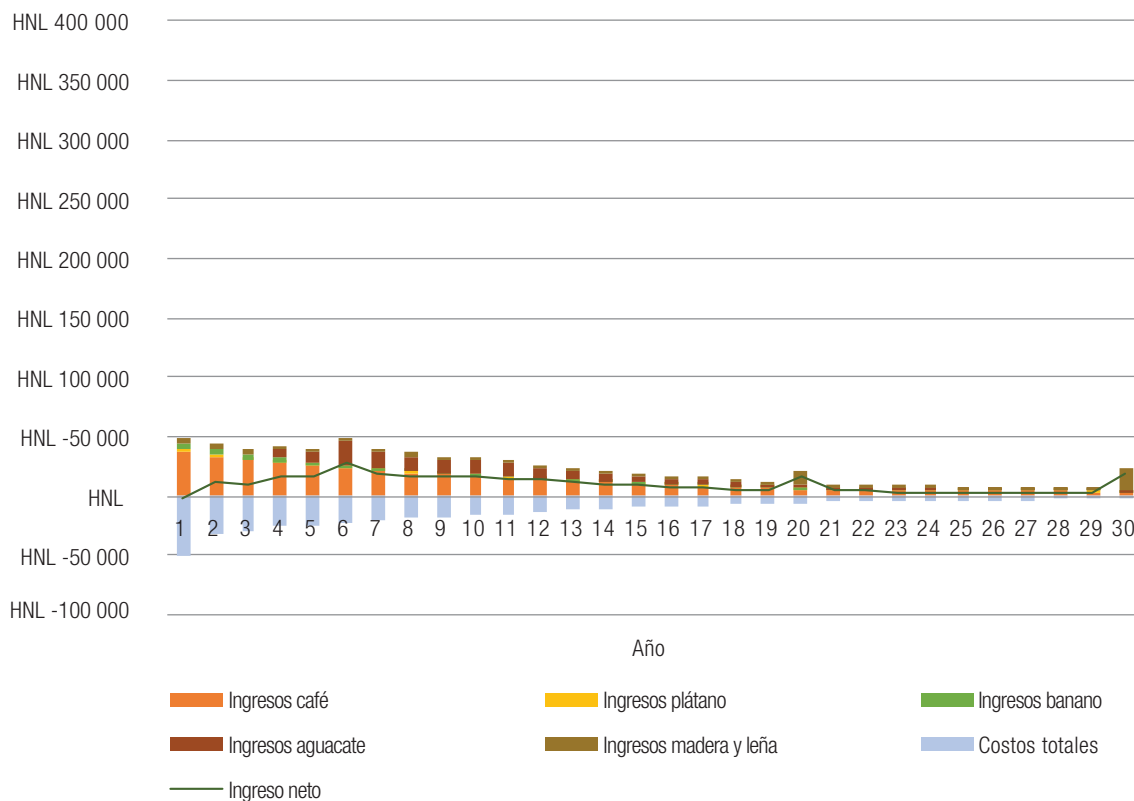
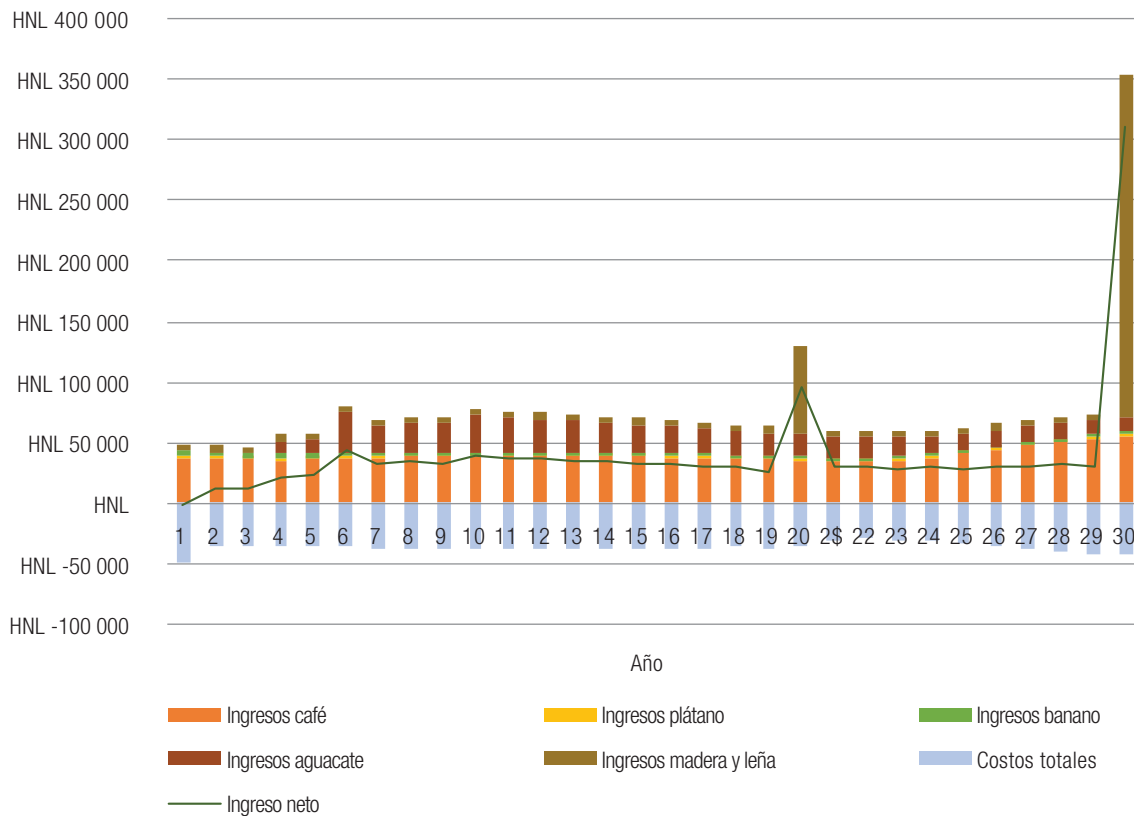


Figura A4 Costos y beneficios anuales de la implementación de agrobosque de café en cafetales por encima de 900 msnm en HNL/ha, sin (A4a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A4b).

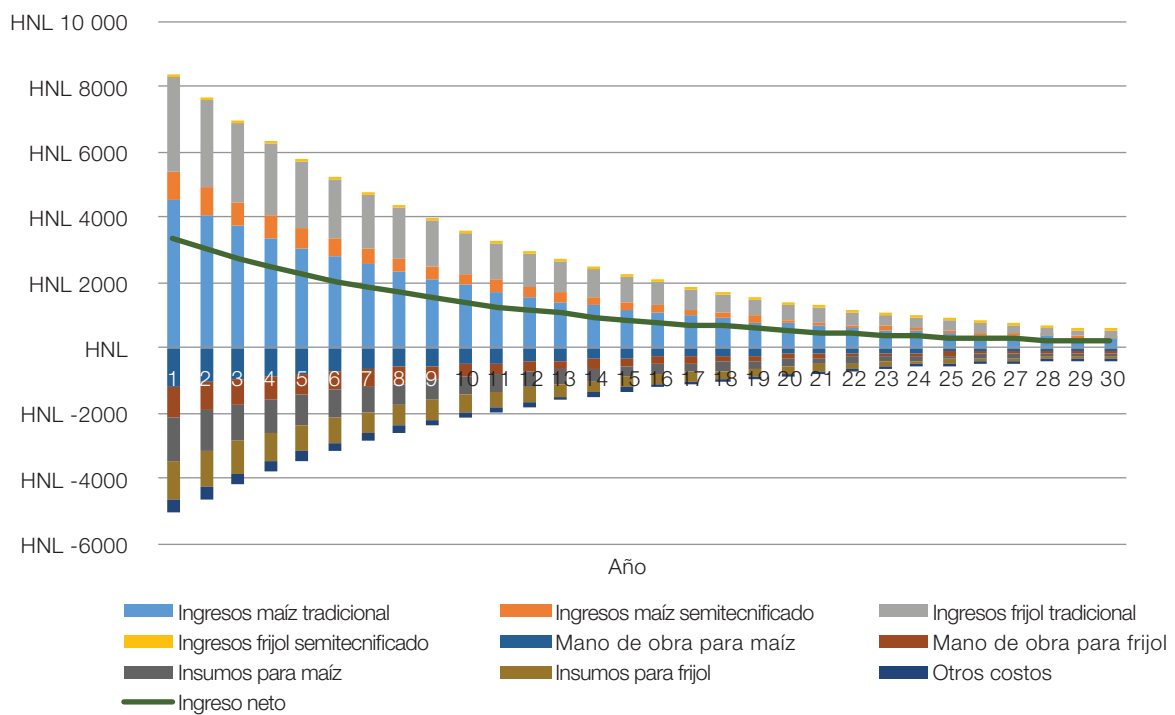
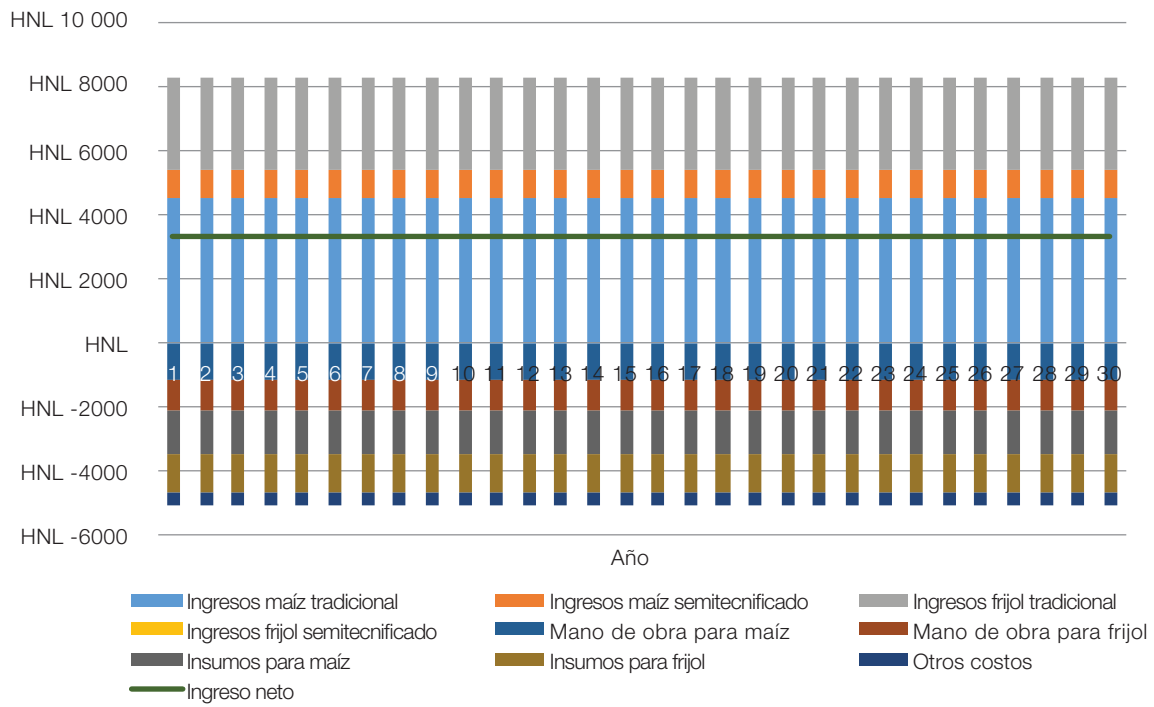


Figura A5 Costos y beneficios anuales de granos básicos en la zona seca en HNL/ha, sin (A5a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A5b).

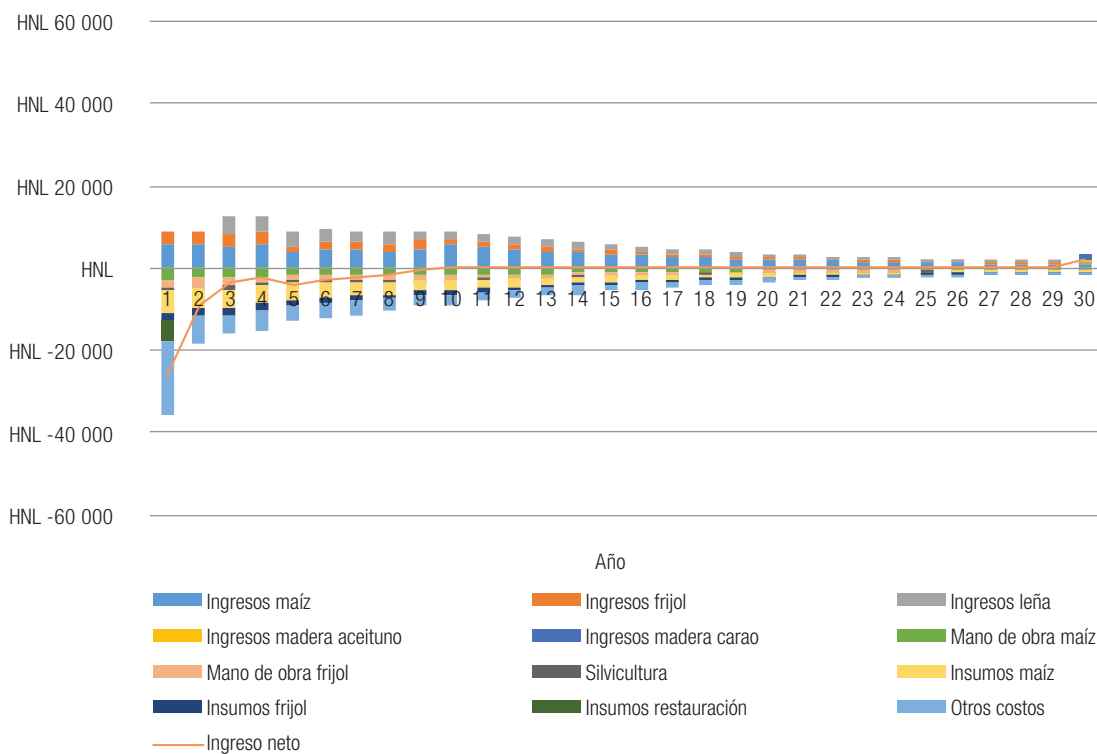
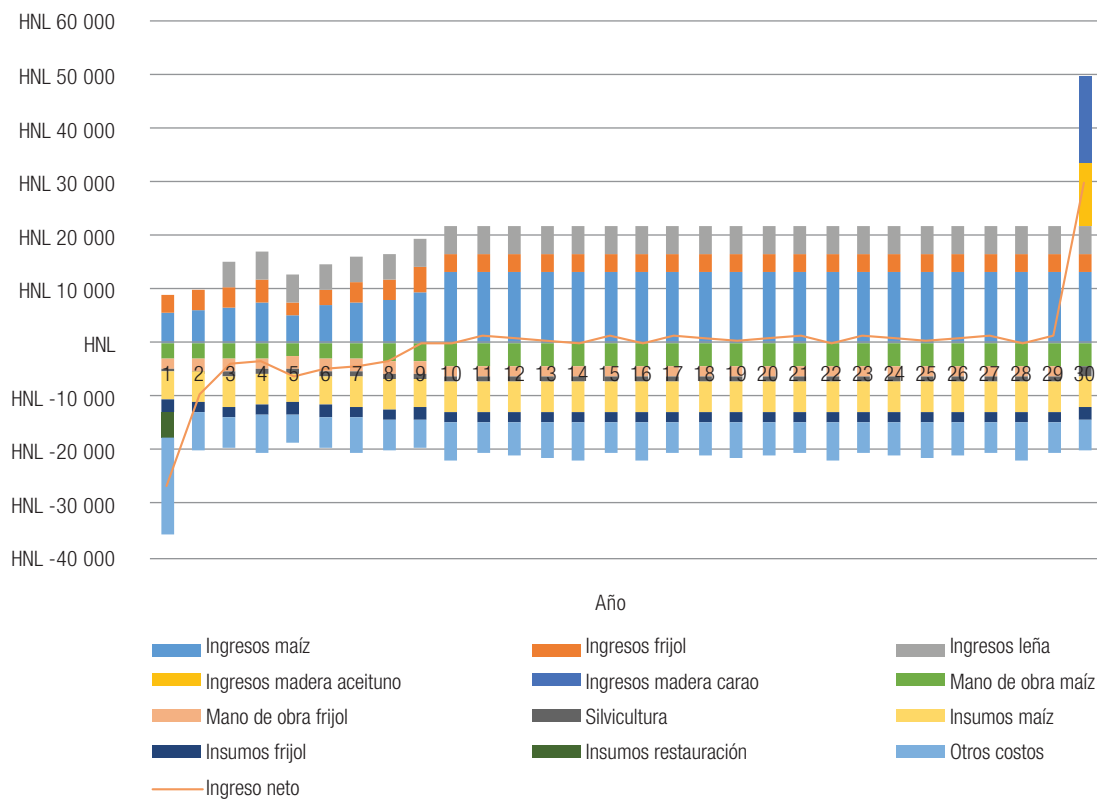


Figura A6 Costos y beneficios anuales de la implementación del sistema agroforestal Quesungual en granos básicos en la zona seca en HNL/ha, sin (A6a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A6b).

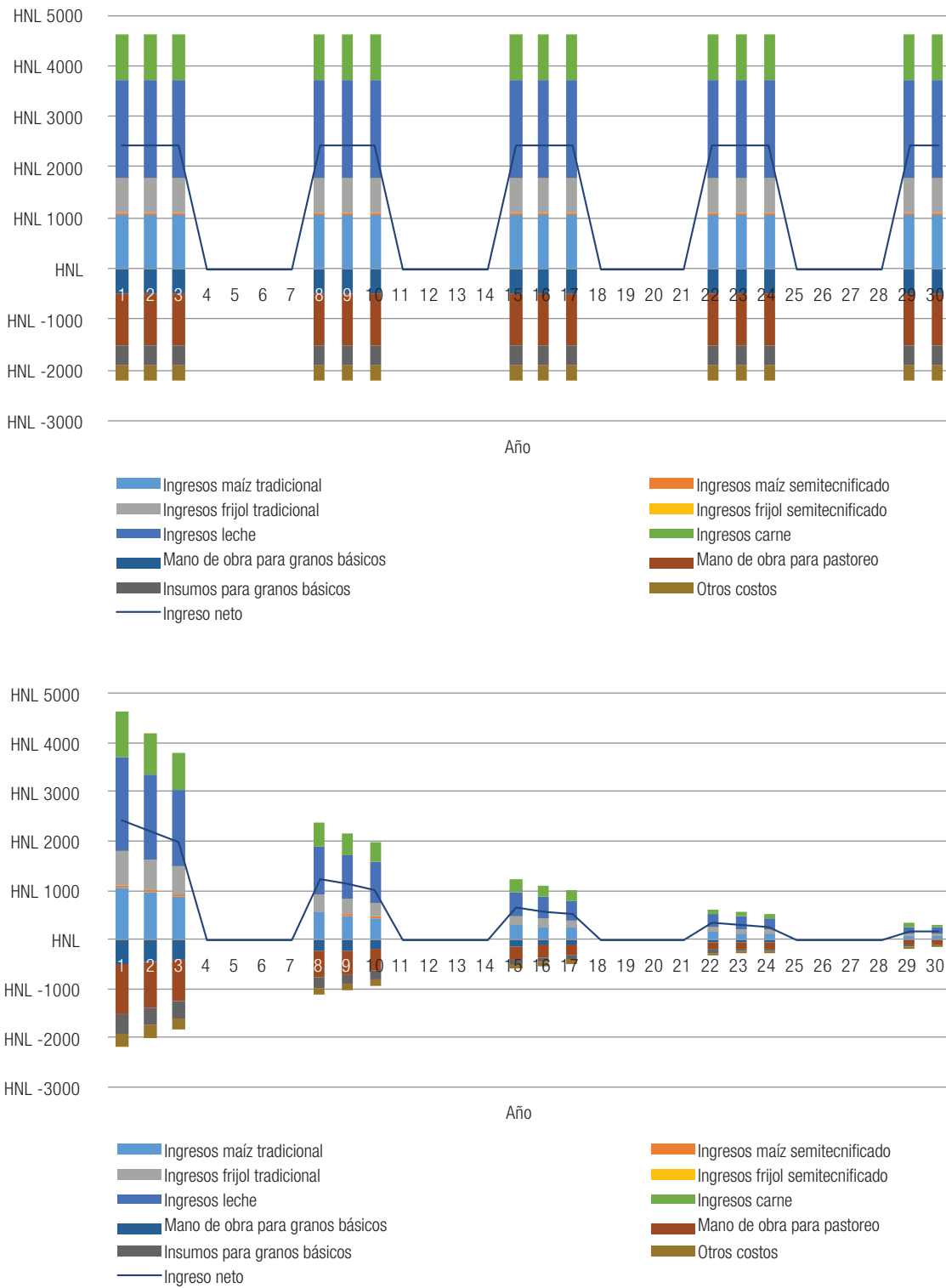


Figura A7 Costos y beneficios anuales del uso del área con vegetación secundaria seca en HNL/ha, sin (A7a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A7b).

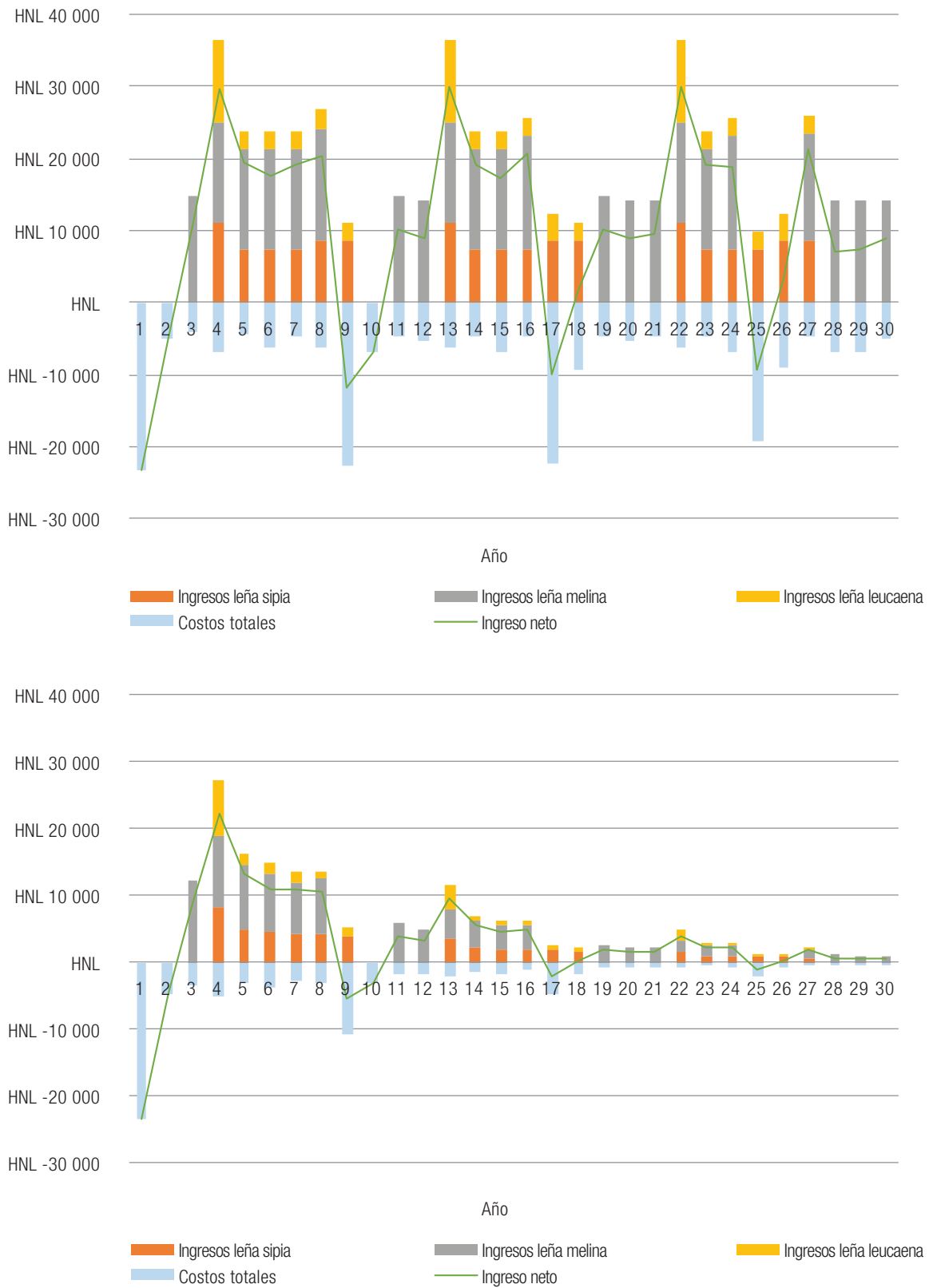


Figura A8 Costos y beneficios anuales de la implementación de una plantación dendroenergética en vegetación secundaria seca en HNL/ha, sin (A8a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A8b).

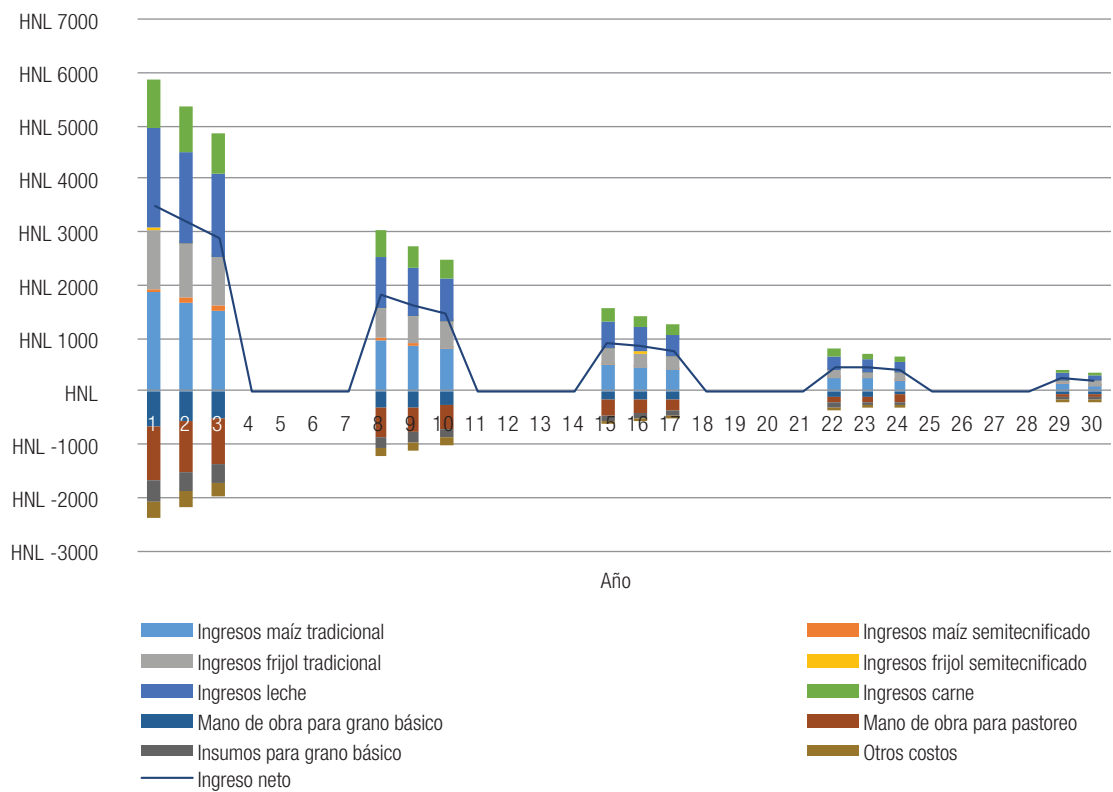
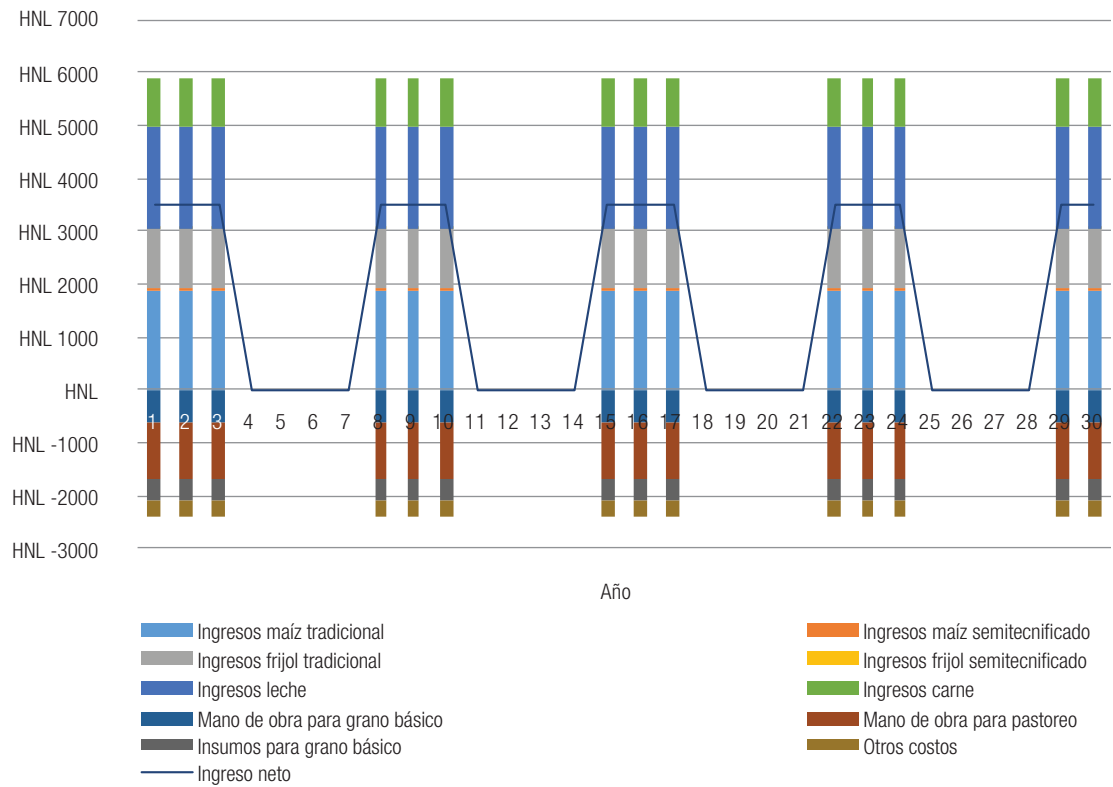


Figura A9 Costos y beneficios anuales del uso del área con la vegetación secundaria húmeda en HNL/ha, sin (A9a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A9b).

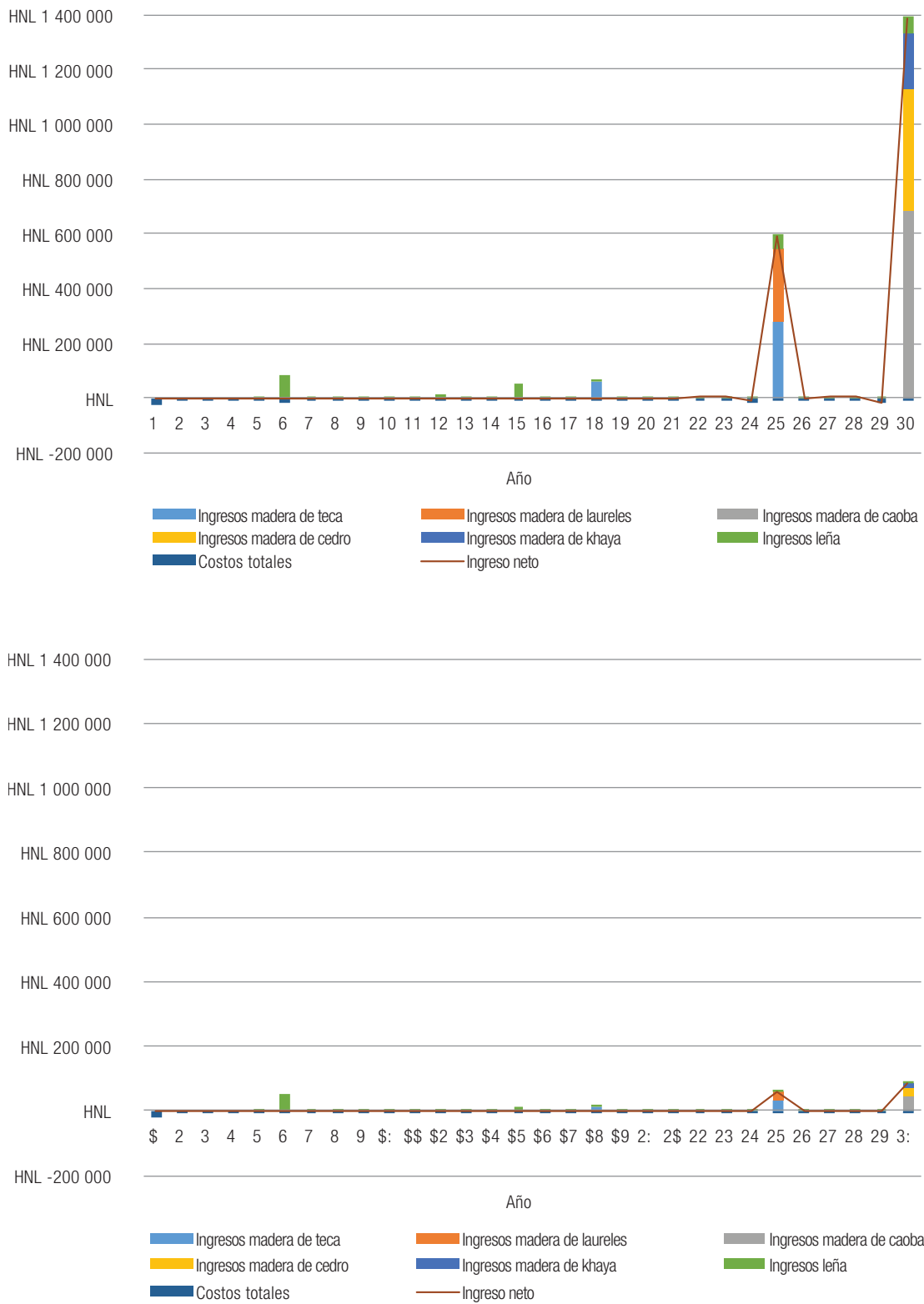


Figura A10 Costos y beneficios anuales de la implementación de plantación de maderables de alto valor en vegetación secundaria húmeda en HNL/ha, sin (A10a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A10b).

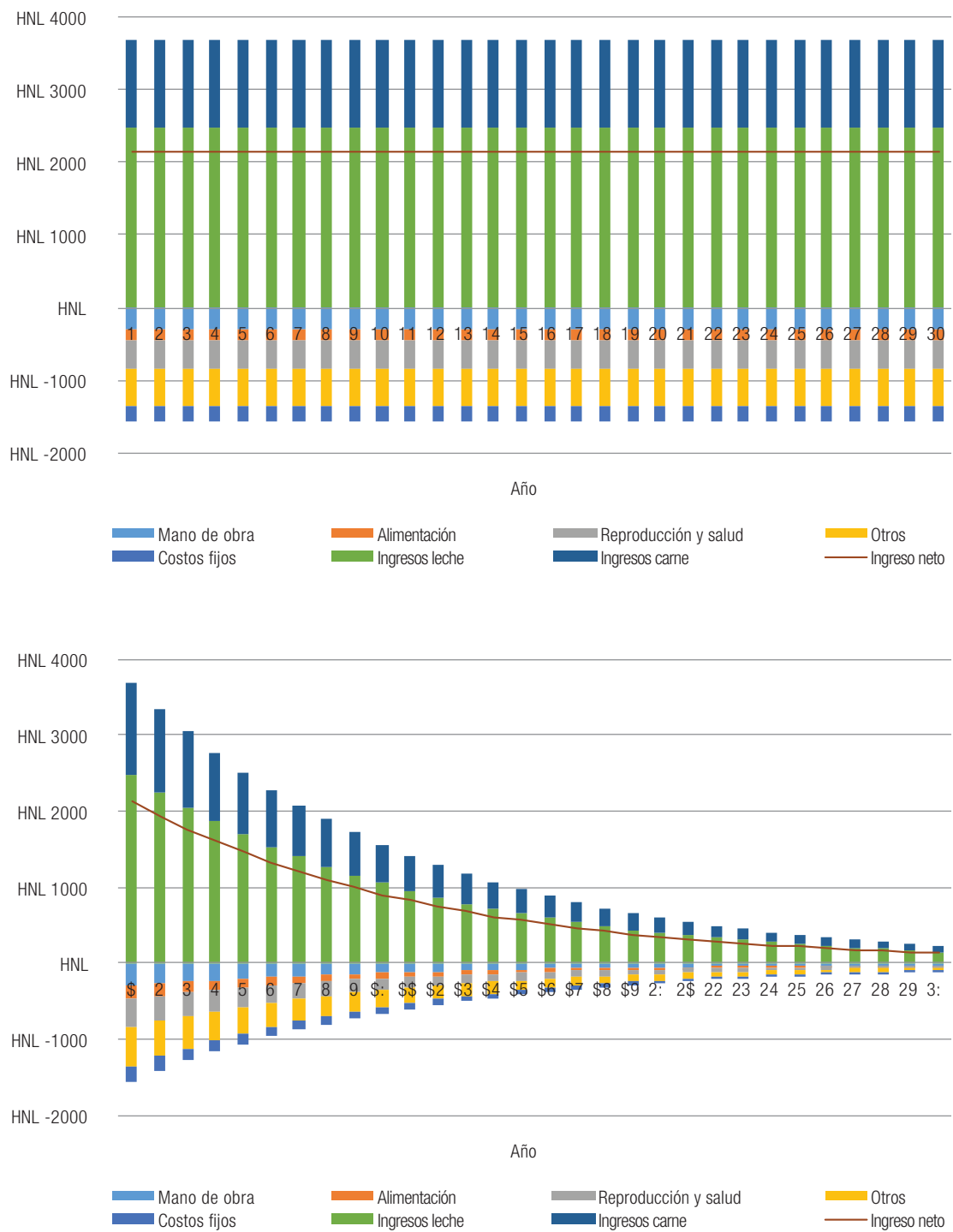


Figura A11 Costos y beneficios anuales del uso del área con pasto natural en HNL/ha, sin (A11a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A11b).



Figura A12 Costos y beneficios anuales de la implementación de sistema silvopastoril en pasto natural mediante en HNL/ha, sin (A12a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A12b).

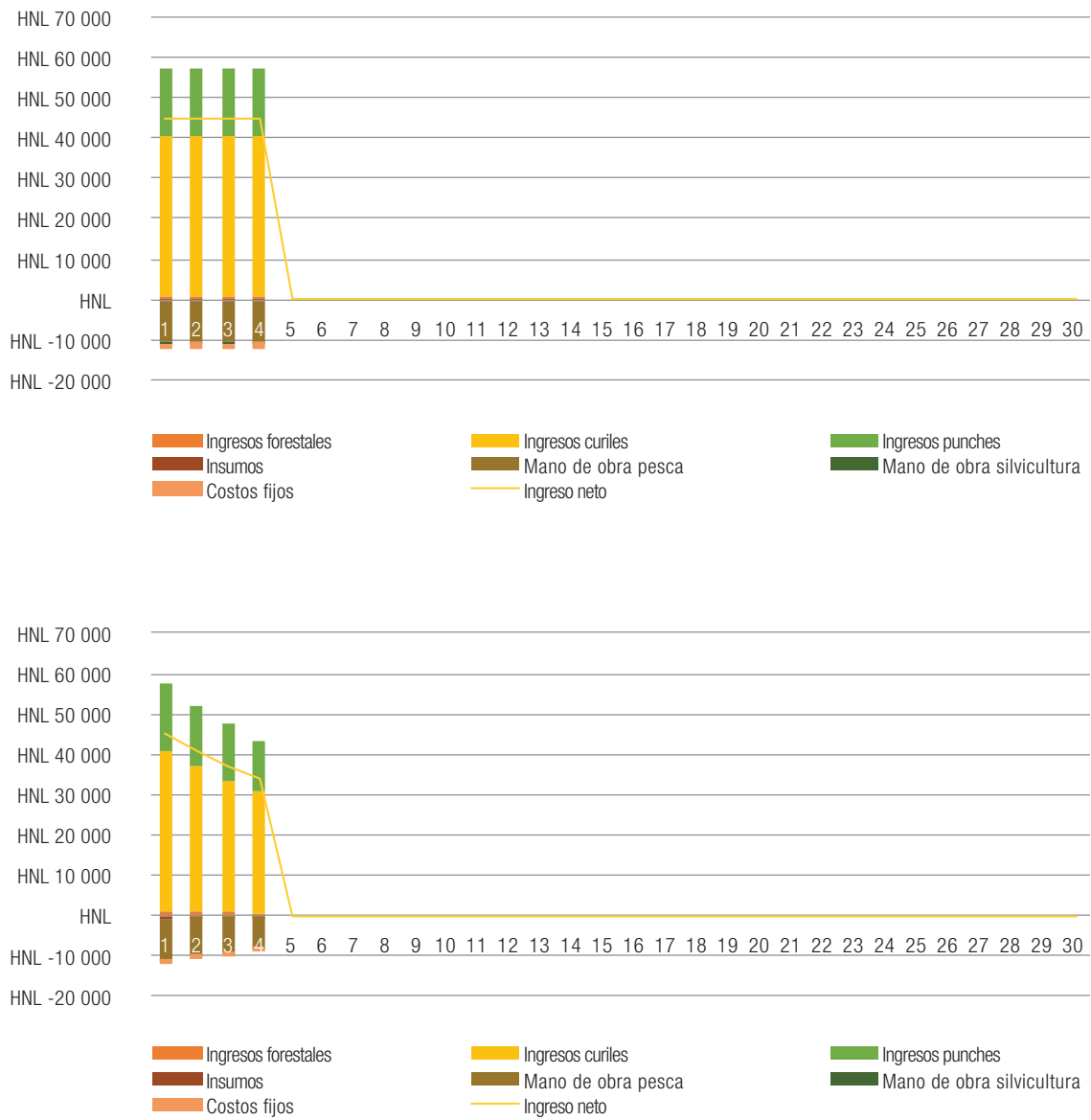


Figura A13 Costos y beneficios anuales de los usos de suelo del área húmeda continental 1 en HNL/ha, sin (A13a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A13b).

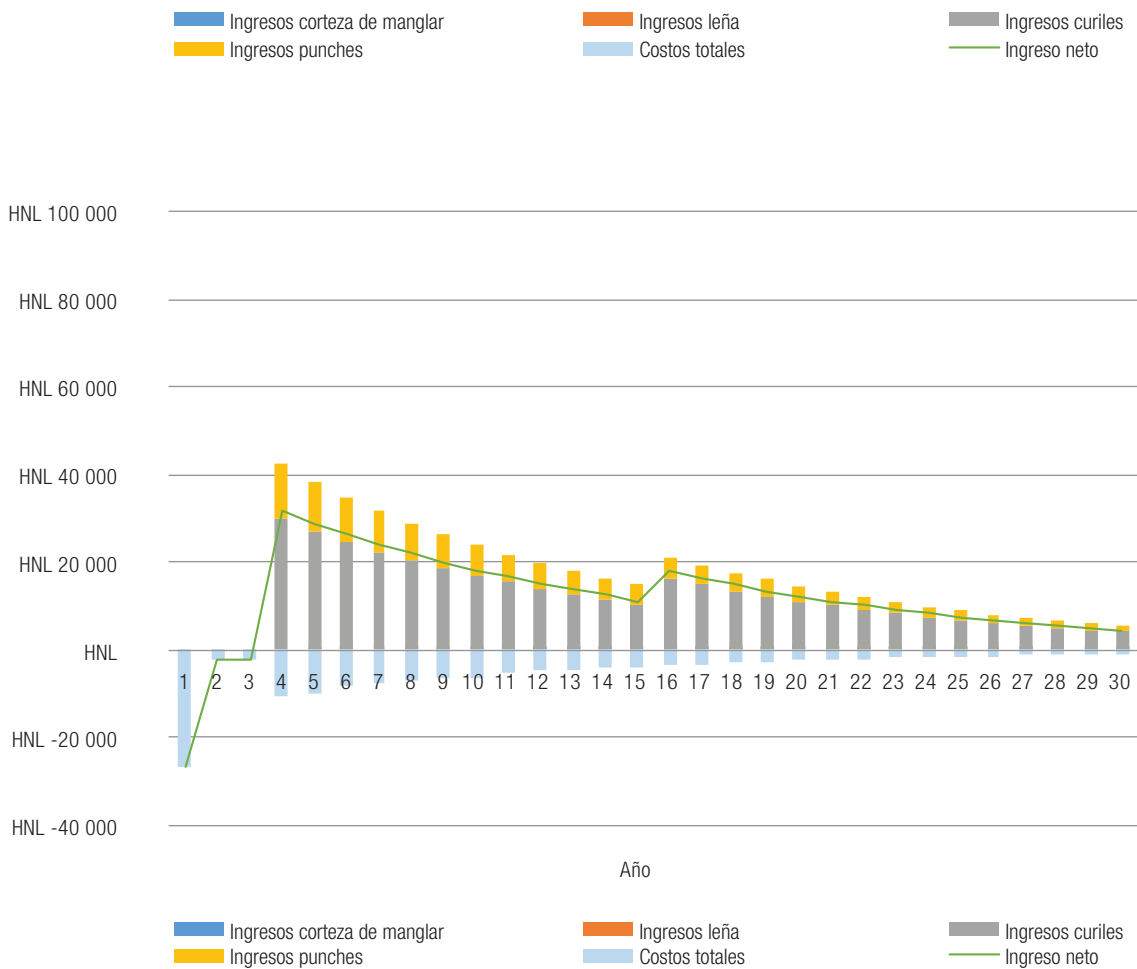
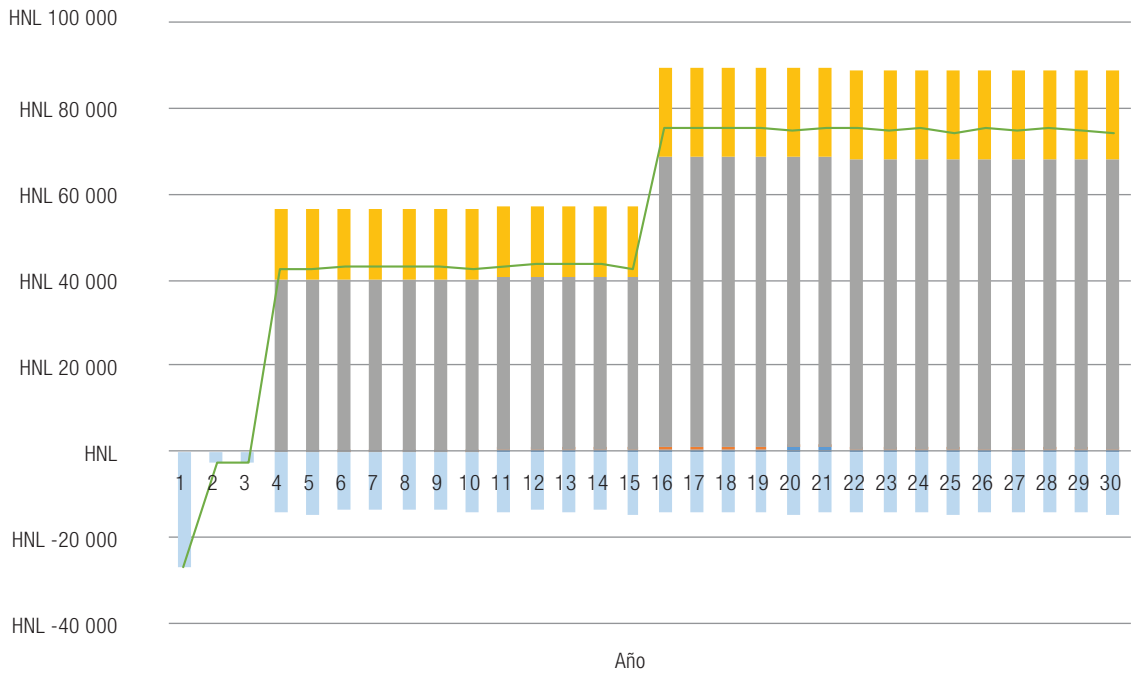


Figura A14 Costos y beneficios anuales de la implementación de la restauración ecológica de manglar en área húmeda continental 1 en HNL/ha, sin (A14a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A14b).

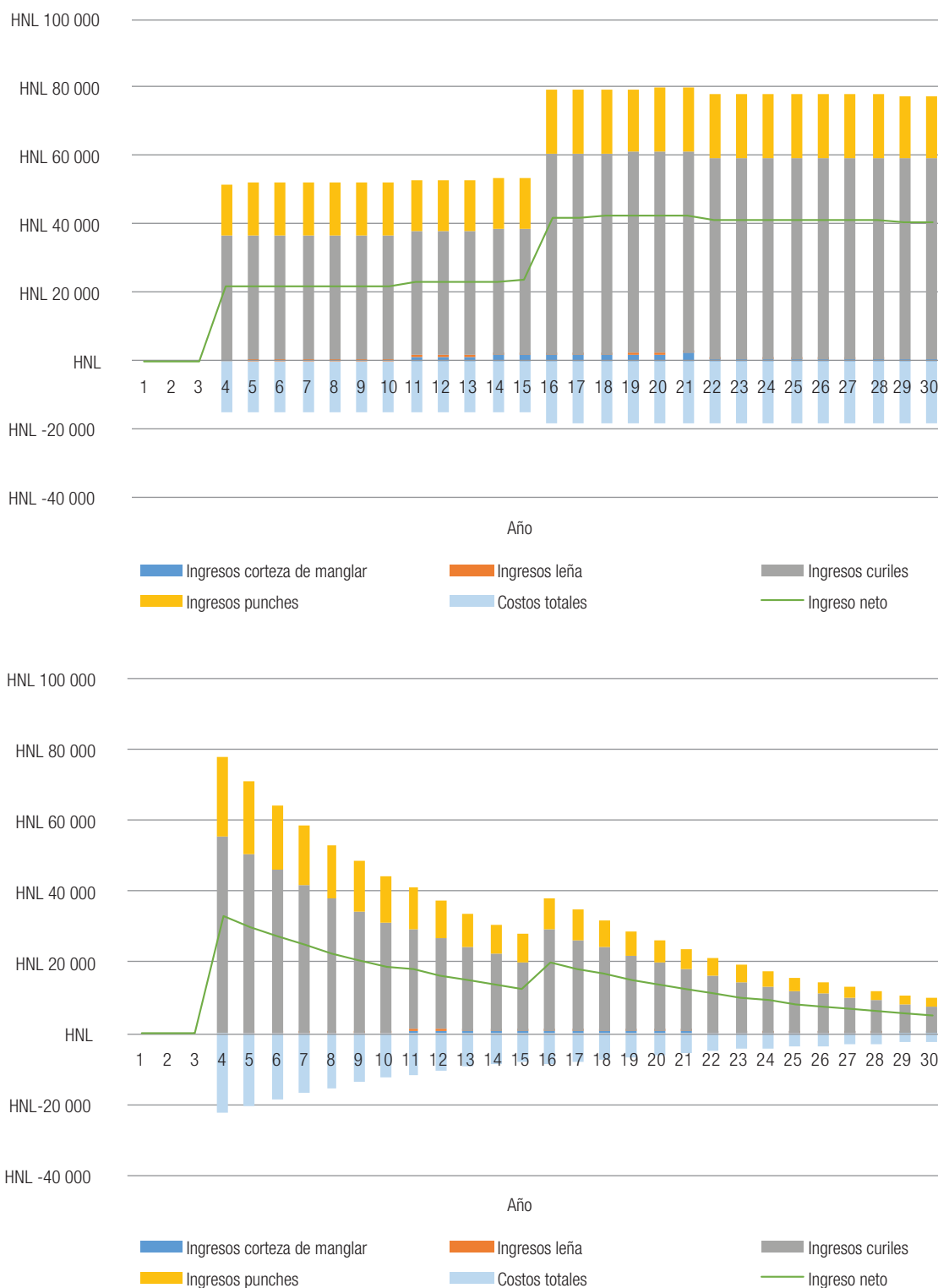


Figura A15 Costos y beneficios anuales de la implementación de la reforestación de manglar en área húmeda continental 2 en HNL/ha, sin (A15a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A15b).

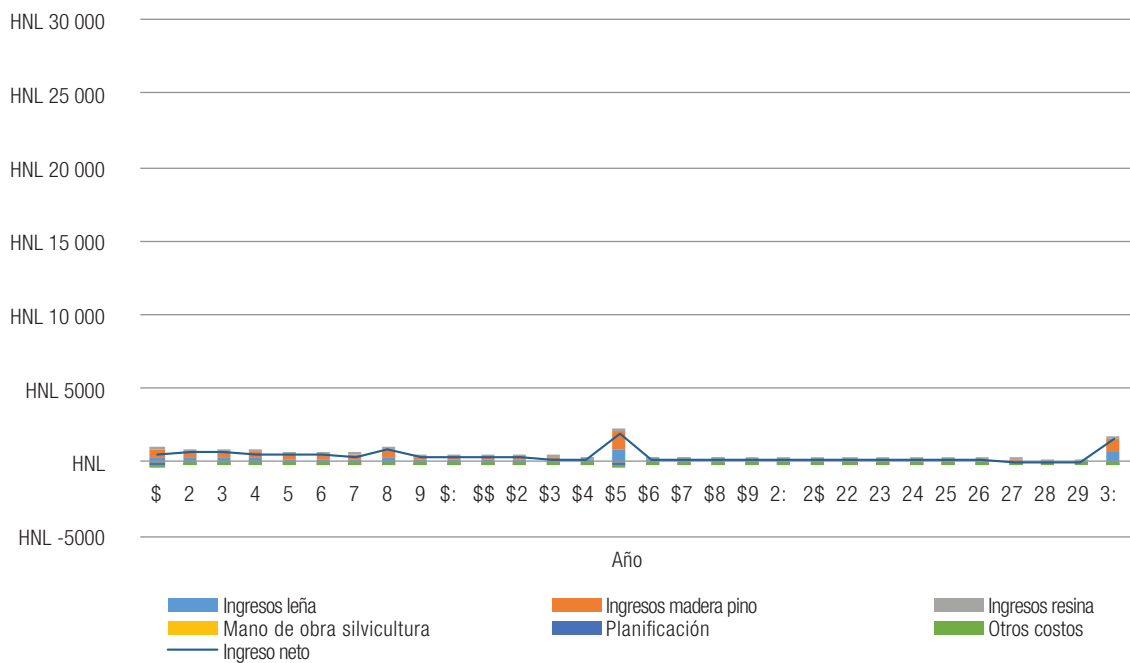
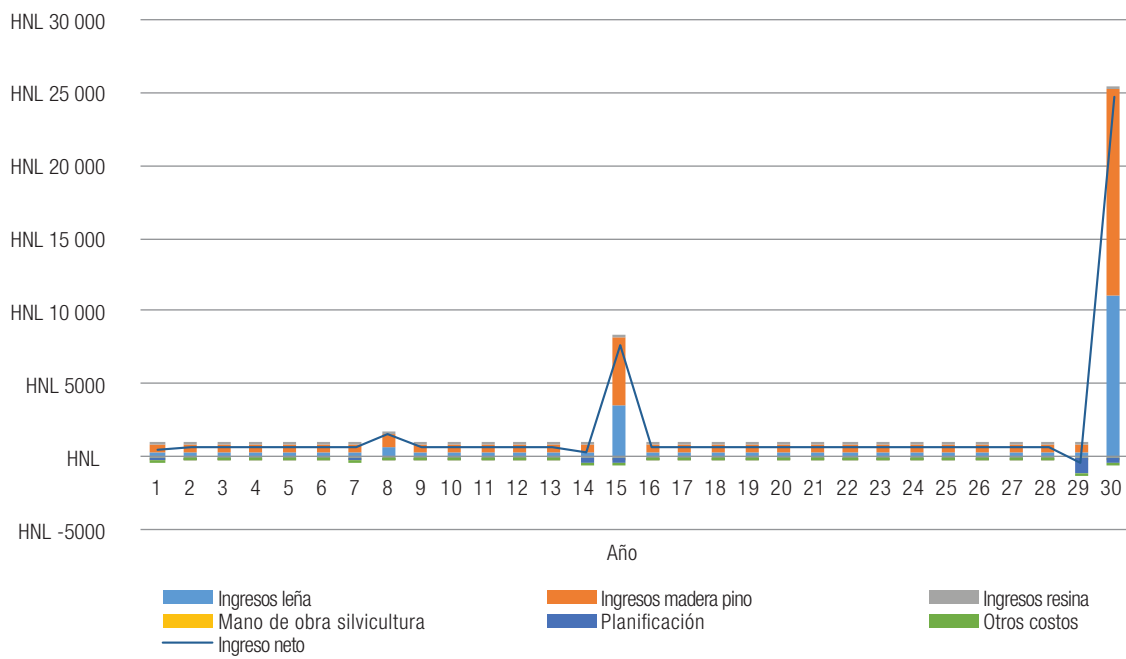


Figura A16 Costos y beneficios anuales de la continuación del uso actual de bosque de pino denso en HNL/ha, sin (A16a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A16b).

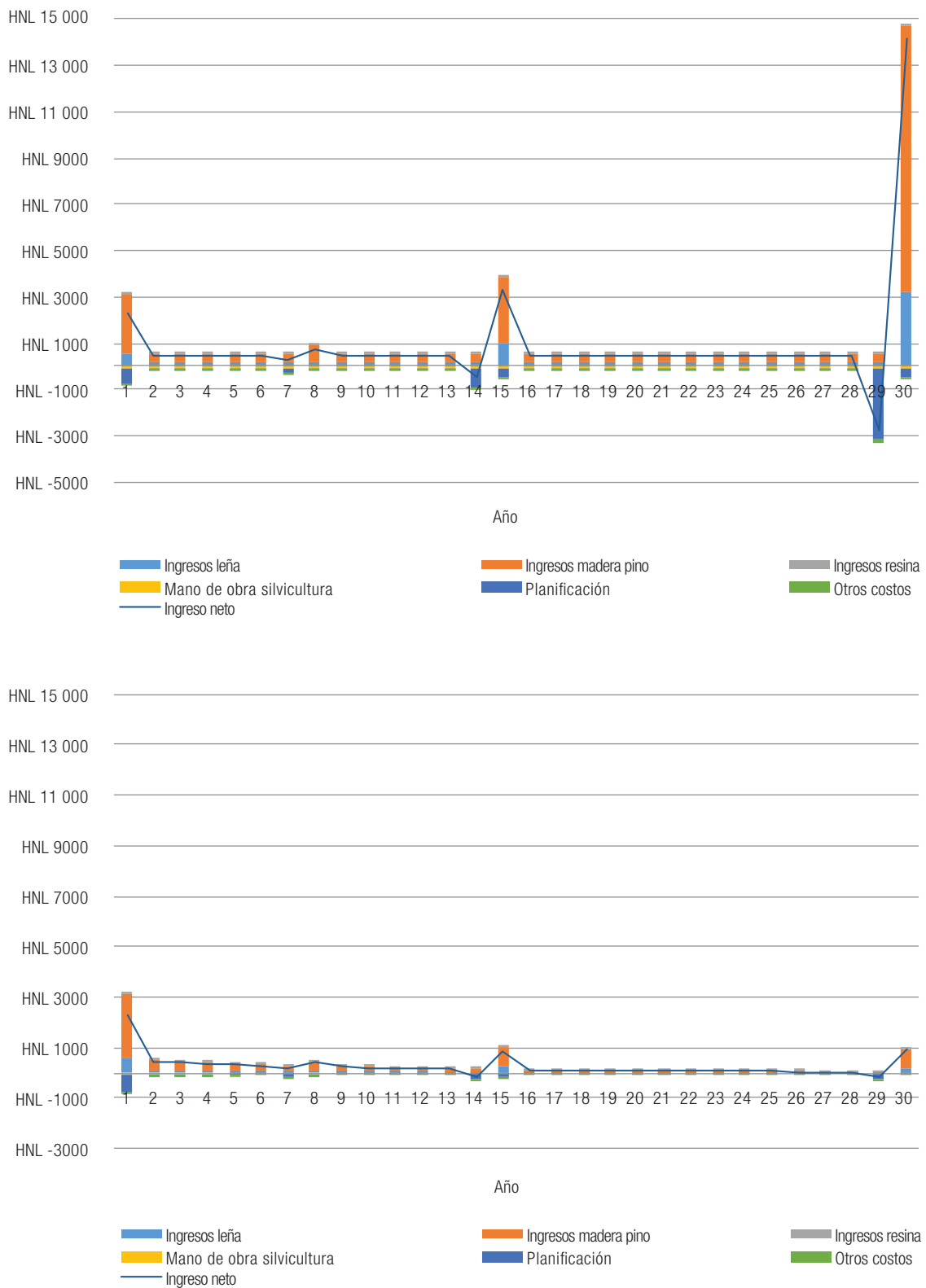


Figura A17 Costos y beneficios anuales de la protección contra incendios forestales en bosque de pino denso en HNL/ha, sin (A17a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A17b).

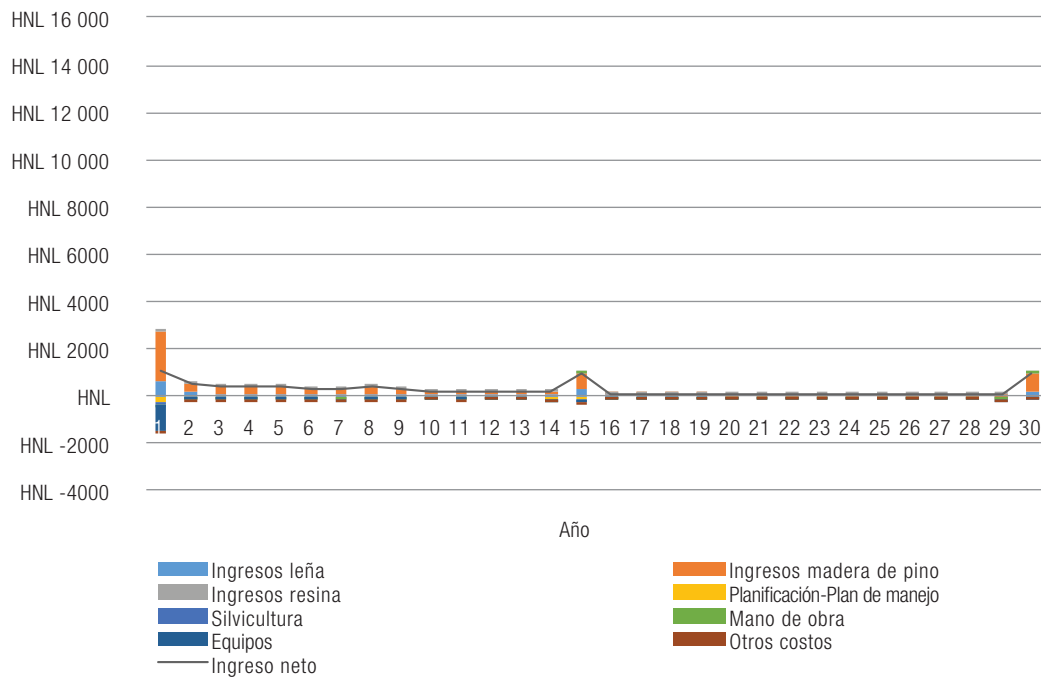
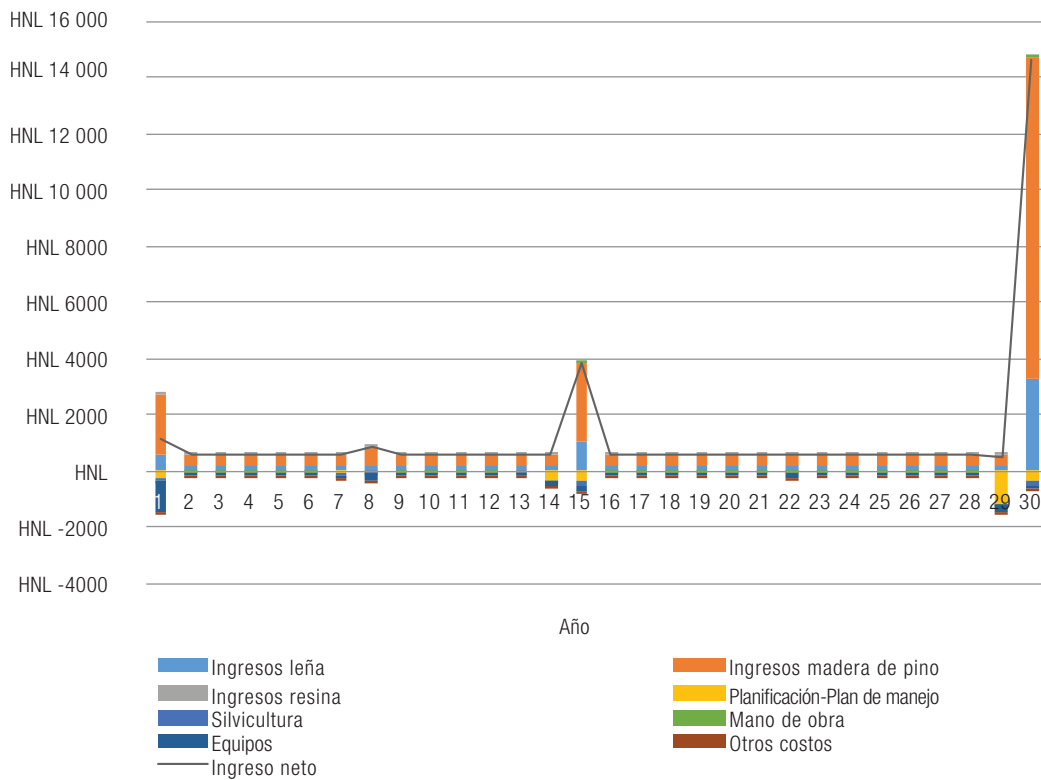


Figura A18 Costos y beneficios anuales de la continuación del uso actual de bosque de pino ralo en HNL/ha, sin (A18a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A18b).

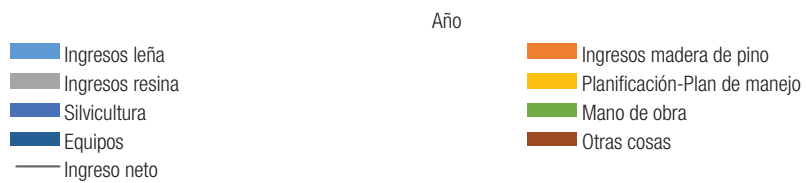
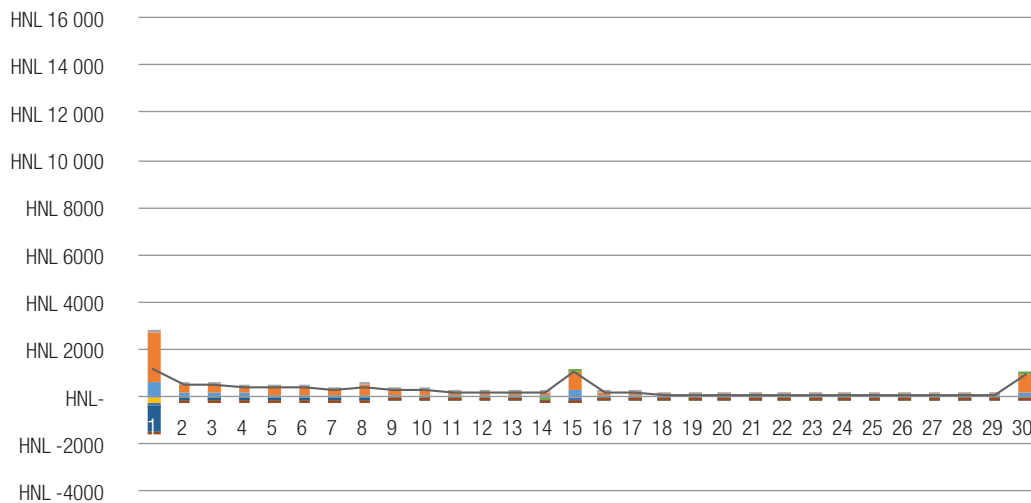
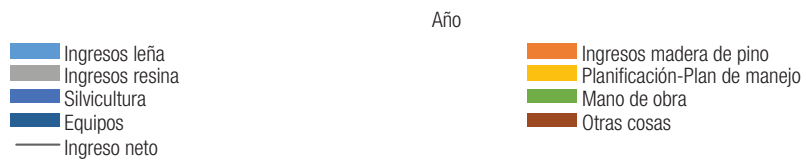
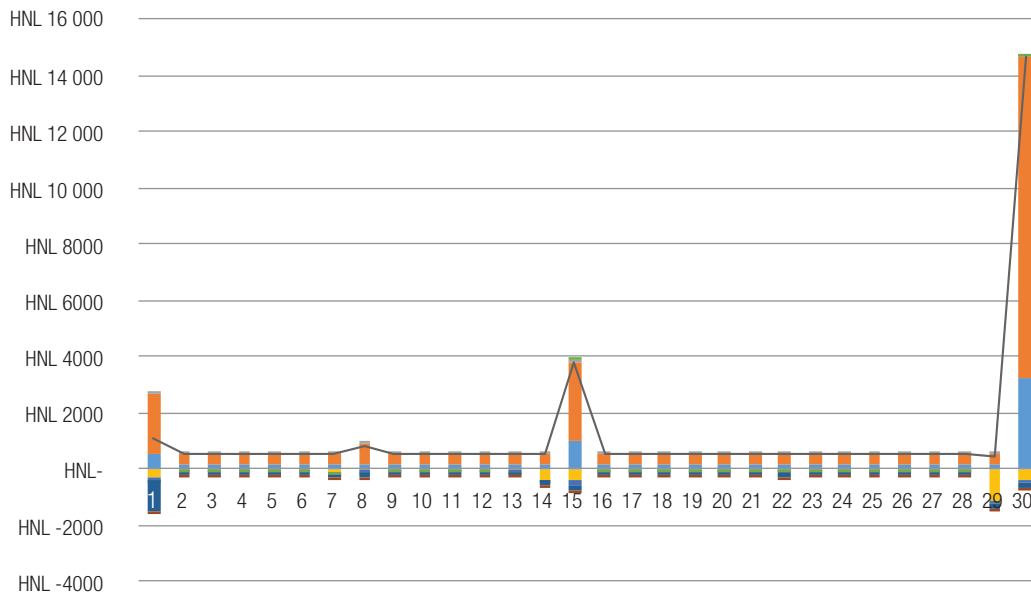


Figura A19 Costos y beneficios anuales de la protección contra incendios forestales en bosque de pino ralo en HNL/ha, sin (A19a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A19b)

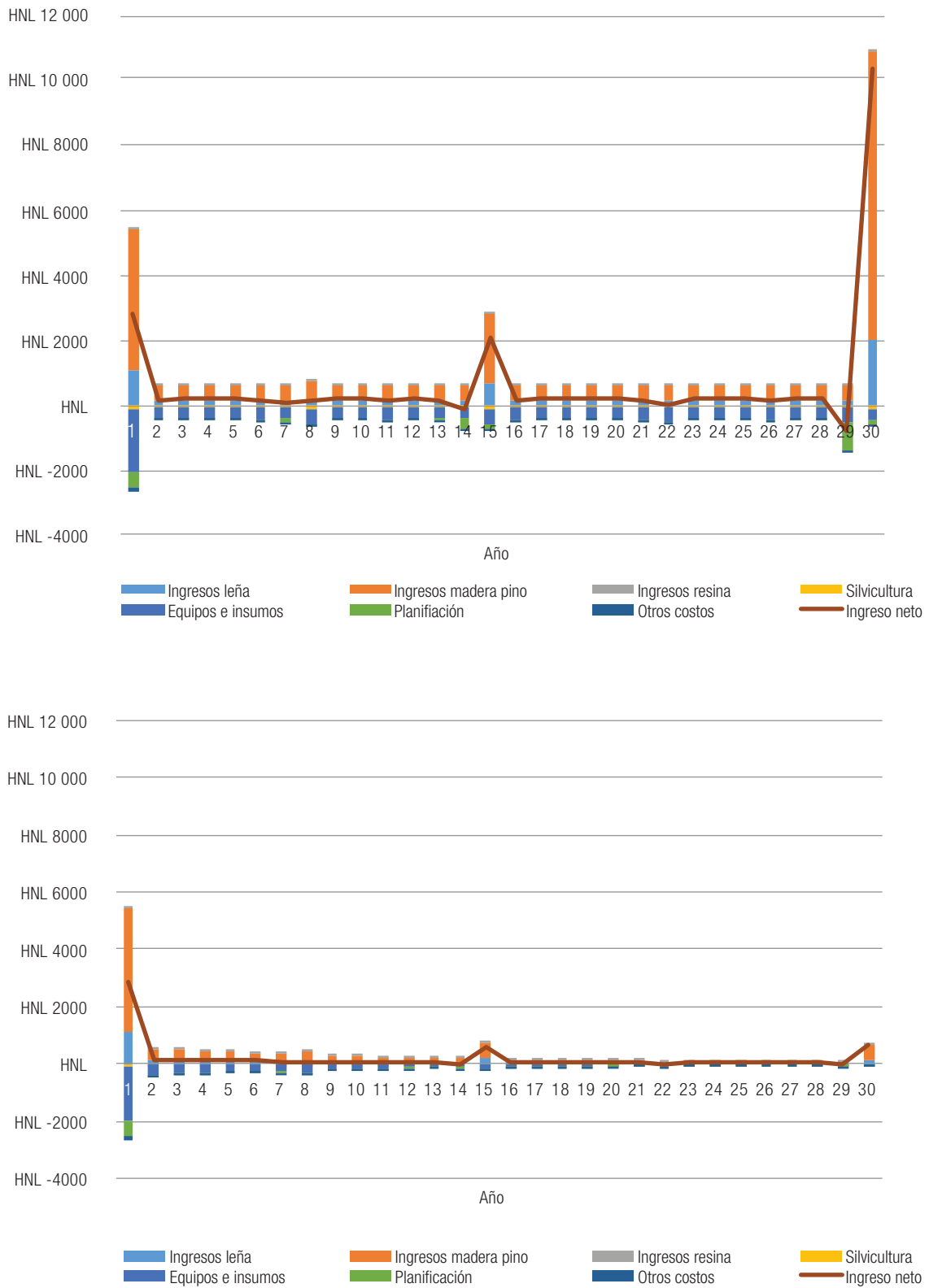


Figura A20 Costos y beneficios anuales del bosque de pino ralo con incidencia de gorgojo en HNL/ha, sin (A20a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A20b).

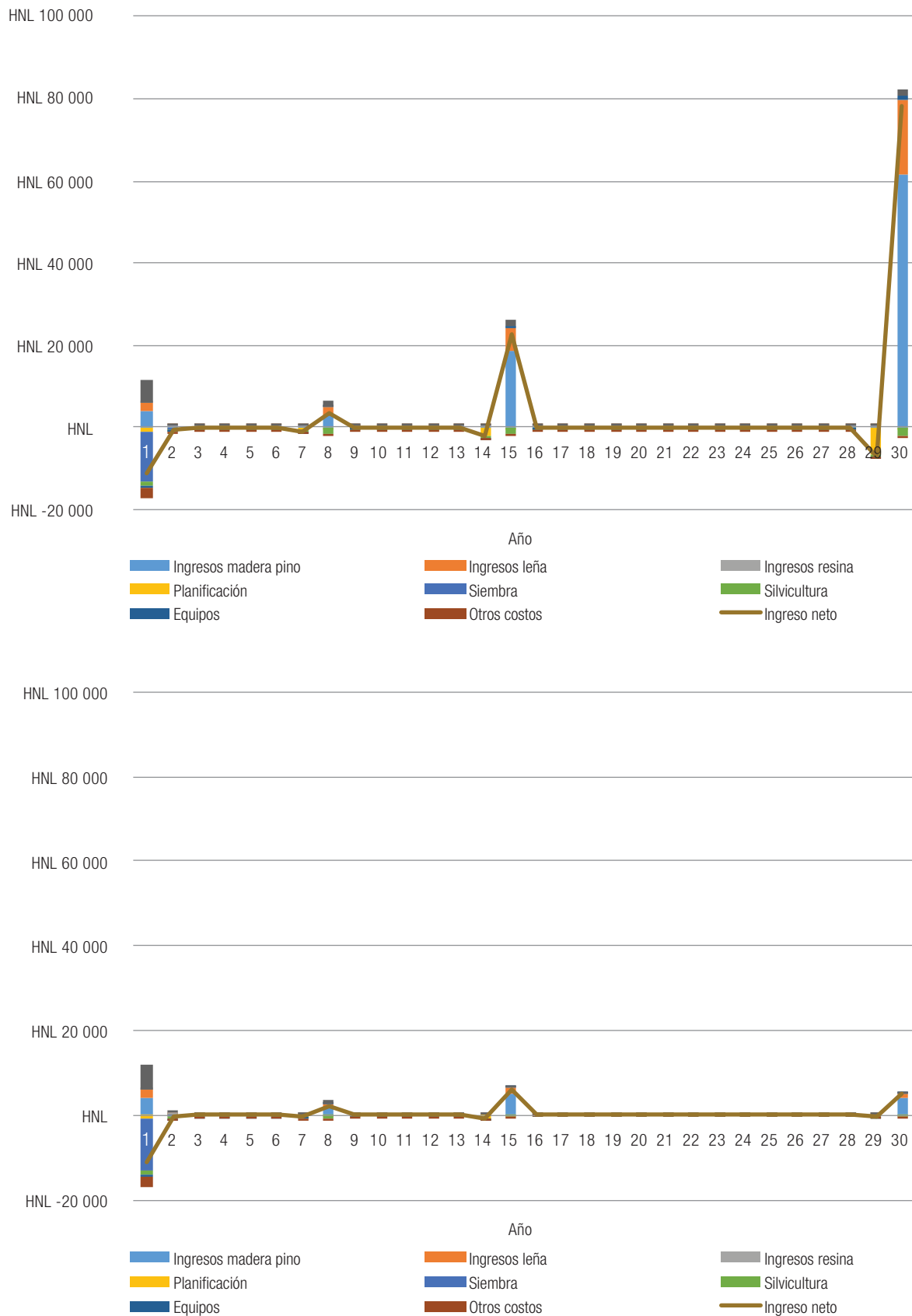


Figura A21 Costos y beneficios anuales de la reforestación de bosque de pino ralo con incidencia de gorgojo en HNL/ha, sin (A21a) y con la aplicación de la tasa de descuento (A21b).

Anexo 8 Desglose de los costos, de los beneficios de restauración y del VAN de la restauración y uso del suelo actual

Cuadro A7 Desglose de los costos de cada acción de restauración a 10 y 30 años (r = 10%)

Acción de restauración	Costos de implementación dentro de la finca (HNL/ha)	Costos de implementación fuera de la finca (HNL/ha)	Costos de mantenimiento (HNL/ha) (10 años)	Costos de mantenimiento (HNL/ha) (30 años)
Sistema agroforestal de cacao	97 600	11 849	70 611	128 114
Agrobosque de café	49 495	1580	207 815	327 096
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	70 470	20 557	11 524	194 054
Sistema agroforestal Quesungual	28 282	16 945	77 782	127 477
Plantación dendroenergética	23 413		39 429	65 197
Plantación de maderables de alto valor	21 800		23 008	61 169
Sistema silvopastoril	65 893	2487	135 677	232 515
Restauración ecológica de manglar	20 606		65 379	110 311
Reforestación de manglar	25 700		61 830	115 341
Protección contra incendios (pino denso)	1413		1335	2221
Protección contra incendios (pino ralo)	1601		1431	2633
Reforestación de pino	17 006		3803	6955

Cuadro A8 Beneficios netos de la restauración y del uso actual a 10 y 30 años (r = 10%)

Acción de restauración	Beneficios netos restauración (HNL/ha)		Beneficios netos uso actual (HNL/ha)		Valor Actual Neto (VAN) Beneficios marginales (HNL/ha)	
	10 años	30 años	10 años	30 años	10 años	30 años
Sistema agroforestal de cacao	-54 411	95 193	23 604	41 290	-78 015	53 903
Agrobosque de café	144 941	275 887	93 419	150 447	51 522	125 440
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	212 146	499 361	57 367	87 977	154 779	411 384
Sistema agroforestal Quesungual	-25 769	4764	34 395	34 395	-60 164	-29 631
Plantación dendroenergética	40 246	85 848	13 816	19 381	26 430	66 467
Plantación de maderables de alto valor	30 624	151 977	18 451	25 366	12 173	126 611
Sistema silvopastoril	3329	138 839	14 456	22 170	-11 127	116 669
Restauración ecológica de manglar	157 506	366 691	156 790	156 791	716	209 900
Reforestación de manglar	144 184	379 012	-	N/A	144 184	379 012
Protección contra incendios (pino denso)	908	3 781	2727	6048	-1819	-2267
Protección contra incendios (pino ralo)	6523	6075	5060	7862	-1568	-1787
Reforestación de pino	-10 165	-594	4523	6510	-14 688	-7104

Anexo 9 Costos, beneficios del uso actual y de la restauración con $r = 15\%$

Cuadro A9 Costos de la restauración, del uso actual y costos incrementales de la restauración a 10 y 30 años ($r = 15\%$)

Acción de restauración	Costos restauración (HNL/ha)		Costos uso actual (HNL /ha)		Costos incrementales (HNL /ha)	
	30 años	10 años	30 años	10 años	30 años	10 años
Sistema agroforestal de cacao	199 586	166 498	213 415	162 941	-13 829	3557
Agrobosque de café	278 916	222 529	232 648	177 488	46 268	45 041
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	225 092	184 790	44 050	33 703	181 042	151 087
Sistema agroforestal Quesungual	133 982	109 591	38 139	29 177	95 843	80 414
Plantación dendroenergética	67 099	54 781	8877	7458	58 222	47 323
Plantación de maderables de alto valor	70 635	40 942	9502	7988	61 133	32 954
Sistema silvopastoril	226 206	179 124	11 676	8933	214 530	170 191
Restauración ecológica de manglar	92 829	77 620	40 379	40 379	52 450	37 241
Reforestación de manglar	98 765	73 949			98 765	73 949
Protección contra incendios	2946	2748	957	758	1989	1990
(pino denso)						
Protección contra incendios	3354	2775	1687	1258	1667	1517
(pino ralo)						
Reforestación de pino	21 642	20 149	4860	4163	16 782	15 986

Cuadro A10 Beneficios brutos de la restauración, del uso actual e incrementales de la restauración a 10 y 30 años ($r = 15\%$)

Acción de restauración	Beneficios brutos restauración (HNL/ha)		Beneficios brutos uso actual (HNL/ha)		Beneficios brutos incrementales (HNL/ha)	
	10 años	30 años	10 años	30 años	10 años	30 años
Sistema agroforestal de cacao	106 410	189 368	182 506	241 458	-76 096	-52 090
Agrobosque de café	336 628	451 642	256 499	339 287	80 129	112 355
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	328 818	497 818	82 649	108 022	246 169	389 796
Sistema agroforestal Quesungual	80 683	119 570	48 319	63 154	32 364	56 416
Plantación dendroenergética	84 571	119 998	19 223	23 190	65 348	96 808
Plantación de maderables de alto valor	59 873	118 008	23 803	28 461	36 070	89 547
Sistema silvopastoril	162 270	273 669	21 267	27 796	141 003	245 873
Restauración ecológica de manglar	191 679	305 098	187 956	187 956	3723	117 142
Reforestación de manglar	177 602	306 252			177 602	306 252
Protección contra incendios (pino denso)	3656	4799	3036	4724	620	75
Protección contra incendios (pino ralo)	5919	7623	5836	7510	83	113
Reforestación de pino	9626	15 061	8419	9981	1207	5080

Cuadro A11 Beneficios netos de la restauración, del uso actual, beneficios marginales de la restauración, razón beneficio-costo (RBC) y retorno a la inversión (ROI) a 10 y 30 años ($r = 15\%$)

Acción de restauración	Beneficios marginales (HNL/ha)		RBC		ROI	
	10 años	30 años	10 años	30 años	10 años	30 años
Sistema agroforestal de cacao	-79 653	-38 261	0,57	0,83	-0,82	-0,39
Agrobosque de café	35 088	66 087	1,12	1,17	0,71	1,34
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	95 082	208 754	1,41	1,72	1,35	2,96
Sistema Agroforestal Quesungual	-48 050	-39 427	0,63	0,75	-1,70	-1,39
Plantación dendroenergética	18 025	38 586	1,27	1,47	0,77	1,65
Plantación de maderables de alto valor	3116	28 414	1,05	1,32	0,14	1,30
Sistema silvopastoril	-29 188	31 343	0,85	1,13	-0,44	0,48
Restauración ecológica de manglar	-33 518	64 692	0,85	1,27	-1,26	3,14
Reforestación de manglar	103 653	207 487	2,40	3,10	4,03	8,07
Protección contra incendios (pino denso)	-1370	-1914	0,73	0,71	-0,97	-1,35
Protección contra incendios (pino ralo)	-1434	-1554	0,80	0,83	-0,90	-0,97
Reforestación de pino	-14 779	-11 702	0,39	0,56	-0,87	-0,69

Anexo 10 Costos, beneficios del uso actual y de la restauración con $r = 5\%$

Cuadro A12 Costos de la restauración, del uso actual y costos incrementales de la restauración a 10 y 30 años ($r = 5\%$)

Acción de restauración	Costos restauración (HNL/ha)		Costos uso actual (HNL/ha)		Costos incrementales (HNL/ha)	
	10 años	30 años	10 años	30 años	10 años	30 años
Sistema agroforestal de cacao	198 877	326 787	229 534	460 727	-30 657	-133 940
Agrobosque de café	308 552	585 525	250 084	503 065	58 468	82 460
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	231 486	410 194	47 402	94 368	184 084	315 826
Sistema agroforestal Quesungual	141 315	252 020	41 042	81 722	100 273	170 298
Plantación dendroenergética	74 230	132 947	10 299	17 725	63 931	115 222
Plantación de maderables de alto valor	49 878	109 603	11 051	18 992	38 827	90 611
Sistema silvopastoril	237 815	237 815	12 564	25 013	225 251	212 802
Restauración ecológica de manglar	112 389	210 175	45 795	45 795	66 594	164 380
Reforestación de manglar	103 804	217 023		N/A	103 804	217 023
Protección contra incendios (pino denso)	4427	5049	1005	1906	3422	3143
Protección contra incendios (pino ralo)	3384	6153	1508	3789	1876	2364
Reforestación de pino	21 711	29 189	5009	8252	16 702	20 937

Cuadro A13 Beneficios brutos de la restauración, del uso actual y beneficios incrementales de la restauración a 10 y 30 años ($r = 5\%$)

Acción de restauración	Beneficios brutos restauración (HNL/ha)		Beneficios brutos uso actual (HNL/ha)		Beneficios brutos incrementales (HNL/ha)	
	10 años	30 años	10 años	30 años	10 años	30 años
Sistema agroforestal de cacao	152 557	676 720	258 730	531 025	-106 173	145 695
Agrobosque de café	495 563	1 104 206	363 261	746 380	132 302	357 826
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	539 685	1 445 121	116 240	231 412	423 445	1 213 709
Sistema agroforestal Quesungual	120 143	302 659	67 958	135 292	52 185	167 367
Plantación dendroenergética	127 577	284 024	27 008	47 675	100 569	236 349
Plantación de maderables de alto valor	96 197	589 712	33 216	57 649	62 981	532 063
Sistema silvopastoril	270 916	805 198	29 911	59 547	241 005	745 651
Restauración ecológica de manglar	331 988	923 825	213 244	213 244	118 744	710 581
Reforestación de manglar	296 904	928 278		N/A	296 904	928 278
Protección contra incendios (pino denso)	3656	13 877	4349	13 724	-693	153
Protección contra incendios (pino ralo)	7349	16 970	7229	16 721	120	249
Reforestación de pino	12.074	46 671	9898	18 399	2176	28 272

Cuadro A14 Beneficios marginales de la restauración, razón beneficio-costo (RBC) y retorno a la inversión (ROI) a 10 y 30 años (r = 5%)

Acción de restauración	Beneficios marginales (HNL/ha)		RBC		ROI	
	10 años	30 años	10 años	30 años	10 años	30 años
Sistema agroforestal de cacao	-75 516	279 635	0,67	1,70	-0,77	2,87
Agrobosque de café	73 834	275 366	1,18	1,33	1,49	5,56
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	239 361	897 883	1,80	2,64	3,40	12,74
Sistema agroforestal Quesungual	-48 088	-2 931	0,71	0,99	-1,70	-0,10
Plantación dendroenergética	36 638	121 127	1,40	1,74	1,56	5,17
Plantación de maderables de alto valor	24 154	441 452	1,34	3,98	1,11	20,25
Sistema silvopastoril	15 754	532 849	1,06	2,96	0,24	8,09
Restauración ecológica de manglar	52 150	546 201	1,19	2,45	1,96	26,51
Reforestación de manglar	193 100	711 255	2,86	4,28	7,51	27,68
Protección contra incendios (pino denso)	-4115	-2990	0,47	0,82	-2,91	-2,12
Protección contra incendios (pino ralo)	-1756	-2115	0,81	0,89	-1,10	-1,32
Reforestación de pino	-14 526	7335	0,45	1,19	-0,85	0,43

Anexo 11 Costos, beneficios del uso actual y de la restauración con límite inferior de precios y rendimientos

Cuadro A15 Costos totales de la restauración, del uso actual y costos incrementales de la restauración a 10 y 30 años (límite inferior)

Acción de restauración	Costos restauración (HNL/ha)		Costos uso actual (HNL/ha)		Costos incrementales (HNL/ha)	
	10 años	30 años	10 años	30 años	10 años	30 años
Sistema agroforestal de cacao	180 060	237 511	187 571	288 712	-7 511	-51 201
Agrobosque de café	252 985	370 740	204 745	315 564	48 240	55 176
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	201 968	280 765	38 839	59 563	163 129	221 202
Sistema agroforestal Quesungual	122 579	172 106	33 802	51 846	88 777	120 260
Plantación dendroenergética	60 091	84 383	8 587	11 682	51 504	72 701
Plantación de maderables de alto valor	43 658	80 091	9 055	12 315	34 603	67 776
Sistema silvopastoril	207 678	300 687	10 471	16 057	197 207	284 630
Restauración ecológica de manglar	91 985	136 916	42 867	42 867	49 118	94 049
Reforestación de manglar	86 459	137 144			86 459	137 144
Protección contra incendios (pino denso)	2 736	3 612	848	1 242	1 888	2 370
Protección contra incendios (pino ralo)	2 995	4 143	1 268	2 043	1 727	2 100
Reforestación de pino	20 556	23 317	5 857	5 857	14 699	17 460

Cuadro A16 Beneficios brutos de la restauración, del uso actual y costos incrementales de la restauración (límite inferior)

Acción de restauración	Beneficios brutos restauración (HNL/ha)		Beneficios brutos uso actual (HNL/ha)		Beneficios brutos incrementales (HNL/ha)	
	10 años	30 años	10 años	30 años	10 años	30 años
Sistema agroforestal de cacao	98 341	241 543	160 928	251 490	-62 587	-9947
Agrobosque de café	344 973	549 706	237 739	371 590	107 234	178 116
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	249 331	461 791	77 962	119 560	171 369	342 231
Sistema agroforestal Quesungual	77 377	143 543	45 430	69 670	31 947	73 873
Plantación dendroenergética	75 136	127 397	18 789	26 058	56 347	101 339
Plantación de maderables de alto valor	51 617	160 386	21 272	29 273	30 345	131 113
Sistema silvopastoril	172 909	361 054	20 701	31 746	152 208	329 308
Restauración ecológica de manglar	192 983	385 539	161 087	161 087	31 896	224 452
Reforestación de manglar	175 942	387 391			175 942	387 391
Protección contra incendios (pino denso)	2953	5606	2903	5558	50	48
Protección contra incendios (pino ralo)	5185	7859	5108	7758	77	101
Reforestación de pino	7803	15 855	11 797	8762	-3994	7093

Cuadro A17 Beneficios marginales de la restauración, razón beneficio-costo (RBC) y retorno a la inversión (ROI) a 10 y 30 años (límite inferior)

Acción de restauración	Beneficios marginales (HNL/ha)		RBC		ROI	
	10 años	30 años	10 años	30 años	10 años	30 años
Sistema agroforestal de cacao	-55 076	41 254	0,64	1,21	-0,56	0,42
Agrobosque de café	58 994	122 940	1,21	1,29	1,21	2,53
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	8240	121 029	1,03	1,36	0,12	1,72
Sistema agroforestal Quesungual	-56 830	-46 387	0,58	0,76	-2,01	-1,64
Plantación dendroenergética	4843	28 638	1,07	1,29	0,21	1,25
Plantación de maderables de alto valor	-4258	63 337	0,92	1,65	-0,20	2,91
Sistema silvopastoril	-44 999	44 678	0,79	1,14	-0,68	0,68
Restauración ecológica de manglar	-17 222	130 403	0,92	1,51	-0,65	4,90
Reforestación de manglar	89 483	250 247	2,03	2,82	3,48	9,74
Protección contra incendios (pino denso)	-1838	-2322	0,62	0,71	-1,31	-1,65
Protección contra incendios (pino ralo)	-1650	-1999	0,76	0,80	1,70	0,51
Reforestación de pino	-18 693	-10 367	0,29	0,60	-1,11	-0,61

Anexo 12 Costos, beneficios del uso actual y de la restauración con límite superior de precios y rendimientos

Cuadro A18 Costos totales de la restauración, del uso actual y costos incrementales a 10 y 30 años (límite superior)

Acción de restauración	Costos restauración (HNL/ha)		Costos uso actual (HNL/ha)		Costos incrementales (HNL/ha)	
	10 años	30 años	10 años	30 años	10 años	30 años
Sistema agroforestal de cacao	180 060	237 614	194 601	299 703	-14 541	-62 089
Agrobosque de café	264 609	320 592	211 686	326 416	52 923	58 903
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	207 133	290 370	40 176	61 613	166 957	228 757
Sistema agroforestal Quesungual	123 382	173095	34 586	53 049	88 796	120 046
Plantación dendroenergética	65 307	92 401	8681	11 808	56 626	80 593
Plantación de maderables de alto valor	46 355	87 465	9242	12 564	37 113	74 901
Sistema silvopastoril	207 678	301 100	10 471	16 057	197 207	285 043
Restauración ecológica de manglar	91 985	130 917	42 914	42 913	49 071	88 004
Reforestación de manglar	86 469	137 147			86 469	137 147
Protección contra incendios (pino denso)	2762	3657	881	1297	1881	2360
Protección contra incendios (pino ralo)	3073	4319	1467	2516	1606	1803
Reforestación de pino	21 064	24 542	4521	6042	16 543	18 500

Cuadro A19 Beneficios brutos de la restauración, del uso actual, y beneficios incrementales de la restauración a 10 y 30 años (límite superior)

Acción de restauración	Beneficios brutos restauración (HNL/ha)		Beneficios brutos uso actual (HNL/ha)		Beneficios brutos incrementales (HNL/ha)	
	10 años	30 años	10 años	30 años	10 años	30 años
Sistema agroforestal de cacao	172 519	524 944	272 499	425 819	-99 980	99 125
Agrobosque de café	459 550	755 434	369 824	577 991	89 726	177 443
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	553 185	1 050 319	117 390	180 026	435 795	870 293
Sistema agroforestal Quesungual	118 633	213220	71 611	105 159	47 022	108 061
Plantación dendroenergética	133 462	225 596	26 660	36 888	106 802	188 708
Plantación de maderables de alto valor	100 889	352 426	32 468	44 408	68 421	308 018
Sistema silvopastoril	244 884	524 685	29 479	45 208	215 405	479 477
Restauración ecológica de manglar	323 006	643 927	258 486	258 486	64 520	385 441
Reforestación de manglar	294 536	646 471			294 536	646 471
Protección contra incendios (pino denso)	4540	9468	4455	9312	85	156
Protección contra incendios (pino ralo)	8124	13 133	8035	12 912	89	221
Reforestación de pino	13 282	31 470	9044	15 687	4238	15 783

Cuadro A20 Beneficios marginales de la restauración, razón beneficio-costo (RBC) y retorno a la inversión (ROI) a 10 y 30 años (límite superior)

Acción de restauración	Beneficios marginales (HNL/ha)		RBC		ROI	
	10 años	30 años	10 años	30 años	10 años	30 años
Sistema agroforestal de cacao	-85 439	161 214	0,67	1,44	-0,88	1,65
Agrobosque de café	36 803	118 540	1,09	1,19	0,73	2,35
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	268 838	641 536	1,95	2,57	3,81	9,10
Sistema agroforestal Quesungual	-41 774	-11 985	0,62	0,95	-2,59	-0,42
Plantación dendroenergética	50 176	108 115	1,60	1,92	2,10	4,52
Plantación de maderables de alto valor	31 308	233 117	1,45	2,95	1,44	10,69
Sistema silvopastoril	18 198	194 434	1,08	1,59	0,28	2,95
Restauración ecológica de manglar	15 449	297 437	1,05	1,86	0,58	14,43
Reforestación de manglar	208 067	509 324	3,41	4,71	8,10	19,82
Protección contra incendios (pino denso)	-1796	-2204	0,72	0,81	-1,27	-1,55
Protección contra incendios (pino ralo)	-1517	-1582	0,84	0,89	-0,03	-0,97
Reforestación de pino	-12 305	-2717	0,52	0,92	-0,72	-0,16

Anexo 13 Rendimiento y aumento de disponibilidad de leña de las técnicas de restauración

Cuadro A21 Efecto en las cadenas productivas de la implementación de las acciones de restauración

Acción de restauración	Cadenas de valor	Rendimiento promedio Uso actual (Kg/ha/año)	Rendimiento promedio con restauración (Kg/ha/año)	Aumento disponibilidad de leña (m ³ /ha)
Sistema agroforestal de cacao	Cacao	/	841	4,5
	Plátano	738	476	
Agrobosque de café (>900 msnm)	Café	967	999	3
	Aguacate	/	373	
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	Maíz	1140	759	16
	Frijol	177	189	
	Pimienta	/	647	
Sistema agroforestal Quesungual	Maíz	648	1 371	6,5
	Frijol	109	125	
Plantación dendroenergética	Maíz	86	0	15
	Frijol	14	0	
	Leche	75	0	
Plantación de maderables de alto valor	Maíz	150	0	21,6
	Frijol	23	0	
	Leche	75	0	
Sistema silvopastoril	Leche	279	4823	0,86
	Carne	99	780	
Manglar-regeneración natural	Curiles (<i>Andara Tuberculosa</i> y <i>Andara Similis</i>)	109	994 ^a	0,04
	Punches (<i>Ucides occidentalis</i>)	46	306 ^a	
Manglar - reforestación	Curiles (<i>Andara Tuberculosa</i> y <i>Andara Similis</i>)	/	994 ^a	0,12
	Punches (<i>Ucides occidentalis</i>)	/	306 ^a	
Protección contra incendios (pino denso)	Madera	0,65	0,65	0,02
Protección contra incendios (pino ralo)	Madera	0,61	0,78	0,02
Reforestación de pino	Madera	0,79	3,5	0,97

a/ Se asume un peso promedio de 106 gr por unidad de *Ucides occidentalis* y un peso promedio de 19 gr por unidad de curil a partir de (Soto et al. 2012)
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 14 Análisis multicriterio

Cuadro A22 Indicadores financieros a 10 años

Acción de restauración	VAN	RBC	ROI	VAN a 5%	VAN a 15%	VAN lim. inferior	VAN lim. superior	Indicador financiero a 10 años
Sistema agroforestal de cacao	-0,14	0,32	-0,04	-0,32	-0,73	-0,48	-0,11	-0,238
Agrobosque de café	0,81	0,51	0,45	0,72	0,88	1,00	0,52	0,779
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	1,00	0,60	0,39	1,00	0,92	0,07	1,00	0,792
Sistema agroforestal Quesungual	-0,39	0,23	-0,38	-0,20	-0,46	-0,50	-0,16	-0,294
Plantación dendroenergética	0,17	0,51	0,20	0,15	0,17	0,04	0,19	0,228
Plantación de maderables de alto valor	0,08	0,45	0,10	0,10	0,03	-0,04	0,12	0,133
Sistema silvopastoril	-0,07	0,36	-0,03	0,07	-0,28	-0,39	0,07	-0,045
Restauración ecológica de manglar	0,00	0,38	0,00	0,22	-0,32	-0,15	0,06	0,030
Reforestación de manglar	0,93	1,00	1,00	0,81	1,00	0,78	0,77	1,000
Protección contra incendios (pino denso)	-0,01	0,25	-0,23	-0,02	-0,01	-0,02	-0,01	-0,007
Protección contra incendios (pino ralo)	-0,01	0,30	0,16	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,066
Reforestación de pino	-0,09	0,16	-0,15	-0,06	-0,14	-0,16	-0,05	-0,080

Cuadro A23 Indicadores financieros a 30 años

Acción de restauración	VAN	RBC	ROI	VAN a 5%	VAN a 15%	VAN lim. inferior	VAN lim. superior	Indicador financiero a 30 años
Sistema agroforestal de cacao	0,13	0,32	0,04	0,31	-0,18	0,16	0,25	0,159
Agrobosque de café	0,64	0,40	0,36	0,57	0,73	0,90	0,48	0,628
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	1,00	0,57	0,40	1,00	1,00	0,48	1,00	0,838
Sistema agroforestal Quesungual	-0,07	0,23	-0,07	0,00	-0,19	-0,19	-0,02	-0,047
Plantación dendroenergética	0,16	0,44	0,19	0,13	0,18	0,11	0,17	0,215
Plantación de maderables de alto valor	0,31	0,59	0,39	0,49	0,14	0,25	0,36	0,390
Sistema silvopastoril	0,28	0,37	0,12	0,59	0,15	0,18	0,30	0,307
Restauración ecológica de manglar	0,51	0,47	0,69	0,61	0,31	0,52	0,46	0,550
Reforestación de manglar	0,92	1,00	1,00	0,79	0,99	1,00	0,79	1,000
Protección contra incendios (pino denso)	-0,01	0,21	-0,11	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,010
Protección contra incendios (pino ralo)	0,00	0,23	-0,08	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,020
Reforestación de pino	-0,02	0,21	-0,03	0,01	-0,06	-0,04	0,00	0,011

Cuadro A24 Indicadores ambientales no espaciales

Acción de restauración	Indicador carbono	Indicador leña
Sistema agroforestal de cacao	0,21	0,21
Agrobosque de Café	0,44	0,14
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	0,11	0,75
Sistema agroforestal Quesungual	0,07	0,30
Plantación dendroenergética	0,50	0,71
Plantación de maderables de alto valor	1,00	1,00
Sistema silvopastoril	-0,04	0,04
Restauración ecológica de manglar	0,75	0,00
Reforestación de manglar	0,86	0,01
Protección contra incendios (pino denso)	0,05	0,00
Protección contra incendios (pino ralo)	0,05	0,00
Reforestación de pino	0,10	0,04

Cuadro A25 Indicadores servicios ambientales espaciales (servicios ecosistémicos)

Acción de restauración	Indicador erosión	Indicador exportación sedimentos
Sistema agroforestal de cacao	0,022	0,030
Agrobosque de café (900-1300 msnm)	0,077	0,059
Agrobosque de café (>1300 msnm)	0,041	0,031
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	1,000	0,800
Sistema Agroforestal Quesungual	0,858	1,000
Plantación dendroenergética	0,417	0,457
Plantación de maderables de alto valor	0,436	0,275
Sistema silvopastoril	0,908	0,930
Protección contra incendios (pino denso)	0,208	0,281
Protección contra incendios (pino ralo)	0,208	0,281
Reforestación de pino	0,059	0,075

Cuadro A26 Indicadores sociales

Acción de restauración	Indicador creación trabajo	Indicador medios de vida
Sistema agroforestal de cacao	0,01	0,45
Agrobosque de café	0,74	0,32
Sistema de cultivos de granos básicos en callejones	-0,13	1,00
Sistema agroforestal Quesungual	0,14	0,09
Plantación dendroenergética	0,03	0,45
Plantación de maderables de alto valor	0,33	0,61
Sistema silvopastoril	0,47	0,41
Restauración ecológica de manglar	0,86	0,30
Reforestación de manglar	1,00	0,54
Protección contra incendios (pino denso)	0,00	-0,01
Protección contra incendios (pino ralo)	0,00	-0,01
Reforestación de pino	0,03	-0,01



**Unión Internacional
para la Conservación de la Naturaleza**

Oficina Regional para México, América Central y El Caribe
Apdo. 607-2050
Montes de Oca, San José,
San José, Costa Rica
Tel: (506) 2283-8449
ormacc@iucn.org
www.iucn.org/ormacc