



# ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES QUE AFECTAN EL PARQUE GUATELLO COMO SISTEMA AMBIENTAL EN EL TIEMPO

Elaborado por el Centro de Estudios Ambientales y  
Sociales de la Universidad de El Salvador  
en colaboración con el PADECOMS  
y el FIAES

# ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS QUE APORTA EL PARQUE CAFETALERO COMO SISTEMA AGROFORESTAL EN EL TERRITORIO

PROYECTO: RESTAURACIÓN DE PAISAJES 100 HECTÁREAS MEDIANTE EL ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS AGROFORESTALES BASADOS EN CAFÉ PARA INCREMENTAR EL PARQUE CAFETALERO EN MUNICIPIOS DEL ÁREA DE CONSERVACIÓN NAHUATERIQUE

## INVESTIGADORES

Francisco S. Álvarez Calderón, M.Sc.  
Adrián Mayén, Lic.  
Leonel Ernesto Méndez, Lic.  
Balmori Martínez, Téc.

## EDITORES Y REVISORES

Saúl Ovidio González Murcia, Ph.D. Candidato  
Xochilt María Pocasangre Orellana, M.Sc.  
1 de febrero 2019

## ORGANIZACIONES FINANCIANTES

Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador FIAES  
Asociación Patronato para el Desarrollo de las Comunidades de Morazán y San Miguel  
PADECOMSM



Fotografía de Portada y contraportada: Paisaje de cafetales de la propiedad de Cooperativa San Carlos, Osicala, Morazán. Diciembre, 2018. Foto: Francisco S. Álvarez



# ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS QUE APORTA EL PARQUE CAFETALERO COMO SISTEMA AGROFORESTAL EN EL TERRITORIO

PROYECTO: RESTAURACIÓN DE PAISAJES 100 HECTÁREAS MEDIANTE EL ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS AGROFORESTALES BASADOS EN CAFÉ PARA INCREMENTAR EL PARQUE CAFETALERO EN MUNICIPIOS DEL ÁREA DE CONSERVACIÓN NAHUATERIQUE



Como citar este documento:

Álvarez F.S., Mayén A., Méndez L.E., Martínez B. (2019) Estudio de identificación y valoración de servicios ecosistémicos que aporta el parque cafetalero como sistema agroforestal en el territorio. San Salvador, El Salvador, 1-110 pp.

## TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE ACRÓNIMOS.....	8
DESARROLLO DE LA CONSULTORÍA .....	10
ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS QUE APORTA EL PARQUE CAFETALERO COMO SISTEMA AGROFORESTAL EN EL TERRITORIO .....	10
4.    marco conceptual de los servicios ecosistémicos .....	17
5.    METODOLOGÍA.....	29
5.1.    IDENTIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ASOCIADOS AL PARQUE CAFETALERO DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA .....	29
5.3.    VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS .....	31
5.4.    SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO: MATERIAS PRIMAS (MADERA, LEÑA), APROVISIONAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO.....	32
5.5.    SERVICIO DE REGULACIÓN: SECUESTRO DE CARBONO.....	32
5.5.1.    VOLUMEN DE MADERA .....	33
5.5.2.    CAPTURA DE CARBONO: ÁRBOLES DE SOMBRA Y SUELO .....	33
5.5.3.    PREVENCIÓN DE LA EROSIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO.	35
5.6.    SERVICIO DE APOYO .....	38
5.7.    SERVICIO CULTURAL .....	38
5.8.    MAPEO DEL SECTOR CAFETALERO Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS .....	39
5.8.1.    MAPEO, GEOREFERENCIACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ZONAS DE INTERÉS .....	39
6.    RESULTADOS .....	42
6.3.    SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO: MATERIAS PRIMAS (MADERA, LEÑA), APROVISIONAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO.....	49
6.4.3.    PREVENCIÓN DE LA EROSIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO.	65
6.6.    SERVICIO DE APOYO: BIODIVERSIDAD .....	72
6.7.    SERVICIO DE CULTURAL: ECOTURISMO .....	74
7.    CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	81
8.    CRONOGRAMA .....	85
9.    BIBLIOGRAFÍA.....	87
10.   ANEXOS .....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Identificación del parque cafetalero para los municipios de Perquín y Arambala, 2019.....	42
<b>Figura 2.</b> Variación temporal de valores de temperatura y precipitación, período 2000-2019. Fuente: LMA-CATIE 2019.....	43
<b>Figura 3.</b> Análisis de Componentes Principales de variables de manejo de cafetal de propietarios de cafetales en los municipios de Perquín y Arambala, Morazán. ....	44
<b>Figura 4.</b> Análisis de Componentes Principales de variables forestales para datos de propietarios de cafetales en los municipios de Perquín y Arambala, Morazán. ....	46
<b>Figura 5.</b> Identificación de fincas del parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala, 2019.....	47
<b>Figura 6.</b> Identificación de producción de leña en fincas del parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala, 2019.....	54
<b>Figura 7.</b> Identificación de volumen de madera en fincas del parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala, 2019.....	55
<b>Figura 8.</b> Identificación unidades hídricas en suelo en los municipios de Perquín y Arambala y el aporte del parque cafetalero en el servicio de abastecimiento, 2019...	57
<b>Figura 9.</b> Modelación de carbono sobre suelo en los municipios de Perquín y Arambala y el aporte del parque cafetalero en del servicio de abastecimiento, 2019.....	60
<b>Figura 10.</b> Modelación de carbono en suelo a diferentes profundidades para los municipios de Perquín y Arambala, 2019.....	63
<b>Figura 11.</b> Modelación de carbono en suelo a un metro de profundidad para los municipios de Perquín y Arambala, 2019.....	64
<b>Figura 12.</b> Modelación de potencial de erosión del suelo en los municipios de Perquín y Arambala, 2019.....	66
<b>Figura 13.</b> Modelación de riqueza de especies polinizadoras de café para los municipios de Perquín y Arambala, 2019. ....	68
<b>Figura 14.</b> Modelación de riqueza de especies polinizadoras futura (2050) de café para los municipios de Perquín y Arambala, 2019.....	69
<b>Figura 15.</b> Modelación de cambio de riqueza de especies polinizadoras futura (2050) de café para los municipios de Perquín y Arambala, 2019. ....	70
<b>Figura 16.</b> Modelación de riqueza de especies de anfibios para el parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala, 2019.....	72
<b>Figura 17.</b> Modelación de riqueza de especies de aves para el parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala, 2019.....	73
<b>Figura 18.</b> Modelación de riqueza de especies de mamíferos dentro del parque cafetalero dentro de los municipios de Perquín y Arambala, 2019.....	73
<b>Figura 19.</b> Ingresos de visitantes por los principales atractivos turísticos en los municipios de Perquín y Arambala, período vacacional de diciembre 2018. Datos procedentes de bases de datos oficiales del CAT-Morazán de acuerdo con porcentaje de ocupación de los negocios.....	75
<b>Figura 20.</b> Ingresos de visitantes por los principales atractivos turísticos en los	

municipios de Perquín y Arambala, período vacacional de agosto 2018. Datos procedentes de bases de datos oficiales del CAT-Morazán de acuerdo con porcentaje de ocupación de los negocios.....76

**Figura 21.** Mapeo de áreas potenciales para el desarrollo de ecoturismo en fincas de café dentro de los municipios de Perquín y Arambala, 2019..... 77

**Figura 22.** Festival de café impulsado por PADECOMSM en el municipio de Perquín, diciembre 2018. .... 78

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Formulas alométricas por tipo de ecosistemas, precipitación y rango de diámetro a la altura de pecho según literatura disponible (Pearson et al. 2005; Castellanos et al. 2010).....	34
<b>Tabla 2.</b> Descripción del potencial erosivo dependiendo de las características de la zona de interés. ....	37
<b>Tabla 3.</b> Conceptos y medidas de cubicación de madera y leña empleada dentro de mapeo del servicio ecosistémico de abastecimiento de los municipios de Perquín y Arambala. ....	52
<b>Tabla 4.</b> Valoración del servicio ambiental del almacenamiento de carbono en los árboles de sombra en sistemas agroforestales de los municipios de Perquín y Arambala. ....	61

## TABLA DE ACRÓNIMOS

MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
msnm	Metros sobre el nivel del mar
ANP	Áreas Naturales Protegidas
AB	Área basal
DRONE	Aeronaves no tripuladas
DAP	Diámetro a la altura del pecho
t/ha	Toneladas por hectárea
SIG	Sistemas de Información Geográfica
FIAES	Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador
PADECOMSM	Asociación Patronato para el Desarrollo de las Comunidades de Morazán y San Miguel
ACALEM	Asociación Cooperativa Caficultora de La Sierra Lenca de Morazán de Responsabilidad Limitada
ACOPACEP	Asociación Cooperativa de Producción Agropecuaria Cafés Especiales de Perquín
CAT	Centro de Amigos del Turista /MITUR
MITUR	Ministerio de Turismo de El Salvador
IBN	Inventario Nacional de Bosque de El Salvador
GEI	Gases de Efecto Invernadero
SE	Servicios ecosistémicos
IUCN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

# RESUMEN EJECUTIVO

Los servicios ecosistémicos generan bienestar humano, contribuyendo a fuentes de agua, disponibilidad de recursos o materias primas para el desarrollo de actividades productivas, fuente de alimento, aporte a la regulación local del clima, entre otros. Por tanto, en el presente documento se identifica los principales servicios ecosistémicos que proveen el parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala, así como se realiza valoraciones cualitativas y estimaciones económicas de los servicios ecosistémicos de abastecimiento, regulación, apoyo y cultural.

En este documento se describe el sector cafetalero predominante de la zona, se estima que el parque cafetalero posee una extensión de 13.62 Km<sup>2</sup> dentro de los municipios de Perquín y Arambala. Los cafetales poseen un promedio de 5 años de desarrollar la actividad comercial, sin embargo, existen cafetales con más de 50 años de actividad. El rendimiento promedio es de 3.48 quintales y el manejo de finca es diverso, existe preferencia por especies de sombra típicas del parque cafetalero nacional y uso de especies frutales y huerta como acciones de diversificación. Los productores con mayor tiempo en el sector poseen mayor área de producción de café y materias primas, poseen mayor manejo de sus fincas, mayor número de obras de conservación de suelo, mayor ingreso por producción y han sido mayormente afectados por la roya. Mientras que los propietarios recientemente establecidos en el sector poseen menor producción de café y materias primas, menor manejo de sus fincas, así como menor área de producción.

El parque cafetalero aporta significativamente el en servicio de secuestro de carbono aéreo y carbono en suelo. Según nuestros datos, el parque cafetalero puede aportar hasta 12 millones de toneladas de carbono en suelo y hasta 60 toneladas de carbono en arboles de sombra por hectárea o alrededor de 1,102 toneladas de carbono aéreo (cubierta forestal). Además, su extensión contribuye en un 40% de la filtración del agua al acuífero principal en la zona. También contribuye en un 9% a la disminución potencial de la erosión del suelo. Dentro de su territorio, alberga más alrededor de 17 especies polinizadoras de café y alrededor de 300 especies de fauna. Además, son una fuente directa de empleo en la zona y tiene capacidad de producir materia prima para el autoconsumo y comercialización. Así mismo, posee potencialidad para el desarrollo de turismo como una alternativa económica amigable con el ambiente viable.

Los servicios ecosistémicos derivados del sector cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala son importantes para sostener el bienestar humano actual. Por tanto, los diferentes servicios que otorgan los sistemas agroforestales son prioritarios y las estrategias de conservación que se diseñen para el sector cafetalero deben ir más allá de los fines lucrativos económicos y deben valorarse por los diferentes beneficios que otorga a sus habitantes y a la biodiversidad para ambos municipios y para la región norte del país. Bajo escenarios de aumento de temperatura y disminución de precipitación, es posible que estos servicios identificados puedan disminuir su rendimiento actual, por lo que es necesario realizar esfuerzos para sostener esta dinámica, disminuyendo la posibilidad de cambio de uso de suelo y promoviendo prácticas de recuperación de áreas degradadas. Por tanto, recomendamos evitar el cambio de uso de suelo agroforestal por usos que disminuyan cobertura vegetal, fuera de su rentabilidad económica, la sostenibilidad del bienestar humano que actualmente poseen ambos municipios está en riesgo.

## ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS QUE APORTA EL PARQUE CAFETALERO COMO SISTEMA AGROFORESTAL EN EL TERRITORIO

### 1. INTRODUCCIÓN

El concepto de servicios ecosistémicos ha retomado auge en las últimas décadas dentro de muchas investigaciones a nivel global, principalmente en discusiones de trabajo dentro de los tomadores de decisiones. Su utilización corresponde a la necesidad de visualizar las relaciones existentes entre los ecosistemas y el aporte de cada uno de ellos en el bienestar de las comunidades (Balvanera and Cotler 2007; Peh et al. 2013). En términos generales, los servicios ecosistémicos se entienden como los diferentes beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, que pueden agruparse en cuatro categorías generales; servicios de provisión, servicios de regulación, servicios culturales y servicios de apoyo (MEA 2005).

Bajo este contexto, se pueden estudiar y comprender los diferentes vínculos sociales, ecológicos y económicos que derivan de los ecosistemas. Sin embargo, para la evaluación de cada una de ellas, se requiere diferentes herramientas y conocimientos para determinar aproximaciones a la comprensión de cada uno de los servicios. Actualmente, existen muchas técnicas y metodologías para realizar aproximaciones a la comprensión de los servicios ecosistémicos, desde técnicas complejas con alto grado de capacidades como mapeo, teledetección satelital, hasta herramientas sencillas de participación comunitaria como consultas locales, encuestas y entrevistas (Peh et al. 2013; ValuES 2018).

A pesar de la existencia de herramientas y un interés por generar capacidades locales para la toma de decisiones con respecto a los servicios ecosistémicos, existen problemas globales y locales que amenazan la disminución de los diferentes servicios ecosistémicos, sin antes tener una visión real de su importancia en el bienestar humano. Estas amenazas son producto de cambios drásticos por el acelerado cambio de uso de suelo, pérdida de cobertura forestal y efectos globales del incremento de temperatura y producción de dióxido de carbono (Tanabe and Wagner 2003; Rubin and De Coninck 2005). Este panorama global no es ajeno a El Salvador, de hecho, se estima alta vulnerabilidad de todo el país ante fenómenos naturales productos de cambio climático (MARN 2006). Aunado a la alta deforestación y fragmentación de los ecosistemas, histórico y actual a lo largo del paisaje, que genera un estado de colapso ambiental en sus ecosistemas más importantes (Crespin and Simonetti 2015; 2016).

A pesar de ello, el establecimiento de sistemas agroforestales como cafetales bajo sombra en El Salvador, ha contribuido históricamente dentro del sostenimiento de parte

de la biodiversidad del país, amortiguando el estado crítico de la deforestación y pérdida de bosque (1-2% de la extensión nacional corresponde a bosque primario) (MARN 2018). Actualmente estos sistemas agroforestales representan alrededor del 8% de la cobertura forestal nacional y contribuyen alrededor de 132 t/ha dentro del servicio de secuestro de carbono (MARN 2018). Es evidente que existe una contribución significativa por parte de los agrosistemas dentro del paisaje salvadoreño. Sin embargo, dichos agrosistemas están sometidos a presiones de cambio de uso de suelo (lotificaciones) debido a la inestabilidad del mercado internacional del café y los constantes problemas fitosanitarios que presentan las plantaciones (roya), aumentando la vulnerabilidad y rentabilidad económica del sector a nivel regional (Flores 2002; Ortiz Ceballos et al. 2004).

En este contexto y dentro del marco del proyecto denominado “Restauración de paisajes 100 hectáreas mediante el establecimiento de Sistemas Agroforestales basados en café para incrementar el parque cafetalero en municipios del Área de Conservación Nahuaterique” ejecutado por PADECOMSM-FIAES, se pretende realizar la identificación, delimitación y mapeo de las áreas con posibilidad de intervención para el fortalecimiento del parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala, bajo el enfoque de servicios ecosistémicos con la finalidad de generar líneas base para establecimiento de estrategias de apalancamiento del sector en dos municipios del departamento de Morazán.

Por tanto, nuestra empresa, UDP Ciencias Neotropicales, desarrolla una propuesta metodológica para la realización de la consultoría denominada “Estudio de identificación y valoración de servicios ecosistémicos que aporta el parque cafetalero como sistema agroforestal en el territorio” para dos municipios de la zona norte de Morazán acorde a las necesidades locales de desarrollo y de los objetivos de trabajos que desarrolla la Asociación Patronato para el Desarrollo de las Comunidades de Morazán y San Miguel (PADECOMSM) y el Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador (FIAES) en el territorio. Cuyos objetivos principales son a) Identificar y valorizar los servicios ecosistémicos que aporta el parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala; b) Conocer los beneficios que las buenas prácticas agrícolas implementadas en el manejo de las fincas de café en los ecosistemas; c) Socializar la información para generar conciencia sobre la importancia que tienen los sistemas agroforestales; d) Proporcionar información básica para diseñar un sistema de apalancamiento técnico y financiero para fomentar la implementación de buenas prácticas agrícolas en el manejo de las fincas cafetaleras en el territorio.

## PROBLEMÁTICA DEL PARQUE CAFETALERO Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los cafetales brindan diferentes SE y son fuente de ingresos económicos. Sin embargo, debido a la caída del precio en el mercado internacional y los diferentes efectos del cambio climático, disminuye el desarrollo de esta actividad, dejando sin alternativas a pequeños productores, propiciando el cambio de uso de suelo.



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Históricamente, El Salvador ha sufrido cambios drásticos dentro de sus ecosistemas, incluso, algunos autores sugieren que los ecosistemas más importantes presentan estado de colapso según indicadores ambientales (Crespin and Simonetti 2015; 2016). Según valoraciones de los ecosistemas, se estima que entre 1998 y 2001, los ecosistemas salvadoreños se han reducido en 2.6% sus servicios, equivalente al 44% del PIB de El Salvador, dicha disminución de servicios es producto de modificaciones o reducción de la cobertura forestal (Crespin and Simonetti 2016). Este panorama no es alentador para El Salvador y cada vez se encamina a incrementar su vulnerabilidad ambiental producto de cambios drásticos de los ecosistemas por el desenfrenado desarrollo de la agricultura, ganadería y desarrollo urbanístico.

En el más reciente estudio elaborado por el Estado Salvadoreño, reporta que para el 2018 se ha incrementado la cobertura forestal a un 38% del total del territorio, donde aproximadamente un 8% corresponde a sistemas agroforestales (MARN 2018). Estos resultados evidencian un crecimiento de bosques secundarios para El Salvador, representando aproximadamente el 22% del territorio nacional. Estos resultados sugieren una recuperación de la cobertura forestal nacional, sin embargo hay que destacar que el análisis contempla áreas con mayor cobertura forestal ubicada en los bolsones de la región reconocida como Nahuaterique, área que no pertenece a El Salvador desde hace aproximadamente 20 años (Suazo and Rajo 1997). Esta consideración puede generar sesgo dentro del análisis de recuperación forestal nacional. También es importante notar que el análisis de primer Inventario Nacional de Bosque de El Salvador (IBN) parte de las premisas desarrolladas por el MARN en el mapa base de uso de suelo 2011, mapa que está sujeto a discusión por diferentes aspectos técnicos de escala y metodología utilizada. Pese a ello, es evidente que El Salvador posee problemas con respecto a su cobertura forestal, cuyo efecto ha conllevado a la pérdida de sus ecosistemas prístinos a lo largo del país y ha llevado a innumerables pérdidas de especies y deterioro del bienestar humano.

Bajo este escenario, los sistemas agroforestales en El Salvador, específicamente, los cafetales bajo sombra han desarrollado algunas de las funciones y servicios que los bosques naturales proveían a la población salvadoreña. Convirtiéndolos en ecosistemas fundamentales para el bienestar de la población, contribuyendo a la conservación de muchas especies de fauna, sitios de recarga hídrica y grandes sumideros de carbono. Por tanto, bajo el supuesto que los sistemas agroforestales no existiesen (alrededor del 10% cobertura del territorio salvadoreño), representaría un colapso ambiental, social y económico para el país. A pesar de su gran importancia para el desarrollo del país, este sector presenta múltiples problemas que atentan con la actividad productiva, iniciando

por la caída de precios del café, la alta competencia de producción y problemas relacionados con variables biofísicas producto del calentamiento global (Flores 2002; Ortiz Ceballos et al. 2004; Sosenski and Domínguez 2018). Esto deja vulnerable al sector productivo a escalas exorbitantes, al punto del colapso del sector por falta de rentabilidad económica para el desarrollo de la actividad, dejando tres posibles escenarios para pequeños y medianos productores: a) abandono de la actividad, permitiendo que el cafetal sufra cambios producto de la regeneración natural, b) cambio de uso de suelo para el desarrollo de actividad con mayor tasa de rentabilidad económica, c) venta de terrenos para lotificaciones o desarrollo urbano. Dentro de estos tres escenarios, el primer escenario permitiría una recuperación funcional de los servicios ecosistémicos (Chazdon 2014), mientras que los otros dos, podría conllevar a un desequilibrio de los servicios ecosistémicos y un impacto dentro de los recursos naturales.

Estos escenarios no han pasado desapercibidos en El Salvador y existen muchas instituciones que realizan esfuerzos para la reactivación del sector y conservación de los recursos naturales para sostener e incrementar el bienestar humano. En este sentido, la Asociación Patronato para el Desarrollo de las Comunidades de Morazán y San Miguel (PADECOMSM) y el Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador (FIAES), han desarrollado alianza dentro del territorio de la zona norte de Morazán, fortaleciendo las estrategias a través del proyecto **“Restauración de paisajes mediante el establecimiento de Sistemas Agroforestales basados en café”**. Esta iniciativa está basada en el Plan de Desarrollo Local Sostenible 2016-2030 (PDLS) del Área de Conservación Nahuaterique, el cual tiene como principal meta promover la conservación de los paisajes, los ecosistemas, las especies y la variación genética, fomentando el desarrollo humano desde los puntos de vista sociocultural, ecológico y económico. Bajo este contexto, esta investigación evalúa algunos de los principales servicios ecosistémicos que proveen los sistemas agroforestales en los municipios de Arambala y Perquín, dos municipios que se han caracterizado por la producción de café de altura en las últimas décadas.

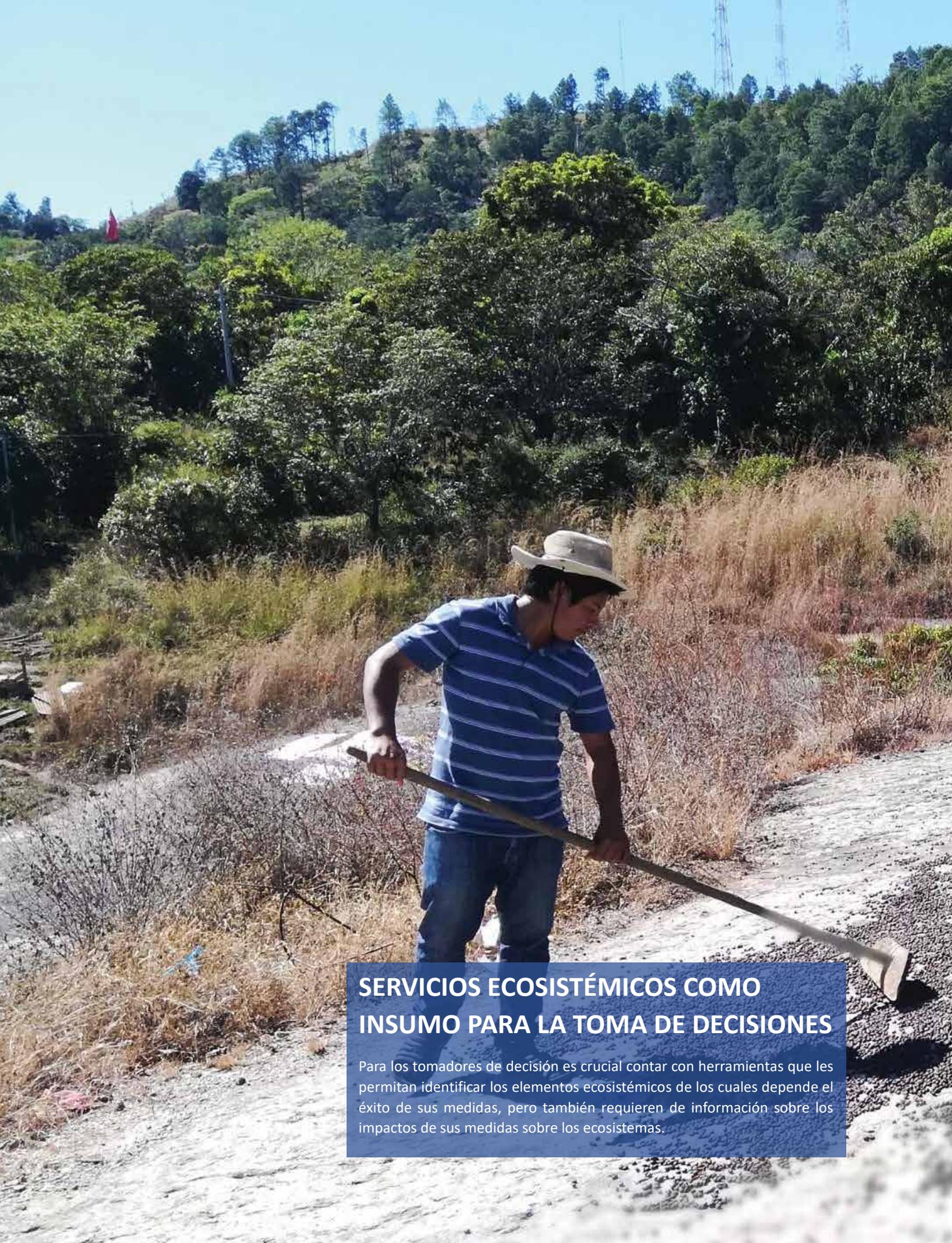
Esta investigación de tipo descriptiva utiliza diferentes técnicas de identificación y valoración de los servicios ecosistémicos para el sector cafetalero, con la finalidad de que tomadores de decisiones en el territorio cuenten con una herramienta para la gestión pertinente dentro del desarrollo de estrategias o proyectos locales. Con ello, se espera generar línea base para estudios posteriores enfocados en un sistema de apalancamiento del sector a través del enfoque ecosistémico.

### 3. OBJETIVO GENERAL

- Identificar y valorizar los diferentes servicios ecosistémicos que aporta el parque cafetalero como sistema agroforestal en los municipios de Perquín y Arambala, Morazán.

#### 3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y valorizar los diferentes servicios ecosistémicos que aporta el parque cafetalero en los municipios de Arambala y Perquín, Morazán.
- Conocer los beneficios que las buenas prácticas agrícolas implementadas en el manejo de las fincas de café aportan a los ecosistemas de la zona y cuál es su importancia.
- Crear conciencia sobre la importancia que tiene el cultivo del café en las fincas para la población en general de la zona norte de los municipios de Perquín y Arambala, Morazán.
- Generar información base para el diseño de un sistema de apalancamiento técnico y financiero para fomentar la implementación de buenas prácticas agrícolas en el manejo de las fincas cafetaleras.



## SERVICIOS ECOSISTÉMICOS COMO INSUMO PARA LA TOMA DE DECISIONES

Para los tomadores de decisión es crucial contar con herramientas que les permitan identificar los elementos ecosistémicos de los cuales depende el éxito de sus medidas, pero también requieren de información sobre los impactos de sus medidas sobre los ecosistemas.

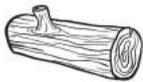
## 4. MARCO CONCEPTUAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

### 4.1. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: DEFINICIÓN Y CONCEPTOS CLAVES

El origen del concepto de servicios ecosistémicos es relativamente reciente y el empleo de este concepto surge por la necesidad de científicos y tomadores de decisiones de generalizar el efecto de los ecosistemas dentro de las actividades cotidianas y productivas del ser humano (Montes 2007). El concepto probablemente se formalizó hace dos décadas atrás y se utiliza para explicar las condiciones y procesos que generan los ecosistemas y las especies para satisfacer y sostener la vida humana (Daily 1997), sin embargo, más recientemente, muchos investigadores e instituciones utilizan la definición empleada por MEA (2005), donde se expresa como los servicios que las personas reciben de los ecosistemas. Sin embargo, algunos autores sugieren ampliar el concepto a los diferentes componentes y procesos de los ecosistemas que son consumidos, disfrutados o que aumenta el bienestar humano (Boyd and Banzhaf 2007).

Pero para entender mejor la definición y los componentes de los ecosistemas que pueden ser aprovechados para el bienestar humano, es necesario establecer otras definiciones claves. Por ejemplo, el concepto de bienes ambientales, que se entiende como un recurso procedente de la naturaleza que generan insumos que pueden ser utilizados, transformados y comercializados por el ser humano, por ejemplo, la leña, uso de pieles, frutos, miel, madera, semillas, entre otros, estos bienes tienen la característica de ser finitos, es decir, existe un número limitado de recurso o insumos (Boyd and Banzhaf 2007). Mientras que los servicios ecosistémicos o servicios ambientales son beneficios que se obtienen de la naturaleza que no son transformados por el hombre, por ejemplo, producción de oxígeno, secuestro de carbono, entre otros (Boyd and Banzhaf 2007). También debe comprenderse el concepto de ecosistema, que puede definirse como un complejo dinámico de comunidades de plantas, animales y microorganismos, incluyendo su entorno inorgánico (agua, suelo, aire, etc.) que interactúan como una unidad funcional (MEA 2005).

Dentro de los servicios ecosistémicos, pueden clasificarse en cuatro categorías (MEA 2005; ValuES 2018; FAO 2019b):



#### **Servicios de abastecimiento**

Los beneficios materiales que obtienen las personas de los ecosistemas son llamados “servicios ecosistémicos de provisión”. Incluyen, por ejemplo: agua, alimento, madera y otros bienes.



### Servicio de regulación

Los “servicios ecosistémicos de regulación”, son aquellos que proveen los ecosistemas al contribuir a mantener la calidad del aire y suelo, al controlar las inundaciones y enfermedades y polinizar cultivos.



### Servicio de apoyo

Proporcionar espacios vitales para la diversidad de plantas y animales, los cuales constituyen la base de todos los ecosistemas y sus servicios.



### Servicio cultural

Los beneficios intangibles que las personas obtienen de los ecosistemas se conocen como “servicios ecosistémicos culturales”. Incluyen la apreciación estética, la identidad cultural, la recreación, el sentido de pertenencia y las experiencias espirituales relacionadas con el ambiente natural y el paisaje.

Es importante reconocer que dentro de los servicios ecosistémicos se pueden clasificar en dos categorías de acuerdo con su percepción económica y social. Dentro de estas categorías los beneficios obtenidos de los ecosistemas se clasifican en directos e indirectos. Cuando los beneficios son directamente percibidos por el hombre son beneficios directos, por ejemplo, cuando se reciben ingresos económicos provenientes de un servicio como el agua, madera, secuestro de carbono (Costanza 1992; Montes 2007; Balvanera 2012). Mientras que los beneficios indirectos son aquellos beneficios que no se perciben directamente y que a menudo pasan desapercibidos por la sociedad, por ejemplo, la polinización, producción de oxígeno, ciclaje de nutrientes, paisaje, entre otros (Costanza 1992; Balvanera and Cotler 2007; Montes 2007).

## 4.2. IMPORTANCIA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

La importancia de los servicios ecosistémicos poniendo al ser humano como eje central, contribuyen al bienestar y desarrollo de las sociedades, proveyendo alimento, refugio, salud, recreación, inspiración espiritual e identidad cultural (ValuES 2018). Sin embargo, analizando desde un enfoque holístico, los diferentes servicios ecosistémicos mantienen un equilibrio dentro de la naturaleza, sosteniendo las diferentes relaciones bióticas y abióticas dentro de los ecosistemas y su biodiversidad a través de los ciclos biológicos. Además, los servicios pueden contribuir al desarrollo humano dentro de la dinámica económica-social, proveyendo materia prima y buenas condiciones ambientales para el desarrollo de la industria, agricultura y el sector de servicios (ValuES 2018).

A pesar de la importancia de los servicios ecosistémicos para el desarrollo de la vida y el bienestar humano, enfrentan muchos problemas que atentan con el equilibrio y dis-

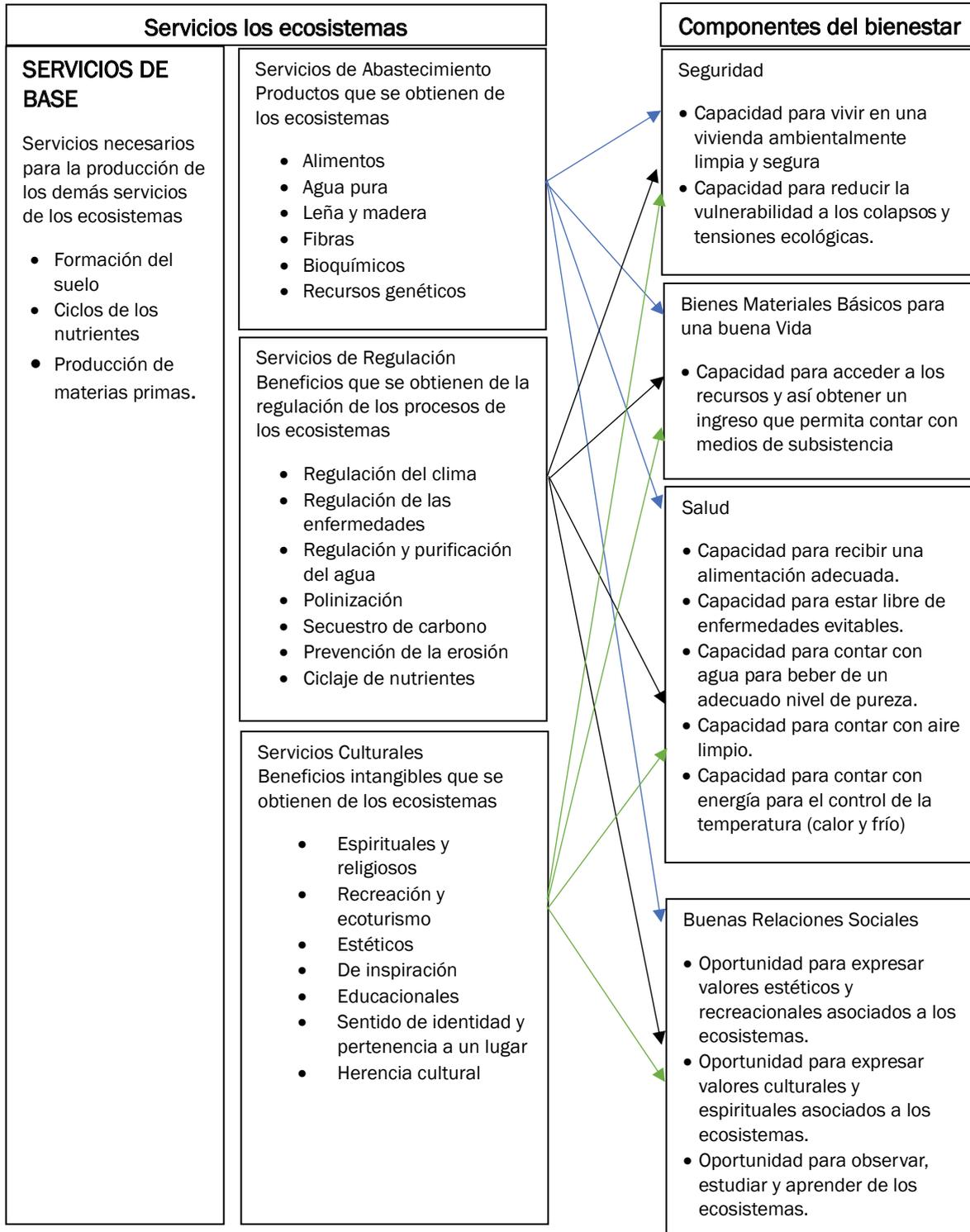
ponibilidad de los servicios que garanticen el bienestar humano. Una de las problemáticas que presentan los diferentes servicios ecosistémicos, es la alta demanda de estos servicios por el hombre. Por ejemplo, según algunas estimaciones a nivel global, para el año 2050, se espera un aumento de la población en 3 mil millones de personas y un crecimiento de 400% de la economía, lo que implica un aumento drástico de la demanda y consumo de recursos biológicos y físicos. El problema que plantea la creciente demanda de los servicios que prestan los ecosistemas se combina con una degradación cada vez más dramática de la capacidad que tienen los ecosistemas para prestar dichos servicios (MEA 2005).

Uno de los principales servicios que se ven afectados por el uso excesivo de agroquímicos, es el servicio de polinización, un problema que puede desencadenar inconvenientes dentro del sector productivo a nivel global. Según algunos autores, aproximadamente el 80% de las especies que producen flores depende de polinización por diferentes especies de fauna, principalmente por insectos, y de esta cifra, el 35% de las plantas representan el sector de producción de alimento (FAO 2019a). Es evidente que los servicios ecosistémicos como la polinización juegan un papel importante dentro del bienestar humano, sin embargo, este servicio se ve amenazado por el declive global de polinizadores debido principalmente a la fragmentación de ecosistemas, pérdida de cobertura vegetal, degradación de hábitat de las especies polinizadoras (Lázaro and Tur 2018). Aunado a ello, otros autores sugieren que los efectos del cambio climático alteran la estabilidad de los ecosistemas, ya que presenta un efecto negativo dentro de la distribución espacial de las plantas y cambios de los patrones temporales de floración (Obeso and Herrera 2018). Estos problemas están influyendo dentro de la disponibilidad de alimento para muchos insectos, mamíferos voladores y aves, incluso, pueden incidir en el desplazamiento de polinizadores en ausencia de condiciones favorables para su desarrollo, a su vez que facilita la colonización de especies invasoras y afectar las abundancias o muerte de muchos de ellos (Montero-Castaño et al. 2018).

Es importante reconocer el papel de los servicios ecosistémicos y su función en la dinámica de las sociedades para identificar estrategias de sostenibilidad que garanticen el bienestar humano. Es crucial para los tomadores de decisiones conocer sobre la importancia de los servicios e identificar aquellos que son altamente necesarios para el desarrollo de actividades productivas (agua, suelo, biodiversidad) o que garanticen las condiciones óptimas para el buen desarrollo del ser humano. A su vez, es necesario crear mecanismos para garantizar una dinámica social en favor a la sostenibilidad de los recursos, a través de extracción sostenible y conservación de ecosistemas claves que aportan o contribuyen a la conservación de los servicios ecosistémicos. Sin una planificación o estrategia de manejo y conservación de los servicios ecosistémicos, con un

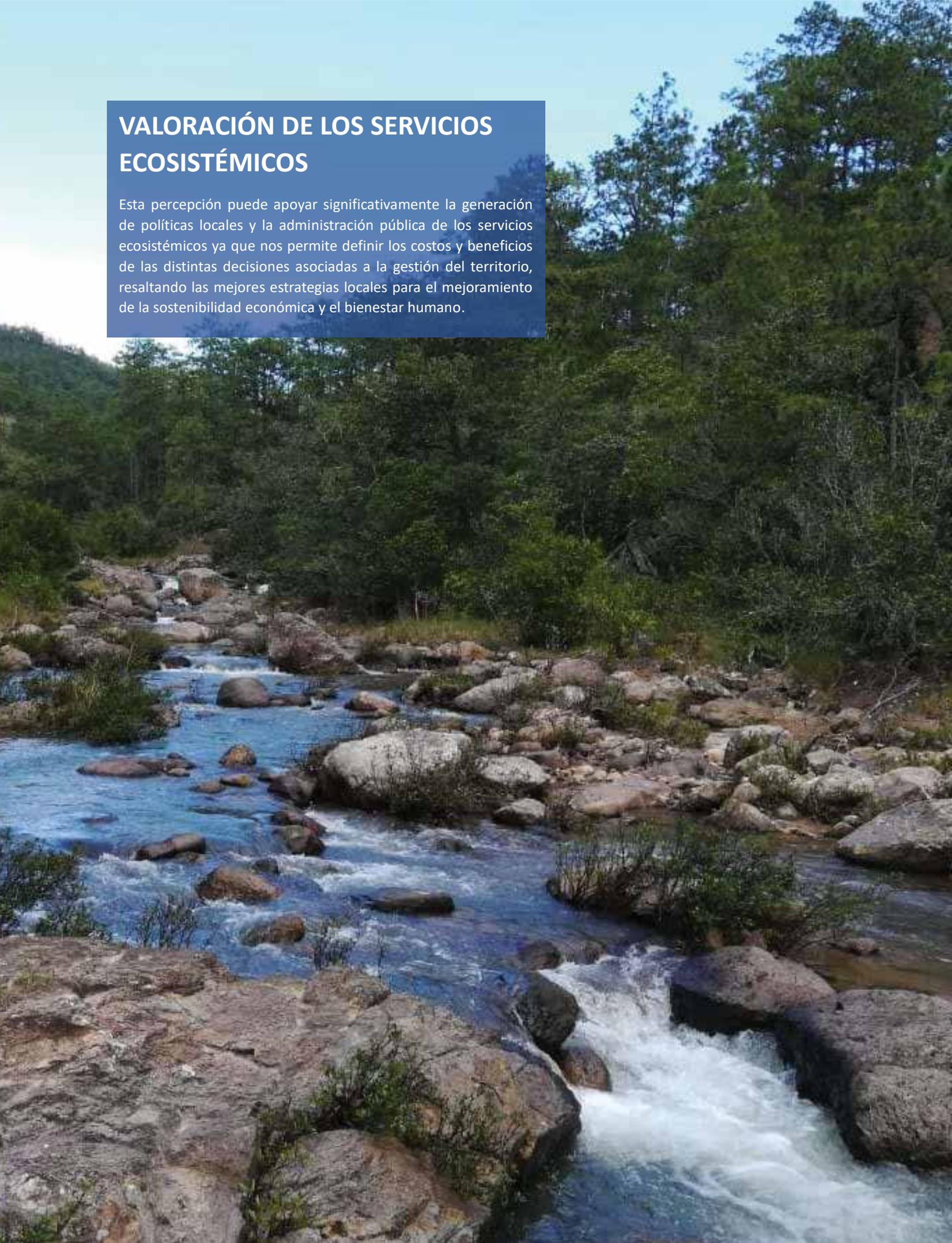
incremento desmesurado de los recursos y el latente cambio climático, muchos servicios pueden verse comprometidos y cambiar la dinámica actual de diferentes sectores productivos y el bienestar humano.

Servicios que prestan los ecosistemas y sus vínculos con el bienestar humano (MEA 2005).



## VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Esta percepción puede apoyar significativamente la generación de políticas locales y la administración pública de los servicios ecosistémicos ya que nos permite definir los costos y beneficios de las distintas decisiones asociadas a la gestión del territorio, resaltando las mejores estrategias locales para el mejoramiento de la sostenibilidad económica y el bienestar humano.



### 4.3. VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: ¿POR QUÉ VALORAR LOS SERVICIOS AMBIENTALES QUE APORTAN LOS ECOSISTEMAS?

En las últimas décadas, la ciencia y tecnología ha permitido dar grandes avances en la comprensión de nuestro entorno. Gracias a ello, se han logrado visualizar importantes problemas globales que amenazan el bienestar humano, debido al sobrecalentamiento del planeta por los gases de efecto invernadero y el desmedido desarrollo de la agricultura, desarrollo urbano, minería, agricultura y el desarrollo industrial en el planeta (IPCC 2018). Según reporte de IPCC (2018) alertan a las autoridades a dar un giro drástico en la toma de decisión acerca del uso de sus recursos por el bien del planeta, generando condiciones para el uso racional y sostenible de los recursos naturales y conservación de las grandes fuentes de recursos como masas forestales, reservorios de agua, que garanticen ciclos hidrogeológicos, secuestro de carbono, ciclaje de nutrientes y refugio para la biodiversidad global.

Como parte de una de las estrategias globales para garantizar el bienestar humano, muchos autores ven una oportunidad dentro de la valoración de los servicios ecosistémicos como parte de incentivos para la conservación de la dinámica de los ecosistemas y sostenibilidad de las actividades productivas y culturales del ser humano (Costanza 1992; Goodland and Daly 1996). Los ecosistemas han generado múltiples servicios al hombre a lo largo de la historia, algunos de los beneficios catalogados como bienes, como especies de interés comercial, cinegético, pesquero, ganadero, agrícola o forestal. También han brindado beneficios a través de su funcionamiento dentro del ecosistema como unidad funcional, como el abastecimiento de agua, la asimilación de residuos, la fertilidad del suelo, la polinización, el placer estético y emocional de los paisajes, etc. Esta dinámica entre bienes y servicios son vitales para la economía y desarrollo cultural del ser humano (Lomas et al. 2005).

Uno de los principales desafíos para muchos investigadores y tomadores de decisiones es determinar el valor de cada uno de los servicios que proveen los ecosistemas. Sin embargo, algunos de ellos pueden ser determinados con el apoyo de comunidades locales que se encuentran vinculadas directamente con el servicio y sus beneficios pueden ser fácilmente cuantificables en términos de mercado, como, por ejemplo, el turismo asociado a los Áreas Naturales Protegidas (ANP), producción de café, almacenaje o secuestro de carbono aéreo y en suelo, entre otros. Mientras que muchos otros servicios no están valorados en el marco de la economía local o global y pasan desapercibidos por sus beneficiarios y por el mercado global (Costanza et al. 1997; Daily 1997; Daily et al. 2000). Este efecto puede desencadenar grandes problemas ambientales por la no valoración de dichos servicios, por lo que es necesario identificar cada uno de los aportes que los ecosistemas generan a la economía, a través de los bienes y servicios,

con el propósito de dar valor al capital natural, capital que sobre cualquier otro capital, es el encargado de generar las condiciones de desarrollo y bienestar humano que conocemos actualmente (Goodland and Daly 1996; Daily 1997; Daily et al. 2000).

En este contexto, muchos sistemas productivos, principalmente aquellos que generan condiciones favorables para el ambiente, como sistemas agroforestales, sistemas silvo-pastoriles, apicultura, entre otros (González et al. 2007; Sosenski and Domínguez 2018), generan servicios ambientales que favorecen dentro de los ciclos de agua, secuestro de carbono, polinización, favoreciendo no solo sus economías, sino a muchas poblaciones que se benefician indirectamente de la actividad a través de disponibilidad de agua, disminución de los gases de invernadero, obtención de frutos y semillas, producción de oxígeno, paisaje, conservación de biodiversidad, en otros. Sin embargo, a pesar de los beneficios que se pueden obtener de estas actividades productivas, en muchos casos el mercado no suele reconocer el valor que posee las buenas prácticas o los beneficios externos que generan dicha actividad económica (Perfecto and Armbrecht 2003).

#### **4.4. ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA LA VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

Existen muchos métodos y limitaciones para la valoración de servicios ecosistémicos, una de las principales dificultades es el valor de percepción del servicio. Por ejemplo, un servicio valorado por comunidades de bajos ingresos económicos será relativamente baja en comparación a comunidades que tienen mayores ingresos económicos. Por tanto, surgen los conceptos de valor relativo o escasez relativa, que se asigna de acuerdo con diferentes percepciones de los valores de un bien o recurso (Bustamante and Ochoa 2014). Dentro de la valoración podemos clasificarlos en dos líneas, unos servicios ecosistémicos con valor en el mercado y la otra sin valor dentro del mercado. Dentro de esta última clasificación, las metodologías trabajan con valores relativos o de valores de percepción como, por ejemplo, costo de viaje que es un valor que se agrega a un servicio cultural como el turismo, aquí se considera el costo que incurre una persona para realizar una actividad recreativa, con lo cual puede valorar dicho servicio. Otra metodología es a través de valor de contingencia, esta metodología busca valorar bienes y servicios que carecen de mercado, a través de la creación de un mercado hipotético, por ejemplo, el valor que estaría dispuesto a pagar una población que se beneficia por un servicio. También puede valorarse un servicio a través de transferencia de beneficios, este surge a través de estudios específicos que valoran y cuantifican un servicio y que pueden ser replicados en otros sitios utilizando dichos estudios como línea base.

Otras metodologías que contribuyen a valorar los servicios ecosistémicos son aquellas que poseen un valor dentro del mercado. Una metodología útil es cuantificar el valor de

reemplazo de un servicio ecosistémico, por ejemplo, una comunidad extrae agua de un río de manera directa, pero en el caso de que pierdan el servicio ambiental, deberán extraer agua a través de pozos o extracción de ríos aledaños, lo cual incurre en un gasto, esta inversión puede ser reflejada dentro del valor del servicio ecosistémico brindado por el río y el bosque (Bustamante and Ochoa 2014). Por otro lado, otra metodología es utilizar el costo evitado, que no es más que el valor que conlleva mantener un bienestar humano trasladado a un bien o servicio ecosistémico, por ejemplo, la salud, al contaminar o talar un bosque se conlleva a daños dentro de la salud humana, ese daño se refleja en gastos de medicamento, gastos hospitalarios, hasta la muerte misma, en este sentido, la suma de todo los gastos que se pueden incurrir en la salud de una población por un daño ambiental, puede ser el valor utilizado para valorar un servicio ecosistémico.

Enfoque de valor económico de los servicios ecosistémicos (Bustamante and Ochoa 2014)

	ENFOQUE DE VALORACIÓN	TIPO DE VALORACIÓN
<p><b>VALOR ECONÓMICO TOTAL</b></p> <p>El Valor Económico Total clasifica los distintos tipos de valor monetario de los servicios de los ecosistemas, según la vinculación entre los seres humanos y el ecosistema.</p> 	<p><b>ANTROPOCÉNTRICO</b></p> <p>Basado en la utilidad que el bien o servicio representa para el ser humano</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor de uso</li> <li>• Valor de uso directo</li> <li>• Valor de uso indirecto</li> </ul> 
	<p><b>VALOR INTRÍNSECO</b></p> <p>Se basa en la premisa de que todo activo natural vale por sí mismo, sin importar la utilidad que tenga para el hombre.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor de uso</li> <li>• Valor de no uso, valor de existencia</li> </ul>
<b>MÉTODOS DE VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS</b>		
<p>Empleados directamente por el hombre; son principalmente los servicios de provisión. Poseen un potencial para proporcionar valores de uso futuros. Insumos o procesos intermedios para la producción de bienes y servicios finales. Poseen un potencial para proporcionar valores de uso futuros</p>	<p><b>VALOR EN EL MERCADO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio de mercado</li> <li>• Costo evitado</li> <li>• Costo de reemplazo</li> </ul>	<p><b>SIN VALOR EN EL MERCADO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio hedónico</li> <li>• Costo de viaje</li> <li>• Valoración contingente</li> <li>• Modelo de elección</li> <li>• Transferencia de beneficio</li> <li>• Valor presente neto</li> </ul>

Recientemente, dentro de las reuniones y mesas de trabajo globales han realizado esfuerzos para establecer medidas que puedan disminuir significativamente los efectos

de cambio climático (IPCC 2018). Una de las alternativas consensuadas a nivel global es el establecimiento de costos de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, no todos los países participan activamente dentro de estas iniciativas, pero un pequeño número de países participan dentro de Mercados Voluntarios de Carbono (Hamrick and Gallant 2017), donde compradores voluntarios en 2016 pagaron \$191.3 millones para compensar 63.4 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> (MtCO<sub>2e</sub>). Sin embargo, este mercado voluntario ha presentado una baja sustancial en los últimos años, cuya demanda de compensaciones no alcanzó la oferta, ya que las transacciones en los mercados voluntarios se redujeron un 24% entre el año 2015 y el 2016 y se dejaron sin vender 56.2 MtCO<sub>2e</sub>.

El valor del carbono en el mercado internacional es variable y no se ha logrado estandarizar un precio global, sin embargo, existen iniciativas de diferentes países que han abierto un mercado y establecido un precio local por fijación de carbono producto de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Según el Banco Mundial (2019) los precios voluntarios corporativos oscilan entre los \$1 hasta \$900 USD aproximadamente por tonelada de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, el pacto mundial de las Naciones Unidas ha pedido que se adopten un precio interno de carbono de al menos US \$ 100/tCO<sub>2e</sub> para 2020, que será necesario para mantener las emisiones de GEI en consonancia con una ruta de 1.5–2 °C. Algunos países de la región han diseñado pago por servicios ecosistémicos en función al secuestro de carbono aéreo en plantaciones forestales, cuyo pago oscila los \$5.00 a 13.00 USD por tonelada, sin embargo, este pago no logra cubrir los costos operativos totales de mantenimiento del servicio (Ávila et al. 2001; Seppänen 2002).

Es evidente que existen iniciativas que buscan compensar el valor de los servicios ecosistémicos como, por ejemplo, bonos verdes o REDD+ (Nantongo and Vatn 2019). A pesar de las críticas y controversias que conllevan la aplicación de los diferentes proyectos, es importante desarrollar estrategias económicamente viables que permitan la conservación de los diferentes servicios ecosistémicos (Teytelboym 2019), principalmente si se desea alcanzar metas acordadas en París en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Cadman 2019). En este contexto, un apoyo a través de pagos por servicios ambientales puede ser una estrategia para incentivar la conservación de los recursos o propiciar condiciones de apoyo para mercados que generan múltiples servicios ecosistémicos como subproducto de la actividad, por ejemplo, los sistemas agroforestales o sistemas silvopastoril (Ávila et al. 2001; Perfecto and Armbrecht 2003; González et al. 2007; Castellanos et al. 2010).

#### 4.5. MAPEO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: TÉCNICAS Y MODELOS DE MEDICIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Uno de los principales retos para muchos investigadores es la selección de metodologías para identificar los servicios ecosistémicos. Una metodología utilizada es el levantamiento espacial o mapeo de servicios ecosistémicos, esta metodología permite la visualización gráfica y georreferenciada de un servicio ecosistémico en particular. Para ello, existen muchas metodologías y diferentes herramientas de trabajo, desde herramienta como información levantada con un GPS, hasta diferentes técnicas desarrolladas con Sistemas de Información Geográfica SIG (Harrison et al. 2018). Por ejemplo, el servicio de provisión de madera puede mapearse fácilmente con una georeferenciación espacial de la ubicación de la plantación, sin embargo, no toda la información de los servicios ecosistémicos está disponible o puede delimitarse espacialmente, en algunos casos, la identificación y evaluación de los servicios ecosistémicos suele ser complejo por su dependencia a muchos factores ambientales y espaciales.

Es por ello, que mucha de la información suele ser trabajada bajo escenarios o modelos geoespaciales (Harrison et al. 2018). Estos modelos nos permiten estudiar y comprender fenómenos o procesos naturales bajo posibles escenarios considerando diferentes variables biofísicas en el espacio y tiempo, generando una aproximación sostenida bajo evidencia científica y sujeta a discusión, sobre las diferentes posibles respuestas a un fenómeno (Elith et al. 2006). Por tanto, todos los modelos deben ser analizados con cautela y debe considerarse que existen probabilidades que su desarrollo pueda no ocurrir, es necesario tener en cuenta, que muchas de las relaciones bióticas desarrollan un efecto cascada en el ambiente, es decir, un modelo puede proyectar cambios o escenarios actuales o futuros, pero estos escenarios están sujetos a cambios según la dinámica de los ecosistemas

<p><b>TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>MAPEO</b></p> <p>Técnica simple que identificación de áreas o zonas de interés en un espacio determinado. Se utiliza cuando la información está disponible y de fácil acceso.</p>	<p style="text-align: center;"><b>MODELACIÓN</b></p> <p>Técnica compleja que requiere herramientas digitales para la identificación o comprensión de fenómenos en un espacio y tiempo determinado. Esta técnica se utiliza cuando no todo se puede medir en campo o cuando las mediciones son costosas o imposibles (escenarios hipotéticos).</p>
---	---	---

**VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TÉCNICAS DE MODELACIÓN O MAPEO**

<p>Las técnicas empleadas en la identificación de servicios ecosistémicos deben seleccionarse de acuerdo con las condiciones financieras y pregunta de interés. Por ello, se recomienda utilizar aquellas que brinden la información necesaria para la toma de decisiones. Es posible definir una técnica o unir ambas técnicas para la identificación de servicios ecosistémicos, sin embargo, el análisis deberá considerar los alcances y limitaciones de ambas técnicas.</p> 	<p style="text-align: center;"><b>MAPEO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnica simple</li> <li>• Altos costos en campo</li> <li>• Uso de encuestas o entrevistas georreferenciadas y puntos de control en campo</li> <li>• Moderado costos en tecnología</li> <li>• Nivel técnico</li> <li>• Alta precisión y alta certidumbre</li> <li>• Información básica de cobertura disponible</li> <li>• Equipos y herramientas digitales (SIG)</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>MODELACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnica compleja</li> <li>• Bajos costos en campo</li> <li>• Altos costos en tecnología</li> <li>• Nivel académico avanzado</li> <li>• Incertidumbre en función a la escala, calidad de datos, técnicas o metodología empleadas.</li> <li>• Alta disponibilidad de información especializada biofísica</li> <li>• Herramientas digitales (SIG) y software</li> <li>• Observar cambios actuales y a futuros</li> <li>• Realizar predicciones en el tiempo</li> </ul>
--	---	---

An aerial photograph of a coffee plantation in Morazán, Guatemala. The image shows rows of coffee plants in a grid pattern, with some areas appearing more densely vegetated than others. A blue rectangular text box is overlaid on the upper left portion of the image. The text is in white, bold, uppercase letters. The background is a lush green landscape with some brown patches, possibly indicating different stages of coffee growth or soil conditions. The overall scene is a typical coffee plantation landscape in the region.

## **METODOLOGÍAS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL PARQUE CAFETALERO DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA, MORAZÁN**

Los agrosistemas como los cafetales proveen múltiples servicios que pueden ser cuantificables según percepción local, por tanto, la valoración de cada uno de ellos depende de la utilidad y necesidad de sostener este servicio en el territorio.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. IDENTIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ASOCIADOS AL PARQUE CAFETALERO DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA

Para la identificación de servicios ecosistémicos asociados al sector cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala, se realizó acercamientos con instituciones encargadas del sector cafetalero para ambos municipios, así como cooperativas, asociaciones, organizaciones no gubernamentales, instituciones de gobierno y alcaldías con la finalidad de delimitar el sector cafetalero. Se consideró como unidad mínima de medición propietarios con parcelas igual o superior a 2 Mz o 14,000 m<sup>2</sup> de área cultivada de café con un mínimo de una cosecha con valor comercial, con un máximo de al menos 40 productores activos. Sin embargo, se incluyeron dentro del análisis parcelas o fincas de menor área (<2 Mz) según disponibilidad de información, acceso y participación de los propietarios. Esta exclusión se estableció con la finalidad de recabar información de aquellos productores que generan un aporte sustancial al sector cafetalero de ambos municipios. Es necesario aclarar que el número de propietarios propuesto es un estimado que refleja una aproximación al esfuerzo de trabajo por el tiempo de la consultoría y el número de propietarios puede presentar cambios, por lo que sugiere realizar esfuerzos para el levantamiento total de los propietarios en ambos municipios.

Se identificaron diferentes servicios ecosistémicos dentro de los servicios de abastecimiento, regulación, servicio de apoyo y servicio cultural. Dentro de estas categorías se evaluó servicios de abastecimiento de madera, leña y provisión del recurso hídrico. Además, se evaluó el servicio de regulación la estimación de carbono aéreo y carbono en suelo dentro del parque cafetalero y el paisaje, así como la potencialidad de erosión del suelo. También se evaluó el servicio de apoyo a través de indicadores de diversidad; riqueza de paisaje y métricas de paisaje como conectividad. Por último, se evaluó el turismo dentro del servicio cultural, principalmente el efecto que conlleva el sector cafetalero dentro del paisaje y el potencial del sector dentro de la oferta de ecoturismo y turismo rural.

Para todo esto, se utilizaron bases de datos globales disponibles y actividades en el territorio como entrevistas, encuestas y visitas de campo. Se realizó reuniones con sectores involucrados para la correcta selección de atributos para su análisis, todo este esfuerzo se realizó para lograr alcanzar los objetivos institucionales y programas locales para analizar el estado actual de los servicios ecosistémicos en los municipios de Perquín y Arambala. Con ello se espera que la información sea de relevancia y de impacto en el territorio, brindando insumos que abonen a los esfuerzos locales dentro de la zona de interés.

## 5.2. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA

**Población cafetalera:** Se establece como unidad mínima de medición propietarios con parcelas igual o superior a 2 Mz o 14,000 m<sup>2</sup> de área cultivada de café con un mínimo de una cosecha con valor comercial, con un máximo de al menos 40 productores activos para los municipios de Perquín y Arambala. Esto con la finalidad de evaluar el impacto más significativo del sector en el territorio, principalmente de aquellos que generan cosechas económica sustanciales o rentables dentro del mercado local. Sin embargo, se consideraron todos aquellos propietarios que puedan ser incorporados de fácil acceso y disponibilidad de participación dentro de las actividades que contempla la consultoría. Además, se revisó y evaluó cada uno de los propietarios de bases de datos proporcionados por PADECOMSM, CLUSA, ACALEM y ACOPACEP (ver anexos).

**Duración de la consultoría:** El tiempo considerado para desarrollar la consultoría fue de sesenta (60) días calendario a partir de la firma del contrato. Sin, embargo, se realizó una extensión por 20 días para la revisión y socialización con actores claves en el territorio como la Mesa Subsectorial del Café y Comisión Intersectorial para la Restauración de Morazán.

**Limitaciones:** El tiempo y presupuesto asignado para el desarrollo de la consultoría fue la principal limitante. La extensa área del territorio y el parque cafetalero dificultó realizar muestreo y delimitación exacta de propiedades. Además, muchos de los propietarios no participan activamente dentro grupos organizados como cooperativas y asociaciones, por lo que se hizo difícil estimar el número total de propietario para ambos municipios. También se presentó apatía de participación en reuniones y colaboración en campo de muchos propietarios, así como muchas parcelas están en abandono o sus propietarios no se encontraban en el territorio durante el período de esta consultoría. A su vez, muchos de los servicios evaluados no presentan precedentes en el territorio, dificultando línea base de información para la valoración en nuestro análisis. Mucha información utilizada en este documento proviene de bases de datos globales por lo que la escala de trabajo a nivel local generó una dificultad en nuestros análisis, por lo que se sugiere se considere este trabajo como una aproximación a la realidad, por lo que este trabajo genera insumos descriptivos de los diferentes servicios ecosistémicos para los tomadores de decisiones. Algunas de las metodologías propuestas fueron modificadas debido a la magnitud del trabajo en campo, por ejemplo, se estableció inicialmente una medición de carbono por parcelas para un número de 40 propietarios con un área de 2 Mz mínimo, sin embargo, según hallazgos en campo, se identificó un área y número de propietarios superior a lo propuesto, por lo que la metodología, el personal disponible, los tiempos y costos, superan lo establecido para esta consultoría. Sin embargo, debido a la naturaleza del trabajo, se determinó utilizar metodologías alternas que se espera similares resultados. Se recomienda realizar esfuerzos puntuales para la estimación real

de carbono almacenado en árboles dentro de los cafetales, los datos obtenidos en este estudio son una descripción actual del sector según nuestra muestra de campo. Debido a que no existe metodologías únicas para la identificación y valoración de servicios ecosistémicos, nuestros datos están sujetos a la muestra y métodos empleados, por tanto, los datos están sujetos a modificación a medida cambien la metodología o se realice aproximaciones mas exhaustivas en el trabajo en campo.

Servicios ecosistémicos propuestos en este estudio contempló la identificación de los servicios de abastecimiento (madera y leña; provisionamiento de agua; zonas de recarga hídrica), regulación (secuestro de carbono aéreo y secuestro de carbono del suelo), servicio de apoyo (indicadores de biodiversidad o paisaje) y servicio cultural (potencial de turismo). A continuación, se describe cada uno de los servicios que aborda esta propuesta técnica:

### 5.3. VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Para la valoración de los servicios ecosistémicos anteriormente mencionados, se realizó visitas de campo para el levantamiento de información espacial y obtener diferentes encuestas y entrevistas planificadas para la colecta de información referente a la producción de cafetal, tipo de cafetal, técnicas de manejo, tipo de aprovechamiento, certificación, participación o asocio a cooperativas, precios de ventas, ingresos y egresos por cosecha, fuentes de empleo, entre otros. Esta información se complementó con la línea base del proyecto que se solicitará PADECOMSM. Además, se recabó información sobre aspectos biofísicos de las parcelas para el levantamiento de áreas de producción, parcelas de muestreo para estimación de secuestro de carbono aéreo de árboles, parcelas de muestreo de biodiversidad.

Por último, se realizó entrevistas a 80 propietarios de fincas y se levantó datos procedentes de 120 propiedades dentro de los municipios de Perquín y Arambala, además se recabó información de personas claves que brindaron insumos sobre aspectos de valor dentro del mercado local e internacional de los servicios establecidos en este estudio. Todos los datos obtenidos fueron procesados y analizados utilizando Análisis de Componentes Principales ACP, técnica que facilita la observación de relaciones entre diferentes variables en un espacio multivariado. Dentro de esta técnica, se utilizó datos obtenidos en campo y datos proporcionados dentro de encuestas y datos de procedentes de 120 propiedades. Todos los análisis fueron corridos con el software estadístico de InfoStat (Di Rienzo et al. 2011).

Dentro de los servicios anteriormente mencionados, se pueden clasificar en dos grandes categorías; **servicios ecosistémicos cuantitativos** con valor en el mercado y **servicios ecosistémicos cualitativos** con valor de percepción social sin valor en el mercado. Por

tanto, los análisis reflejan estimaciones o aproximaciones a la realidad y deberán ser considerados bajo esta condición. Dentro de los indicadores evaluados para identificar y valorizar los servicios ecosistémicos consideraron: Madera y leña: volumen de producción por aprovechamiento forestal directo de árboles de sombra, poda o raleo del dosel, áreas de recarga hídrica; Secuestro de carbono: Estimación de carbono por toneladas y estimación del valor dentro del mercado, biomasa aérea, stock de carbono en suelo y ecosistemas dentro del paisaje, potencialidad de erosión del suelo y ciclaje de nutrientes; Biodiversidad y paisaje: Estimación de cobertura y estructura del paisaje, riqueza de especies (taxones específicos), conectividad del paisaje; Turismo; turismo basado en naturaleza, ingresos por beneficios indirecto y directo del paisaje cafetalero en la zona, potencialidad de ecoturismo o turismo rural.

#### **5.4. SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO: MATERIAS PRIMAS (MADERA, LEÑA), APROVISIONAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO**

En cuanto al abastecimiento de materias primas, los ecosistemas aportan una gran variedad de materiales primarios necesarios para el sector industrial y terciarios como biomasa para los hogares. Dentro de estas materias primas se consideró la evaluación de producción de madera, leña y minerales (nutrientes; abono orgánico). Además, se evaluó el aporte económico que refleja el sector cafetalero dentro del territorio, como empleos directos e indirectos, que se generan a partir de la actividad propia del sector. Además, se evaluó diferentes actividades de manejo y aspectos culturales que giran en torno a esta actividad productiva como, intercambio de trabajo (pago con trabajo o trueque), poda, deshije, chapeo, fertilización, encalado de suelos, descombro, corta de café, proceso industrial, despulpado, secado, trillado, molido y venta.

Para este componente se consideró como ingreso final todas las ventas de café por cosecha (para todas aquellas cooperativas, organizaciones y propietarios individuales que realizan toda la cadena de valor, desde la recolección hasta el empaclado). A su vez se consideró empleos directos e indirectos; labores culturales, proceso de recolección y transformación durante toda la cosecha. También se evaluó el aporte del ecosistema dentro del aprovisionamiento de agua a través de la recarga hídrica, utilizando imágenes satelitales e información disponible de instituciones encargadas del recurso hídrico en el país. Se realizó evaluaciones cualitativas sobre este servicio ecosistémico y el papel de los sistemas agroforestales dentro de este servicio para los municipios de Arambala y Perquín.

#### **5.5. SERVICIO DE REGULACIÓN: SECUESTRO DE CARBONO**

Para la estimación de carbono aéreo de los árboles de sombra de cafetal se realizó muestreos a través de parcelas demostrativas. Se estratificó la zona de estudio para

determinar el número de parcelas de muestreo. Las parcelas fueron establecidas con una dimensión de 10x25m (250m<sup>2</sup>) y se colecto datos de árboles con DAP igual o mayor a 20 cm en la finca, adicional, se estimó la altura comercial y altura total de cada árbol de sombra dentro de cada parcela. Adicionalmente se estimó el volumen de madera y captura de carbono siguiendo las siguientes formulas:

### 5.5.1. VOLUMEN DE MADERA

Para obtener el valor total del volumen de todos los arboles muestreados se aplicó la fórmula de cálculo de volumen de árboles en pie (Rodríguez-Larramendi et al. 2016) para conocer el volumen total de madera en el sitio:

$$\text{Volumen árbol en pie} = \frac{\pi}{4} * DAP^2 * (H_c) * f$$

Donde:

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho

H<sub>c</sub>: Altura comercial

f: Factor de forma

Como factor de forma se utilizó la fórmula de propuesto por Ordoñez et al. (2012) de 0.7 para plantaciones forestales como valor de corrección en la medición de volumen.

### 5.5.2. CAPTURA DE CARBONO: ÁRBOLES DE SOMBRA Y SUELO

El cálculo de carbono se estimó mediante ecuaciones alométricas de biomasa para las diferentes especies o tipos de plantas propuesta por Pearson et al. (2005) y utilizada por Castellanos et al. (2010) para diferentes tipos de bosques con diferentes tipos de rangos de Diámetros a la Altura del Pecho (DAP; 1.30 m sobre el suelo). Se utilizó formulas alométricas como método no destructivo debido a que elaboraciones propias para el área de estudio incrementaría los costos, tiempo y alteraría el sistema productivo por la extracción de muestras *in situ*. Se utilizó fórmulas adecuadas a la diversidad de árboles por el tipo de ecosistema, elevación y precipitación en el área de estudio. A continuación de detalla las fórmulas generales y las fórmulas alométricas para cada tipo de ecosistemas según diferentes autores.

$$BAU = f(\text{datos dimensionales})$$

Donde:

BAU = es la biomasa arbórea sobre el suelo de una unidad, en kilogramos de materia seca por árbol (kg M.S./árbol);

$f$  (datos dimensionales): es una ecuación alométrica relacionando la biomasa sobre el suelo (kg M.S./árbol) a los datos dimensionales medidos en campo (ej. DAP, y altura total del árbol, etc.).

**Tabla 1.** Formulas alométricas por tipo de ecosistemas, precipitación y rango de diámetro a la altura de pecho según literatura disponible (Pearson et al. 2005; Castellanos et al. 2010).

Ecosistema	Precipitación (mm/año)	Ecuación alométrica	Rango DAP (cm)	R <sup>2</sup>	Referencia
Latifoliado genérico (seco)	900-1500	$Y = 0.2035 \times (DAP)^{2.3196}$	1-63	0.97	Pearson et al. (2005)
Latifoliado genérica (húmedo)	1500-4000	$Y = \exp[-2.289 + 2.649 \times \ln(DAP) - 0.021 \times (\ln(DAP))^2]$	5-148	0.98	Pearson et al. (2005)
Latifoliada <i>Quercus spp.</i>	900-1500	$Y = 0,1773 \times (2,2846)^{DAP}$	11-45	0.86	Castellanos et al. (2010)
Conífera	1000-2500	$Y = 0,1377 \times (DAP)^{2.4038}$	5-52	0.94	Castellanos et al. (2010)
<i>Inga spp.</i>		$Y = 0.01513 \times (DAP)^{3.0054}$		0.84	Castellanos et al. (2010)

Donde:

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho

ln = logaritmo natural

exp = “elevado a la potencia de”

Posteriormente todos los datos obtenidos (Y) se multiplicaron por 0.5 para obtener el contenido de carbono de cada individuo, esta constante de 0.5 es un valor científicamente aceptado por instituciones internacionales del IPCC y otros autores (Hamburg 2000; Tanabe and Wagner 2003; Rubin and De Coninck 2005; Rodríguez-Larramendi et al. 2016) como estrategia de estandarización de estimaciones de secuestro de carbono aéreo. Posteriormente se determinó la cantidad promedio por hectárea para las parcelas o área total por propietario para estimar el aporte total de carbono almacenado por el parque cafetalero utilizando la siguiente formula:

$$\frac{tC}{Ha} = P_{\text{carbono}*\text{árbol}} * D_{\text{árboles}/Ha}$$

Donde

tC/Ha = Total de carbono por hectárea

P<sub>carbono\*árbol</sub> = Promedio de carbono por árbol

D<sub>árboles/ha</sub> = Densidad de árboles (árboles/ha)

Dentro de las estimaciones de carbono en suelo y carbono almacenado en cobertura forestal de los ecosistemas en el paisaje, se realizaron análisis del paisaje utilizando sensores remotos, a través de técnicas de teledetección con Sistemas de Información Geográfica, para estimaciones de carbono en suelo y los ecosistemas representativos en el paisaje en los dos municipios, con la finalidad de evaluar el papel del suelo y la cubierta forestal dentro de los ecosistemas en función del servicio de secuestro de carbono. Se evaluó el efecto de la cobertura vegetal sobre este servicio y el aporte del sector cafetalero dentro de la fijación de carbono.

Para la estimación de carbono aéreo, se utilizó la herramienta digital para la contabilidad del capital natural y el análisis de los servicios ecosistémicos proporcionados por los entornos naturales. Para ello se utilizó un conjunto de datos espaciales con una escala de 1 km<sup>2</sup> y una resolución de 1 hectárea. Se utilizaron modelos espaciales propuesto por Saatchi et al. (2011) y Ruesch and Gibbs (2008) para estimación de carbono almacenada en biomasa aérea, junto a escenarios climáticos y el uso de la tierra con datos de referencia de datos globales históricos del 1950 al 2000. Por último, se realizó comparaciones y estudio de mercado global de carbono, para estimar ingresos potenciales del servicio de secuestro de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de los municipios de Perquín y Arambala. Se recalca que estos valores son aproximaciones y dependerán de mercado internacional, ya que, dentro del mercado local, aún no existe valor o costos por dicho servicio como otros países en la región.

Para la estimación de carbono en suelo, se utilizó modelos digitales espaciales propuestos por Hengl et al. (2014); Hengl et al. (2017); Shangguan et al. (2017) para un mapeo automático de suelos basado en la compilación global de datos de perfil de suelos y datos de sensores remotos con una resolución espaciales de 1 km<sup>2</sup>. Las estimación de carbono en suelo se realizaron siguiendo lo propuesto por Arrouays et al. (2014) para una profundidad de un metro.

### **5.5.3. PREVENCIÓN DE LA EROSIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO**

La erosión del suelo es un factor clave en el proceso de degradación de la tierra y la desertificación. La cubierta vegetal proporciona un servicio de regulación vital al prevenir la erosión del suelo, además, apoya a la fertilidad del suelo, servicio esencial para la agricultura y el buen funcionamiento de los ecosistemas. Para evaluar este servicio se realizó un análisis espacial de imágenes satelitales, donde se estableció criterios para clasificar las áreas con potencial de erosión y áreas con mayor provisión de servicio de conservación de suelo. Para ello, se utilizó capas de modelos de elevación digital DEM, tipo de suelo y cobertura vegetal. Con el DEM se elaboró mapas de pendientes y se generó un rango deseado (mayor a 30°) de pendientes (suelos de vocación agrícola) y se seleccionó áreas de mayor probabilidad de erosión. Seguido de una clasificación de

áreas por uso de suelo y tipo de cobertura para visualizar el potencial de erosión en áreas descubiertas de cobertura vegetal con pendiente (mayor a 30°) y la contribución de los sistemas agroforestales en el servicio de conservación de suelo en función a la prevención de la erosión del suelo y evaluación indirecta del ciclaje de nutriente a través de análisis cualitativo obtenido de las entrevistas y encuestas georreferenciadas.

En este apartado se estimó el aporte del bosque cafetalero para sosegar los niveles de erosión. Tomando como parámetros, la topografía, el tipo de suelo y el uso de suelo en ambos municipios. Se consideró que el terreno con pendientes mayores a 30° de pendiente tiene alto potencial erosivo, debido a que bajo factores meteorológicos extremos puede dar lugar a altos valores de escorrentía y derrumbes, que son los efectos físicos de la erosión, además la pérdida de nutrientes del suelo debido a la escorrentía afecta a las propiedades químicas y biológicas del mismo. Los niveles de erosión con pendientes mayores a 30° pueden ser disminuidos si se toma en cuenta las propiedades del suelo, ya que no todo el suelo se erosiona a la misma velocidad, en este caso los latosoles arcillosos ácidos tienen altos grados de resistencia a la erosión química producida por agua, así que, aunque la pendiente sea pronunciada este tipo de suelos es resistente, aunque ocurre el proceso de erosión es más lento comparándolo con los latosoles arcillosos rojizos. Es decir que se consideró como áreas con alto riesgo a las zonas de pendiente mayor a 30° y suelos arcillosos rojizos y pendientes mayores a 30° pero ubicadas en suelos arcillosos ácidos se considera como riesgo de erosión medio.

Entre los tipos de vegetación que hay en los municipios de estudio, los que mayormente contribuyen a disminuir el grado de erosión son los bosques de pino, sistemas agroforestales y los cafetales, tomando en cuenta esta variable, los bosques de pino y sistemas agroforestales donde la densidad arbórea es relativamente tupida, el potencial erosivo se reduce, por lo que los suelos con pinares y sistemas agroforestales se consideran con potencial erosivo bajo gracias a la vegetación presente, aunque el suelo sea arcilloso o rojizo. La mayoría de parcelas que fueron estudiadas en el parque cafetalero presentan un sistema de siembra de tres bolillos el cual es muy útil para evitar la escorrentía superficial en el suelo, los cafetales generalmente tienen una alta densidad de vegetación cafetal además de los árboles de sombra que se utilizan para dicho cultivo, esto indicaría que el parque cafetalero contribuye de gran manera a frenar la erosión del suelo, a la zona de pendientes mayores a 30° pero que contienen cafetal se les categorizó como zonas de muy baja erosión. Con esta información se pudo generar un modelo en el cual se muestran las áreas con potencial erosivo actual en las cuales puede recomendarse la siembra y producción de café como un contribuyente a la reducción de la erosión por factores climáticos, la ecuación del modelo se presenta a continuación

$$PE = AE - TS - CV$$

Dónde:

PE es el potencial erosivo

AE es el área amenazada por la erosión por tener pendientes mayores a 30°

TS es el área de tipo de suelo resistente a la erosión

CV es el área de la cobertura vegetal que reduce los niveles de erosión.

Para la categorización del potencial erosivo se tomó una escala descriptiva del potencial mismo como se muestra en la tabla 2, tomando en cuenta la pendiente, tipo de suelo y vegetación

**Tabla 2.** Descripción del potencial erosivo dependiendo de las características de la zona de interés.

Pendiente	Tipo de suelo	Vegetación	Potencial erosivo
>30°	LAR	Café	Muy bajo
>30°	LAR	Bosque	Bajo
>30°	LAR	Pasto	Alto
>30°	LAA	Café	Muy bajo
>30°	LAA	Bosque	Bajo
>30°	LAA	Pasto	Medio

#### 5.5.4. SERVICIO ECOSISTÉMICO DE LA POLINIZACIÓN

La polinización animal es un servicio del ecosistema que proporciona principalmente insectos, algunas aves y murciélagos. Se estima según algunos autores, que alrededor de 75% de los cultivos alimentarios mundiales dependen de la polinización animal, incluidos cultivos comerciales importantes como el cacao y el café (Klein et al. 2007). Así mismo, existe tendencias globales de disminución de polinizadores por efecto de cambio climático y uso excesivo de agroquímicos, por lo que la evaluación de este servicio es fundamental para los sistemas agroforestales (FAO Lázaro and Tur 2018; Montero-Castaño et al. 2018; Obeso and Herrera 2018; Sosenski and Domínguez 2018; 2019a).

Para la valoración de este servicio, se utilizó información procedente de encuestas y percepción de los productores el servicio de polinización, a su vez, se realizó un análisis de riqueza de especies de abejas vinculados con la polinización de cafetales. Para ello, se utilizó valores regionales de distribución potencial de 39 especies de abejas polinizadoras de café bajo escenarios futuros de cambio climático con una resolución de 1 Km<sup>2</sup>. Los mapas representan las condiciones promedio en una escala anual actual y cambios a futuros a 50 años y por lo tanto no permite determinar cuándo ocurrirán esos cambios. Con ello, se identificó áreas de mayor riqueza de especies y áreas con mayor oferta del servicio de polinización. Se evaluó el potencial de la polinización y su importancia dentro

del rendimiento de producción. Con toda esta información, se realizó un análisis de costos de reemplazo del servicio dentro del sector cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala.

## 5.6. SERVICIO DE APOYO

Dentro del este servicio se contempla indicadores de biodiversidad como riqueza de especie que es el equivalente de número de especies totales. Para ello, se utilizó una herramienta digital para la contabilidad del capital natural y el análisis de la diversidad biológica proporcionados por entornos naturales. Por tanto, se utilizaron un conjunto de datos espaciales de registros de ocurrencia global y características biológicas de las especies para la estimación de probabilidad de distribución. Se utilizaron modelos espaciales propuesto por Mulligan (2019) para la distribución espacial de especies de aves, mamíferos y anfibios con una escala de 1 km<sup>2</sup> y una resolución de 1 hectárea. Se seleccionaron estos grupos taxonómicos, debido a su importancia de conservación y su relación especial con la cobertura vegetal como sitios de refugio, hábitat y uso de dichos espacios como corredores biológicos. Además, se realizaron encuestas a los propietarios y recorridos a pie (evaluaciones ecológicas rápidas; EER) para la identificación de diversidad de fauna avistada o que comúnmente habitan dentro de las fincas de café, con ello se evaluó de manera directa el grado de ocupación de fauna silvestre en los sistemas agroforestales y la capacidad de la finca de facilitar conectividad en el paisaje.

## 5.7. SERVICIO CULTURAL

Dentro de este servicio se evaluó la potencialidad de las propiedades de los productores de café de percibir ingresos por ecoturismo o turismo rural. Se utilizó métricas de paisaje con herramientas digitales SIG (imágenes satelitales, sensores remotos, imágenes aéreas por aviones no tripulados; DRONE) para evaluar aspectos como distancias a carreteras, belleza escénica, potencialidad de recibir turistas (infraestructura instalada, servicios básicos, etc.), accesos internos, atributos especiales (certificaciones, sitios históricos, sitios arqueológicos, ríos, quebradas, etc.). Además, se evaluó el flujo de turismo local a través de entrevistas a actores claves locales (Tour operadoras, CAT, MITUR). Con toda la información recabada, se realizó un índice de potencialidad de turismo, que indicará la capacidad del propietario de recibir ingresos a través de ecoturismo o turismo rural. Con ello se espera generar bases para apalancamiento de los propietarios para percibir fondos o solicitar créditos a fin de generar condiciones para diversificar sus fuentes de ingresos familiares.

Para la identificación del potencial de turismo se consideraron las siguientes variables: infraestructura dentro de la propiedad, tipo de infraestructura dentro de la propiedad, nú-

mero de personas que puede recibir, servicios básicos, accesos internos al terreno, distancia de la carretera principal al terreno, posee vista panorámica, posee certificación, posee atractivo turístico, uso de finca para intercambio de experiencia, ingresos por uso de finca para intercambio de experiencia, rentabilidad de la actividad turística. Cada una de estas variables se ponderó del 1 al 10, considerando 10 como valor máximo que puede presentar su finca con respecto a los valores evaluados. Posteriormente se pondero a una escala de 1 a 100 para darle un valor de potencialidad de turismo cuyos valores ponderados fueron establecido del 10 para cada atributo, únicamente el atributo de atractivo turístico y uso de finca para intercambio de experiencia, se les dio una ponderación de 30 y 20 respectivamente. La calificación total representa el grado de potencialidad de desarrollar actividades ecoturísticas dentro de sus propiedades.

## **5.8. MAPEO DEL SECTOR CAFETALERO Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

Como primera fase se realizó georeferenciación de propiedades y terrenos de interés con ayuda de GPS de alta precisión, así como se estimaron áreas del parque cafetalero con ayuda de aeronaves no tripuladas DRONE en aquellos sitios donde los recorridos a pie fueron extensos. Se realizó mapas temáticos para identificar el sector cafetalero en ambos municipios, además, se determinó áreas potenciales para establecimientos de nuevas áreas de cultivo según aspectos biofísicos de la zona (pendiente, usos de suelo, vacación agrícola, etc.). Se presenta gráficamente cada uno de los servicios ecosistémicos propuestos en este estudio utilizando software especializados (QGIS, ArcGIS, Erdas-Imagine). Se realizaron rutinas de creación semiautomática en ArcGIS para el procesamiento de datos espaciales. Las capas se presentan en formato *shapefile (.shp)*, *archivos comprimidos de Google Earth (.kmz)* o *GeoTIFF (.TIFF)*. Se realizaron correcciones por proyección y esferoide para las capas preexistentes. Además, se crearon correcciones de compatibilidad para las todas las capas creadas. Por último, se realizó la interpretación de la información geográfica colectada y categorización espacial de los servicios ecosistémicos.

### **5.8.1. MAPEO, GEOREFERENCIACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ZONAS DE INTERÉS**

Dentro de este estudio la generación de capas vectoriales a partir de la información colectada en campo se convierte en parte vital para el correcto desarrollo y generación de conclusiones y recomendaciones. Dentro del enfoque de recursos geoespaciales y de sistemas de información geográfico (SIG), se tomó como referencia el actual Inventario Nacional de Bosques (MARN 2018), el cual muestra información que detalla las zonas con ocupación de bosques de conífera, bosques secundarios e inclusive, y en este caso más importante, el parque cafetalero del país. Sin embargo, debido a las limitaciones como las de no contar con referencias más detalladas de las zonas estudiadas y aún no están disponibles al público, porque lo que se tomó únicamente como marco de

referencia. Es por ello, que dentro de esta consultoría se planteó la recolección de información geoespacial de las propiedades, puntos de referencia y tipo de ocupación de suelo a partir de coordenadas GPS, con lo cual se generó mapas temáticos que para una mejor interpretación local. Así mismo, se procesaron mapas de uso de suelo a través de imágenes satelitales y georeferenciación de información preexistente generada en trabajos anteriores ejecutados en la zona.

La medición de elementos tales como altura de las zonas de siembra, topografía, ocupación del suelo, cobertura vegetal, se realizó para realizar calificaciones basada en indicadores físicos y biológicos que permitieron el correcto manejo del sector cafetalero. Los resultados se obtuvieron mediante rutinas preestablecidas por el equipo investigador, integrando la información colectada en campo y la procesada mediante software especializados (QGIS, ArcGIS, ERDAS - IMAGINE, etc.) acorde según los hallazgos y propósito deseado. Dichos resultados se presentarán en formato digital e impreso, en los que se considera presentar archivos *shapefile* (.shp), archivos comprimidos de Google (.kmz), ráster (GeoTIFF, extensión .TIFF).

## SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL PARQUE CAFETALERO DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA, MORAZÁN

Los agrosistemas como los cafetales proveen múltiples servicios que pueden ser cuantificables según percepción local, por tanto, la valoración de cada uno de ellos depende de la utilidad y necesidad de cada uno de ellos para sostener este servicio en el territorio.



## 6. RESULTADOS

### 6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PARQUE CAFETALERO DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA, MORAZÁN, 2019

El parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala posee un área aproximada de 13.62 Km<sup>2</sup> (1,945.71 Mz o 1,362 Ha), con mayor predominancia dentro del municipio de Perquín. Uno de los principales cerros donde se desarrolla la actividad cafetalera es dentro del Cerro Gigante y parte del Cerro Pericón (Figura 1). Según MARN (2018), en su más reciente inventario nacional de bosque, los municipios de Perquín y Arambala existe una predominancia de bosque de conífera y bosque secundario. Los tipos de suelos predominantes son suelos arcillosos ácidos y suelos arcillosos rojizos. Estos tipos de suelos predominantes para ambos municipios representan limitaciones fuertes para la agricultura, sin embargo, existen pequeñas áreas donde se desarrolla actividades agrícolas.

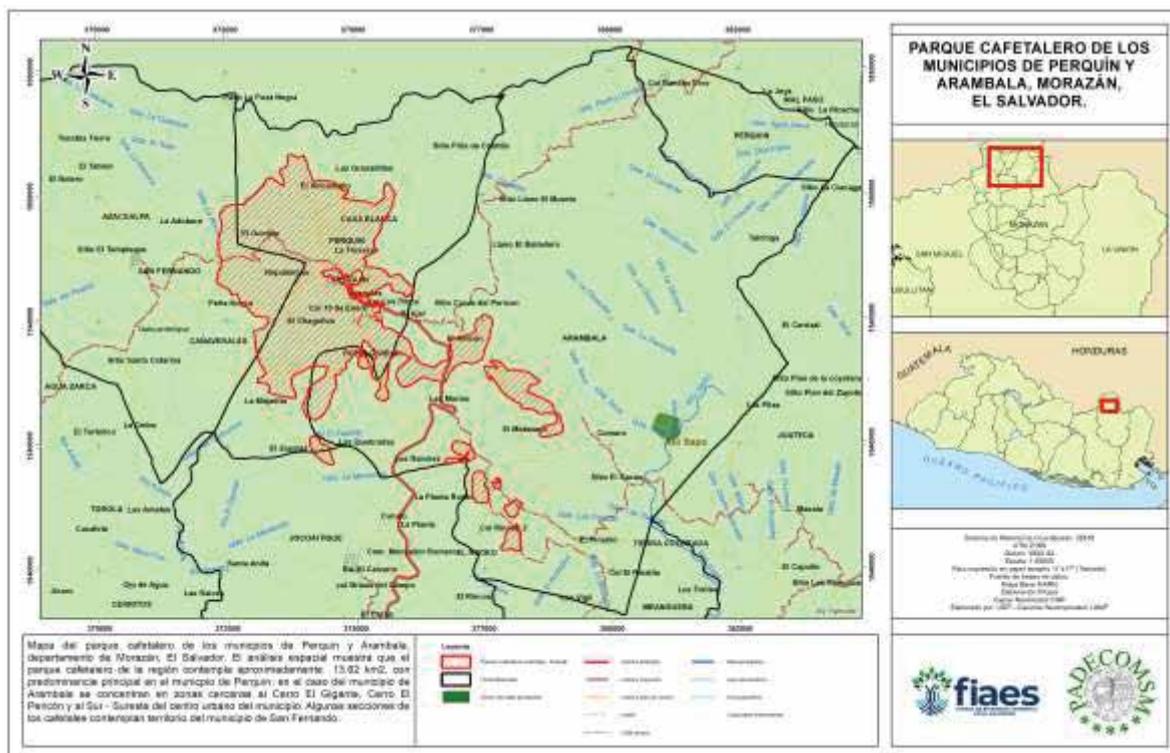
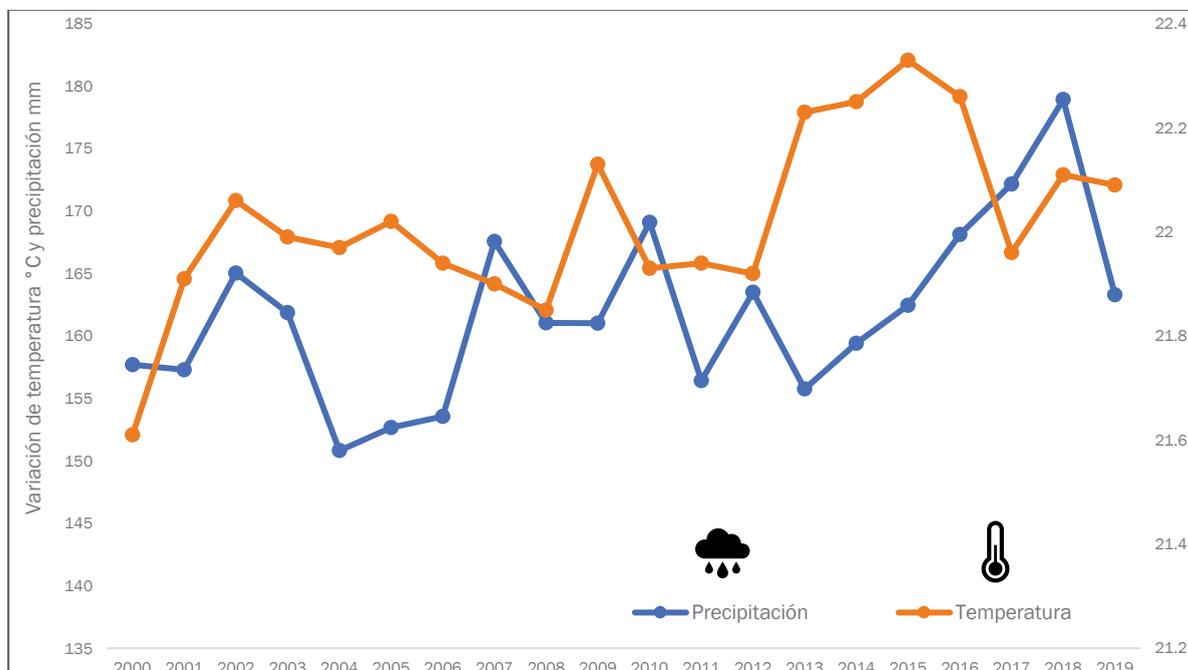


Figura 1. Identificación del parque cafetalero para los municipios de Perquín y Arambala, 2019.

Según proyecciones regionales y análisis temporales de variación climática, se estima aumentos sustanciales de temperatura y disminución de la precipitación dentro de los principales países de Centro América (Hidalgo et al. 2017), trayendo importantes amenazas dentro del desarrollo de actividades productivas como en la agricultura, principalmente a escala de pequeños productores (Hannah et al. 2017). Esto deja al descubierto amenazas sustanciales dentro de la agricultura, donde los municipios de Perquín y Arambala no son la excepción, según proyecciones de temperatura y precipitación para la zona, se registra aumentos sustanciales de

1 °C (media anual) aproximadamente en casi 20 años, cuya tendencia presume aumentos por encima de los 3 °C según modelaciones de cambio climático (IPCC 2018). Además, de una inestabilidad de los valores de precipitación, que son inversamente proporcionales al aumento de temperatura (Figura 2).



**Figura 2.** Variación temporal de valores de temperatura y precipitación, período 2000-2019. Fuente: LMA-CATIE 2019.

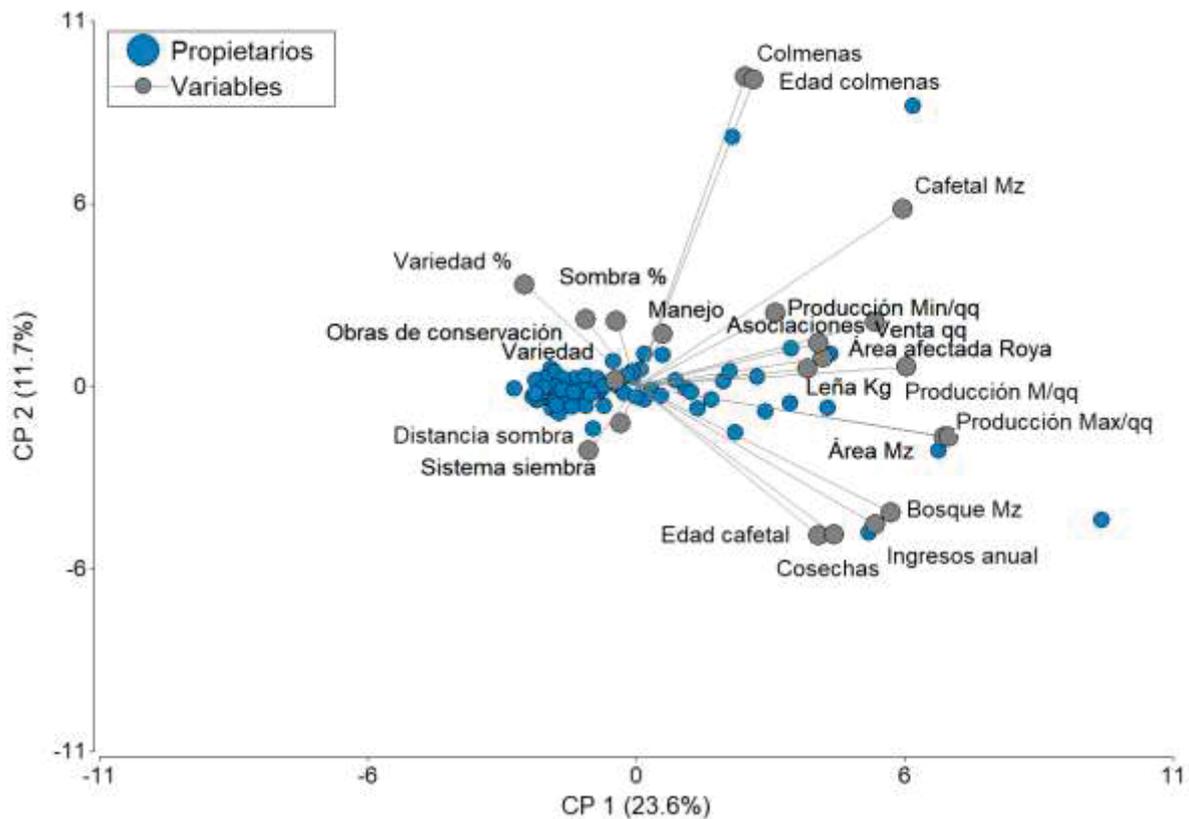
Dentro del sector cafetalero, las tendencias de rendimientos demuestran una disminución de la producción por cosecha anual dentro de la región de Centro América (Baca et al. 2014; Hannah et al. 2017). Para caso de El Salvador, se registra una reducción aproximada del 40% de tierras del país para el desarrollo de caficultura (Baca et al. 2014), además, se prevé una reducción en el rendimiento de entre 6.4% en 2020 y 38% en 2100 en todos los países de Centro América (CEPAL and CAC/SICA 2014). En el caso particular de una de las principales cooperativas dentro del departamento de Morazán, se registran caídas drásticas de rendimiento de 16,000 quintales a 1,500 quintales de café en los últimos años, mostrando pérdidas económicas producto de cambios ambientales y efectos de la roya en más del 90% de la plantación (Com. Pers. 2019<sup>1</sup>). Esto evidencia grandes retos para el sector cafetalero, principalmente por que el mercado ha presentado tendencia a la disminución en las últimas décadas (Flores 2002; Ortiz Ceballos et al. 2004; CEPAL and CAC/SICA 2014), por lo que nuevas estrategias deben ser valoradas para generar incentivos dentro del sector a nivel global.

En el caso del municipio de Perquín y Arambala, casi en totalidad de productores presentan una disminución en sus rendimientos y todos confirman que la actividad no posee rentabilidad

<sup>1</sup> Presidente de la Cooperativa Asociación Cooperativa de Producción Agropecuaria San Carlos Dos de R.L

económica, cuyos costos de mantenimiento de los cafetales superan el 500% de los ingresos por ventas. Por lo que el 70% de los productores prefieren desarrollar la actividad como para el autoconsumo y un 30% lo desarrolla como una fuente de ingresos familiares. Debido a la insostenibilidad de la actividad productiva un 27% de los productores estarían dispuestos a realizar un cambio de uso de suelo por otra actividad más lucrativa. Sin embargo, en su totalidad están conscientes que los cafetales proveen servicios ecosistémicos para su beneficio.

El Análisis Componentes Principales (ACP) para variables de manejo, explica un 35.3% de la variación de los datos, mientras que el 64.7% de la variación de los datos no están explicadas (Figura 3), es decir, existen muchas variables que están explicando el comportamiento de los datos que no fueron contempladas en este análisis, como, por ejemplo, variables climáticas y biofísicas como pendiente o disponibilidad de fuentes agua. El componente PC1 explica el 23.6% de la variación con las variables de Área de la propiedad, Área del cafetal, Producción máxima en quintales, Producción mínima en quintales, Producción mínima en quintales, Área de Bosque, Leña en kg, Área afectada por roya, Ingresos anuales por cosecha, Venta de café en quintales y Pertenencia en asociaciones. Mientras que el componente PC2 explica el 11.7% con las variables de Edad de cafetal, Cosechas, colmenas, Edad de colmenas.

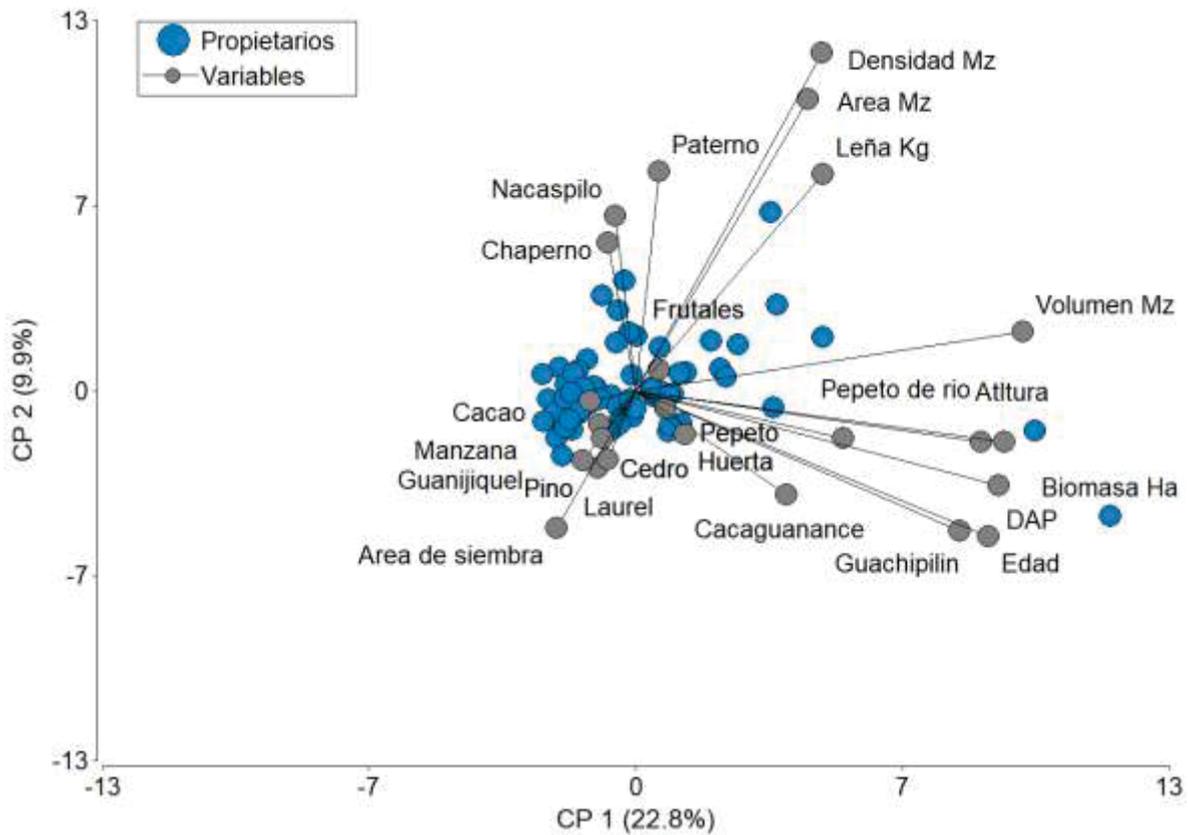


**Figura 3.** Análisis de Componentes Principales de variables de manejo de cafetal de propietarios de cafetales en los municipios de Perquín y Arambala, Morazán.

Según el análisis los datos obtenidos en el ACP (Figura 3), se identifica que los productores con mayor edad de tenencia de cafetal, posee mayor área de cafetal y han presentado mayor rendimiento de café, así como mayor pérdida económica por afectación de roya. También, presentan mayor producción de leña y presentan mayor preferencia por afiliación en asociaciones como cooperativas. Mientras que los productores con menor edad presentan menor producción y afectación por roya, así como su vínculo con asociaciones o cooperativas es menor. Con respecto al manejo de cafetal, los propietarios con mayor tiempo de dedicarse al rubro presentan menor uso de variedades de café, presentan mayor distanciamiento entre los árboles de sombra y sistema de siembra a tres bolillos, también presentan mayor empleo de obras de conservación de suelo, mayor porcentaje de sombra, lo que conlleva a mayor manejo de sus fincas. Mientras que los productores jóvenes, presentan mayor diversificación de variedades de café, menor distanciamiento de árboles de sombra y sistema de siembra a cuadro u otros, también presentan menores obras de conservación de suelo y menor porcentaje de manejo de sombra y del cafetal. Además, se encontró una relación entre la producción de miel a través de técnicas apícolas y la tenencia de bosque en áreas colindantes del cafetal, con una mayor producción y rendimiento del cafetal.

El Análisis Componentes Principales (ACP) para variables forestales, explica un 32.7% de la variación de los datos, mientras que el 67.3% de la variación de los datos no están explicadas (Figura 4), es decir, existen muchas variables que están explicando el comportamiento de los datos que no fueron contempladas en este análisis. El componente PC1 explica el 22.8% de la variación con las variables de Edad de cafetal, Biomasa por hectárea, Volumen de madera, Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), Altura comercial y especies como cacaguanance, guachipilín, pepeto de río, cacao. Mientras que el componente PC2 explica el 9.9% con las variables de Leña, Densidad de árboles por manzana, Distanciamiento de siembra, Área del cafetal y especies como chaperno, pepeto, nacaspilo, manzana rosa, guanijiquil, cedro real, pino, laurel y frutales (mandarina, naranja, limón, mango).

Según los datos obtenidos dentro del ACP (Figura 4) se evidencia que los productores con cafetales más antiguos, posee mayor área de cafetal, árboles con mayor altura comercial, mayor diámetro de árboles de sombra, además, poseen mayor densidad y mayor sistema de siembra de árboles por manzana, mayor producción de leña, mayor volumen y biomasa de madera en árbol en pie. Mientras que los propietarios con menor tiempo de tenencia de cafetal, presenta menor área de cafetal, árboles con menor altura comercial, menor diámetro de árboles de sombra, además, poseen menor densidad y menor sistema de siembra de árboles por manzana, produciendo menor volumen y biomasa de madera en árbol en pie y menor producción de leña. Los cafetales con mayor edad presentan mayor preferencia por árboles longevos como guachipilín, cacaguanance, paterno, pepeto de río, pino, manzana rosa, pepeto y presentan especies de huerta como musáceas (plátano y guineo). Mientras que los cafetales jóvenes presentan especies como cacao, chaperno, guanijiquil, nacaspilo, laurel y cedro. La mayoría de las especies utilizadas y predominantes en las fincas provienen de la familia Fabácea, principalmente del género *Inga*, grupo que están asociado con especies atractivas para polinizadores y fijadoras de nitrógeno (Wink 2013).



**Figura 4.** Análisis de Componentes Principales de variables forestales para datos de propietarios de cafetales en los municipios de Perquín y Arambala, Morazán.

PARQUE CAFETALERO DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA	CAFETALES JÓVENES	CAFETALES ANTIGUOS
	<p>Menor área de cafetal y bosque, menor producción, menor rendimiento, menor pérdida por roya, menor vínculo con asociaciones, menor volumen de madera y leña, menor distanciamiento de árboles de sombra y sistema a cuadro, mayor densidad de árboles por manzana.</p> <p>Mayor uso de variedades de café, menor número de obras de conservación de suelo y menor porcentaje de sombra manejada.</p> <p>Menor manejo y uso de especies de crecimiento rápido como árboles de sombra.</p>	<p>Mayor área de cafetal y bosque, mayor producción, mayor rendimiento, mayor pérdida por roya, mayor vínculo con asociaciones, mayor volumen de madera y leña, mayor distanciamiento de árboles de sombra y sistema a tres bolillos, menor densidad de árboles por manzana.</p> <p>Menor uso de variedades de café, mayor número de obras de conservación de suelo y mayor porcentaje de sombra manejada.</p> <p>Mayor manejo y uso de especies longevas de árboles de sombra y uso de huertas.</p>



de café oro por manzana. El bajo rendimiento de producción posee diferentes causas, sin embargo, el principal factor se atribuye a la roya. Según datos de PROCAFE para el periodo 2012-2013, la producción promedio fue de 4.6 quintales/manzanas. Debido a este declive en el rendimiento de producción, diferentes iniciativas Estatales han surgido para iniciar procesos de renovación de cafetales con especies resistentes a la roya y condiciones extremas de temperatura y precipitación.

En el caso particular de los municipios de Perquín y Arrambla, existe una edad promedio entre 4-5 años en las fincas cafetaleras, categorizados como fincas relativamente jóvenes, cuya producción debería de oscilar entre 18-25 quintales/manzana bajo condiciones normales. Sin embargo, tenemos una disminución de alrededor del 70%-80% de la producción promedio. Aunado a ello, se agregan problemas de falta de asistencia técnica, elaboración de plan de finca, que en la mayoría de los productores no disponen de manera formal, manejando sus cafetales con conocimiento tradicional y en el caso de aquellos productores que, si poseen, no lo utilizan. Otro factor no menos importante es la presencia de roya dentro de la mayoría de los cafetales, según datos obtenidos en campo, un 66% de los propietarios presentaron problemas de roya, por lo que han tomado la decisión de iniciar proceso de renovación de cafetales, disminuyendo drásticamente los rendimientos por el momento, sin embargo, se espera que estas iniciativas tengan un impacto positivo dentro de la producción a mediano plazo.

Debido a que el 80% del café establecido en ambos municipios es la variedad denominado como cuscatleco, es importante considerar que dicha variedad, no es reconocida por su excelencia en tasa de café, sino más bien, por ser una variedad altamente productiva. Debido a la disminución de rendimiento y a los escenarios climáticos desfavorables para la región, la apuesta de los productores debe ser la producción de café de alta calidad y no la producción de café de manera masiva, ya que este contexto, se pierde la posibilidad de vender café de forma diferenciada en el mercado (tasa de excelencia), quedando atados a precios sujetos de bolsa de valor, según mercado internacional. Esto incrementa la vulnerabilidad del sector, ya que los precios de café actuales para ambos municipios, no alcanzan a cubrir los costos de producción desde su recolección hasta su procesamiento, cuyo monto actual oscila \$ 65-70 por quintal, cifra drásticamente inferior a lo establecido en décadas atrás (Flores 2002; Ortiz Ceballos et al. 2004; CEPAL and CAC/SICA 2014).

<p><b>PARQUE CAFETALERO DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA</b></p>  <p><b>4-5 AÑOS</b></p> <p>Edad promedio de cafetales de los municipios de Perquín y Arambala</p>	<p><b>ÁREA</b></p> <p><b>13.62 KM2</b></p> <p>Posee un área de 13.62 Km<sup>2</sup> (1,945.71 Mz o 1,362 Ha). Una muestra de 120 propietarios de finca dentro de los municipios de Perquín y Arambala</p> 	<p><b>PRODUCCIÓN</b></p> <p><b>3.48 QUINTALES</b></p> <p>Producción promedio de café en quintales oro por manzana.</p> 
<p><b>INGRESOS Y EGRESOS PROMEDIOS DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA</b></p>		
<p><b>\$330.60</b></p> <p>Ingreso por ventas de café en oro promedio por manzanas, incluyendo el área del parque cafetalero en el período 2018-2019.</p> 	<p><b>\$66.73</b></p> <p>Costo de producción de quintal de café en oro por manzana para los municipios de Perquín y Arambala en el período 2018-2019.</p>	<p><b>\$95.00</b></p> <p>Precio promedio de venta en oro para 120 propietarios de finca de los municipios de Perquín y Arambala en el período 2018-2019.</p>

### 6.3. SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO: MATERIAS PRIMAS (MADERA, LEÑA), APROVISIONAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO

#### 6.3.1. EMPLEOS GENERADOS A PARTIR DE LA ACTIVIDAD PROPIA DE SECTOR CAFETALERO

El aporte que el sector cafetalero hace a la economía local es significativo, según los datos obtenidos, la cantidad de empleo permanentemente por actividades de mantenimiento de finca es alrededor de 316 personas para las fincas activas evaluadas en este estudio. Es importante resaltar, que dentro de este proceso la cantidad de empleos temporales que se generan, por actividades de corta de café, incluyendo todos los beneficiarios directos e indirectos que son alrededor de 6,153 jornales, esto incluye toda la estructura familiar como parte principal del desarrollo de actividades para ambos municipios. Además, con la generación de esa cantidad de empleos se logra dinamizar la economía de la región de acuerdo con los ingresos por empleos anuales. A esto le sumamos que la mayoría de café que se produce, el 70% es para autoconsumo, eso

equivale a que el 30% de esa producción termina con su último proceso industrial, tostado/molido y empaçado, lo que permite, generar empleos de comercialización de forma regional, logrando ubicar el producto en presentación de venta de media libras y libras en pequeñas tiendas, locales, regionales o municipales.

<p><b>EMPLEOS GENERADOS POR EL PARQUE CAFETALERO DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA</b></p> <p><b>6,153</b></p> <p>Beneficiarios directos e indirectos por empleo generados por el parque cafetalero.</p>  <p><b>1,946</b></p> <p>Beneficiarios dentro la comercialización del producto.</p>	<p><b>EMPLEOS DIRECTOS</b></p>	<p><b>EMPLEOS TEMPORALES</b></p>
	<p><b>316</b></p> <p>Empleos directos para el mantenimiento de 120 fincas del parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala.</p>	<p><b>3,891</b></p> <p>Empleos temporales (jornales) para actividades de cortas de café evaluados en jornales en los municipios de Perquín y Arambala.</p>
	<p></p> <p>Aproximadamente tres empleos son generados por manzana dentro del parque cafetalero para mantenimiento. Este empleo puede ser remunerado o pagado con apoyo entre finquero “pago con trabajo”.</p>	<p><b>\$86,142</b></p> <p>Ingresos valorados en empleos o costos por mano de obra, medidos por jornal o día de trabajo del parque cafetalero dentro de los municipios de Perquín y Arambala en el período 2018-2019.</p>

### 6.3.2. PROPIEDADES DE LOS SUBPRODUCTOS DERIVADOS DEL CAFÉ (PULPA, CASCARILLA)

De acuerdo con los datos obtenidos en ambos municipios existe una producción promedio de café de alrededor de 6,771 quintales de café oro, eso equivale al hacer la relación quintal-oro/pulpa a un promedio de 1,3542.14 quintales de pulpa, cuyo valor en el mercado por quintal oscila entre \$1 hasta \$1.25. Si los productores vendieran este subproducto dentro de un mercado local o regional, estarían recibiendo alrededor de \$ 16,927.68 por toda la producción pulpa, producto de desecho dentro del procesamiento del café.

Por otro lado, según los datos obtenidos en este estudio, la mayoría de los productores aplica la cascarilla y la pulpa al suelo. Esta práctica permite regresar nutrientes al suelo, contribuyendo al fortalecimiento de la plantación y enriquecimiento del suelo. Según algunos autores, se estima que un quintal de pulpa aporta al suelo 10 lb de abono químico “14-3-37” (N-P-K), cuyo precio en agroservicios del quintal de este químico es de aproximadamente \$25.00. Por medio de la aplicación de estos subproductos se logra obtener resultados satisfactorios en función a rehabilitación del ciclaje de nutrientes. Si una manzana de café produce 7 quintales pulpa, esto equivale un máximo de 0.70 quintales de fertilizante (14-3-37”), lo cual es directamente aprovechados por el suelo, esto permitiría un ahorro al productor de \$ 18.00 de consumo anual de su cosecha.

Partiendo de ese dato, es importante analizar que según algunos autores (PASOLAC 2000), hace mención de las bondades y riqueza que aporta el uso de los subproductos del café aplicados al suelo, considerando que para abonar una manzana de café con pulpa, se necesita al menos la producción de 3 manzanas, tomando en cuenta la producción promedio de café de entre 18-25 quintales de café oro por manzana. Por otro lado, según datos se estima que por cada 10 quintales de café oro procesado (50 quintales uva) se está obteniendo un total de 20 quintales de pulpa, eso equivale a la fertilización de 1/3 de la manzana de café. Como parte de los valores analizados, la tabla 2, nos facilita información sobre los resultados de la pulpa en un determinado terreno, además identificamos que los valores de elementos mayores que necesita la planta los tiene en mayor proporción, incluyendo que es un factor de regulación del pH, lo que facilita la actividad microbiológica en la descomposición de materia con mayor rapidez, para ser asimilada por las plantas.

<b>SUBPRODUCTOS DERIVADOS DEL CAFÉ DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA</b>  <b>13,542 qq</b>  Producción total de pulpa en quintales por el parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala, periodo 2018-2019.	<b>7 qq</b>  Producción promedio de pulpa por manzana de los cafetales en los municipios de Perquín y Arambala.	<b>\$9.00</b>  Ingreso potencial por venta de pulpa por manzana para los cafetales de los municipios de Perquín y Arambala.
	<b>\$16,928</b>  Ingreso potencial por pulpa (precio promedio de \$ 1 a \$ 1.25) para los cafetales de los municipios de Perquín y Arambala.	

### 6.3.3. MEDIDAS DE CUBICACIÓN DE LEÑA Y MADERA OBTENIDA DE LAS FINCAS CAFETALERAS

Para este estudio la unidad de medida para el cálculo de la leña proveniente de las fincas cafetaleras se ha considerado la unidad de medida “pante” ya que es una unidad histórica y ampliamente utilizada por los caficultores. Posteriormente, el valor se convirtió a kg para estimar el consumo por familia promedio, cuyo valor de consumo por persona utilizada para este estudio es de 1.5 kg, Finalmente, se obtiene una relación de kg a tm, (toneladas métricas) para estimar la cantidad de leña producidas por los cafetales. Para mayor detalle de las unidades de medición, a continuación, se detalla en la siguiente tabla de conceptos y conversión:

**Tabla 3.** Conceptos y medidas de cubicación de madera y leña empleada dentro de mapeo del servicio ecosistémico de abastecimiento de los municipios de Perquín y Arambala.

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	EQUIVALENCIA Kg	EQUIVALENCIA M³
<b>Manojo</b>	Unidad correspondiente a 5 piezas de leña, con longitud de 1 vara.		
<b>Marca</b>	Volumen de madera con corteza trozada y apilada, siendo sus dimensiones 2 varas de ancho, 2 varas de largo y 1 vara de altura, para un volumen 2,93 m³ equivalente a 1.646 kg.		
<b>Pante</b>	Unidad de medida utilizada por personas trabajadoras de las fincas, para determinar la cantidad de leña por jornal (tarea) cuyas medidas 2 varas de largo X 2 varas alto X 1. Vara = 2.93 m³, equivalente a 1.646 kg.		
<b>Medida estéreo</b>	Unidad de medida para leña y madera aserrada, equivalente a la cantidad de madera que puede apilarse en el espacio de un metro cúbico.		
<b>Metro cúbico (m³)</b>	Una unidad de volumen, y correspondería con el volumen de un cubo de un metro de arista (1 m de ancho x 1 m de largo x 1 m de alto).		

<b>Pante</b>	Unidad de valor equivalente a una Marca cuyas medidas son 2 varas * 2 varas * 1 varas.	1,646	2.93 m <sup>3</sup>
<b>Tercio</b>	Unidad de medida equivalente a un taco de leña, que se forma con un total de 44 rajás de leña pequeña (longitud de 1 vara c/u).	17.42	0.031 m <sup>3</sup>
<b>Camionada</b>	Camión con dimensiones de 5 m largo * 2 m de ancho * 1.8 m de alto, tipo de camión más utilizado para el transporte de leña, con una capacidad de 4.5 tm, cuyo valor transportable real es de 2.5 tm	2,500	10 m <sup>3</sup>
<b>Carretada</b>	Carreta de bueyes carga 1 tm de leña con dimensiones de 1.8 m de largo * 0.80 m de alto * 1.25 m de ancho.	1,000	1.80 m <sup>3</sup>

Es importante detallar que los precios obtenidos en estos resultados es una relación de precios por “pante” en el mercado local, que su valor oscila entre los \$12 a \$ 15, además otro dato relevante en el volumen de madera en pie, de acuerdo al análisis de la muestra obtenida la mayoría de especies predominantes como sombra, pertenecen al género de *Ingas*, las cuales, por ser maderas suaves, no poseen un valor comercial, pero son consideradas para la producción de biomasa de uso en los hogares, por lo cual se realizó el cálculo de cuanta madera/leña se produciría en el parque cafetalero por manzana y sus ingresos totales son bastante representativos. Dentro de las diferentes actividades culturales dentro del parque cafetalero (poda, deshije, descombro), se estimó una producción de 3,714,691.16 kg de leña para todo el parque cafetalero que equivale a \$29,717.53. Dentro de esto, se estima un valor de 1909.17 kg promedio por manzana, que equivale a una producción de \$125 dólares promedio por manzana. Esto equivale ingreso para los productores de café si la leña se vendiera, o un ahorro si este valor se utiliza como autoconsumo, lo cual permitiría utilizar este ingreso en otras actividades dentro de las fincas. Según el mapeo del servicio, no se visualiza ningún patrón espacial, esta distribución corresponde específicamente al manejo de cafetal por cada uno de los propietarios y el valor de producción está relacionado a la cantidad de terreno y densidad de árboles dentro de las fincas cafetaleras (Figura 6).

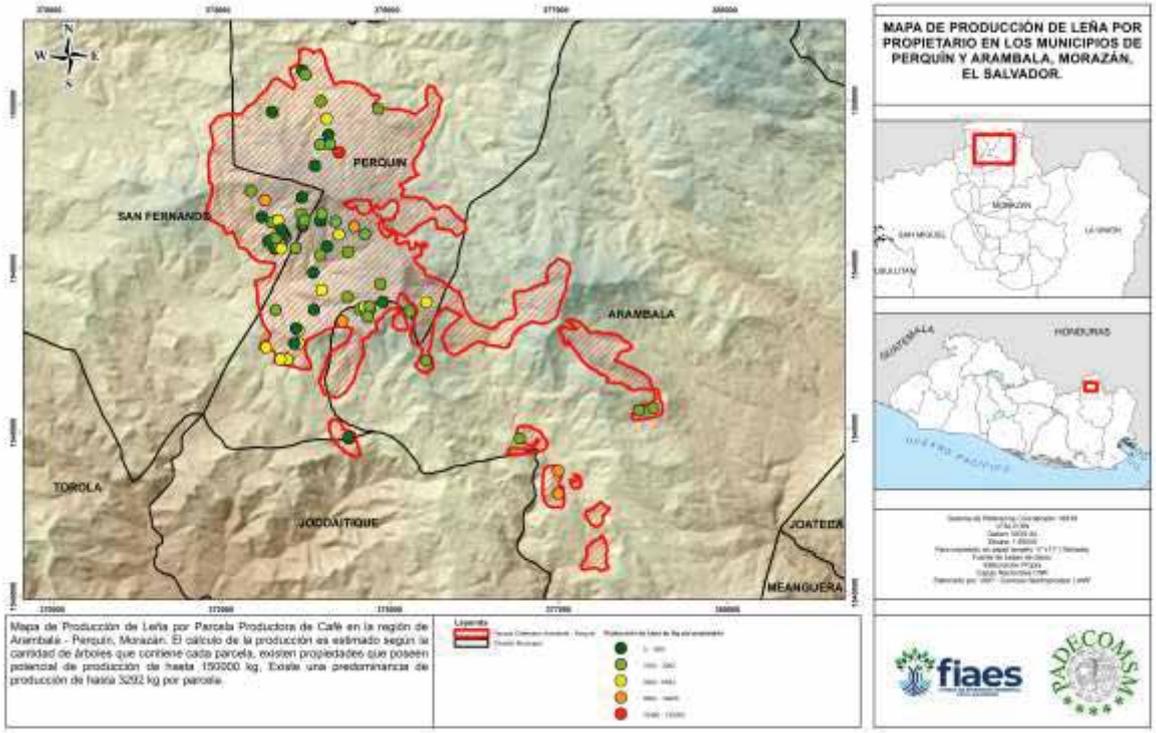
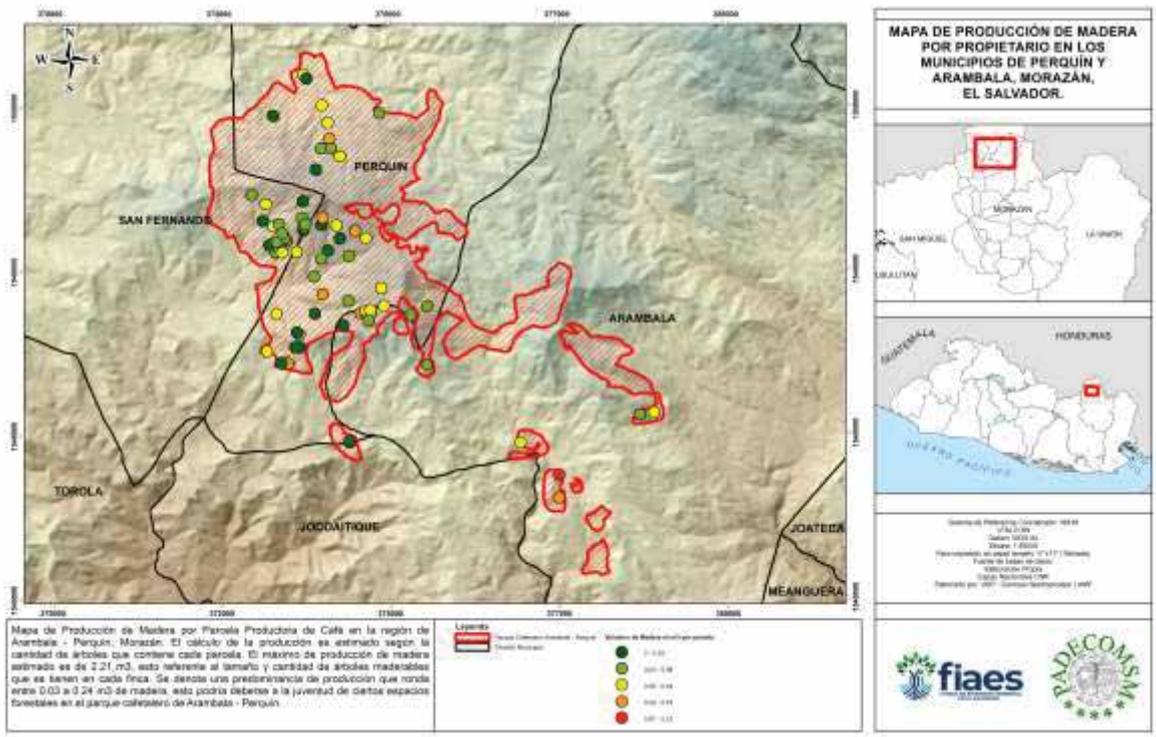
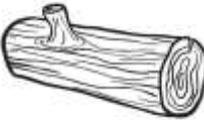


Figura 6. Identificación de producción de leña en fincas del parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala, 2019.

Según datos de volumen de madera estimados, se identificó una producción aproximada de 3,557,069.19 kg de leña para todo el parque cafetalero que equivale a \$28,456.55. Dentro de esto, se estima un ingreso promedio por manzana equivalente a \$125 dólares promedio por manzana. Esto equivale ingreso para los productores de café si la madera se vendiera como leña, ya que, debido a la predominancia de especies del género *Inga*, su madera no es catalogada como madera preciosa o semipreciosa, además, debido a que su sombra es de utilidad del cafetal, es muy probable que no sea de interés para el propietario su consumo. Este monto reflejaría un ahorro si este valor se utiliza como autoconsumo, lo cual permitiría utilizar este ingreso en otras actividades dentro de las fincas. Según el mapeo del servicio, al igual que el mapeo de leña, no se visualiza ningún patrón espacial y su distribución corresponde específicamente al manejo de cafetal por cada uno de los propietarios y el valor de producción está relacionado a la cantidad de terreno y densidad de árboles dentro de las fincas cafetaleras (Figura 7).



**Figura 7.** Identificación de volumen de madera en fincas del parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala, 2019.

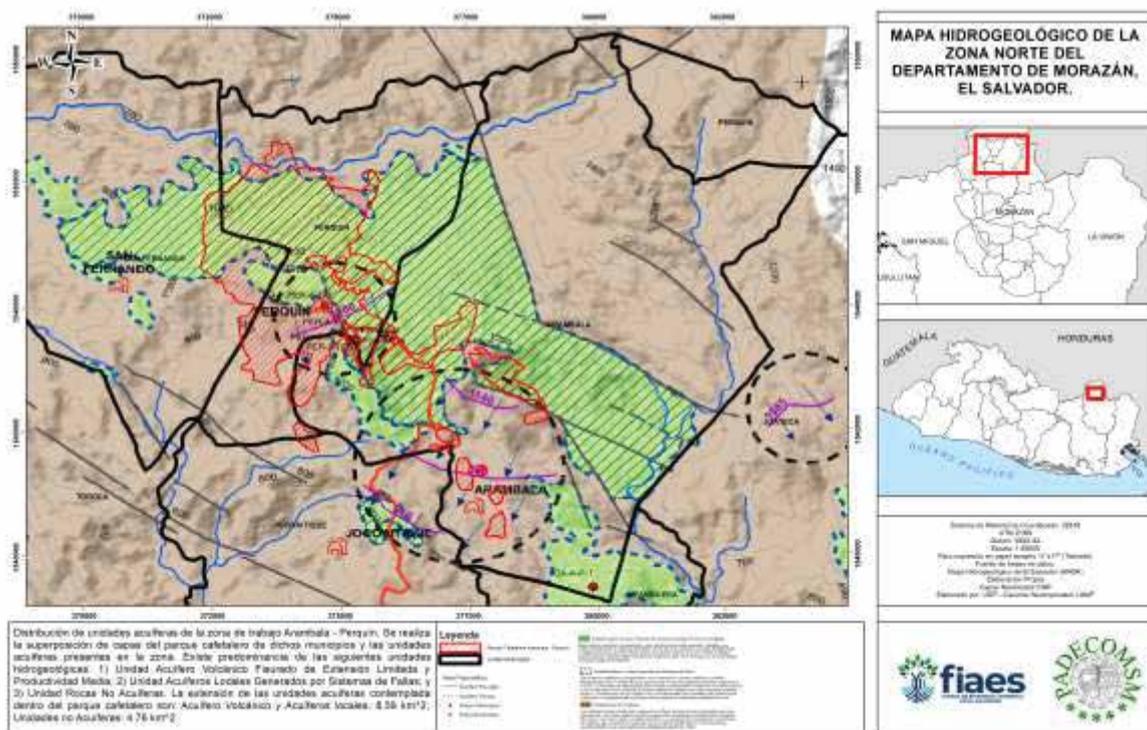
<p><b>MADERA Y LEÑA GENERADOS POR EL PARQUE CAFETALERO DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA</b></p> <p><b>6,153</b></p> <p>Beneficiarios directos e indirectos por empleo generados por el parque cafetalero.</p> 	<p><b>LEÑA</b></p>	<p><b>MADERA</b></p>
	<p><b>3,714,691.16 Kg</b></p> <p>Cantidad total de leña producida por actividades mantenimiento de finca de cafetales en los municipios de Perquín y Arambala, período 2018-2019.</p>	<p><b>3,557,069.19 Kg</b></p> <p>Cantidad madera/leña por árbol en pie (altura comercial) de diferentes especies para el parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala.</p>
	<p><b>1,909.17 Kg</b></p> <p>Cantidad de leña producida por manzana producto del mantenimiento de finca de cafetales en los municipios de Perquín y Arambala, período 2018-2019.</p>	<p><b>\$ 28,456.55</b></p> <p>Ingresos potenciales por leña/madera de árbol en pie de diferentes especies dentro del parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala, período 2018-2019.</p>
	<p><b>\$29,717.53</b></p> <p>Ingresos potenciales por cantidad de leña producida producto del mantenimiento de finca de cafetales en los municipios de Perquín y Arambala, período 2018-2019.</p> <p><b>\$125</b></p> <p>Un año de tambo de gas </p> <p>Ingresos potenciales por cantidad de leña por manzana producto del mantenimiento de finca de cafetales en los municipios de Perquín y Arambala, período 2018-2019.</p>	<p><b>\$125</b></p> <p>Ingresos potenciales por leña/madera de árbol en pie de diferentes especies por manzana en finca de cafetales en los municipios de Perquín y Arambala, período 2018-2019.</p> 

**6.3.4. SERVICIO DE APROVISIONAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO**

En el marco hidrogeológico, se hace la mención de la importancia de las unidades acuíferas que comprenden las regiones cercanas o dentro del parque cafetalero Arambala y Perquín, estas unidades acuíferas son las responsables de aportar agua a los diferentes ríos y quebradas permanentes de la zona, por ejemplo, la Quebrada de Perquín, Río Cañaverales, Río El Calambre, Río El Tumbo, Río Sapo y Río Guaco, todos los anteriores en las cercanías de la zona de influencia del parque cafetalero Arambala y Perquín. Teniendo en cuenta que la distribución de agua potable en la zona es por medio de captación de aguas superficiales, el aporte que generan los acuíferos a las

corrientes superficiales es fundamental para mantener un flujo constante durante las diferentes épocas del año.

Al tratarse de una unidad acuífera de productividad media, la función y beneficio de mantener en buenas condiciones el parque cafetalero y el bosque de coníferas es aumentar y apoyar la facilidad de infiltración en el suelo del agua que precipita. En la región, también se presentan dos acuíferos fracturados locales, los cuales pueden poseer conexión con el acuífero principal de la zona (Figura 8). No se tienen registros de cuánto es el volumen o porcentaje de agua subterránea que aportan los acuíferos, por ese motivo se sugiere profundizar los estudios hidrogeológicos en la zona. De tal forma que permita comprender de mejor manera las diferentes unidades hidrogeológicas presentes en los municipios de la zona Norte de Morazán.



**Figura 8.** Identificación unidades hídricas en suelo en los municipios de Perquín y Arambala y el aporte del parque cafetalero en el servicio de abastecimiento, 2019.

El parque cafetalero aporta en gran medida al ciclo hídrico local, su importancia radica en su ubicación geográfica y no propiamente en el tipo de cobertura forestal. Históricamente, los municipios de Perquín y Arambala poseían en su totalidad áreas predominantes de bosque de pino y roble. Sin embargo, las constantes intervenciones del hombre, incluyendo el período de guerra en la década de los 80, ha generado modificaciones del bosque natural, incluyendo la modificación de bosque para el establecimiento de cultivos. Con el tiempo, actividades productivas como el cultivo de

café se fueron desarrollando e incrementando en la zona, como una medida de desarrollo local, además, posterior a la guerra, la regeneración de los bosques se fue desarrollando bajo una dinámica de intervención por el hombre, por lo que es común encontrar en las cercanías de bosque pino, árboles indicadores de perturbación como el guarumo y árboles no propios de la zona. Aunque en algunas zonas del municipio de Arambala, se han dedicado a la producción de pastizales para ganadería en baja intensidad.

Esto ha favorecido para que el acuífero funcione y permita recargar ríos y quebradas a lo largo del paisaje. Debido a que la unidad acuífera es relativamente pequeña y poco profunda, favorece al agua superficial en la zona y a sostener condiciones de humedad en el ambiente, contribuyendo a generar bienestar humano a través de regulación del clima. Bajo escenarios de aumento de temperatura y disminución de precipitación, es posible que estas fuentes de agua puedan disminuir su rendimiento actual, por lo que es necesario realizar esfuerzos para sostener esta dinámica, disminuyendo la posibilidad de cambio de uso de suelo y promoviendo prácticas de recuperación de áreas degradadas.

Actualmente, los escenarios ambientales del parque cafetalero no son favorables, principalmente para el mediano y pequeño productor (Baca et al. 2014; Hannah et al. 2017). Sin embargo, el bienestar humano producto de la actividad supera por mucho los beneficios económicos del sector. La disponibilidad y la facilidad de retención de agua dentro de los cafetales contribuye en gran medida a la disponibilidad de agua para consumo. Para los municipios de Perquín y Arambala, los sistemas de distribución de agua potable provienen de fuentes externas o aguas superficiales como ríos y quebradas, debido a la poca profundidad del acuífero (10-50 metros de profundidad aproximadamente), la calidad y la disponibilidad de agua no favorece para una extracción masiva por medio de pozos en la zona. Por lo que el servicio que otorgan los sistemas agroforestales en la zona es alto y son prioritarios para generar bienestar humano y las estrategias de conservación del sector deben ir más allá de los fines lucrativos económicos y deben valorarse por los diferentes beneficios que otorga a sus habitantes y a la biodiversidad (Costanza et al. 1997; Daily 1997; Perfecto and Armbrecht 2003; Diaz et al. 2005).

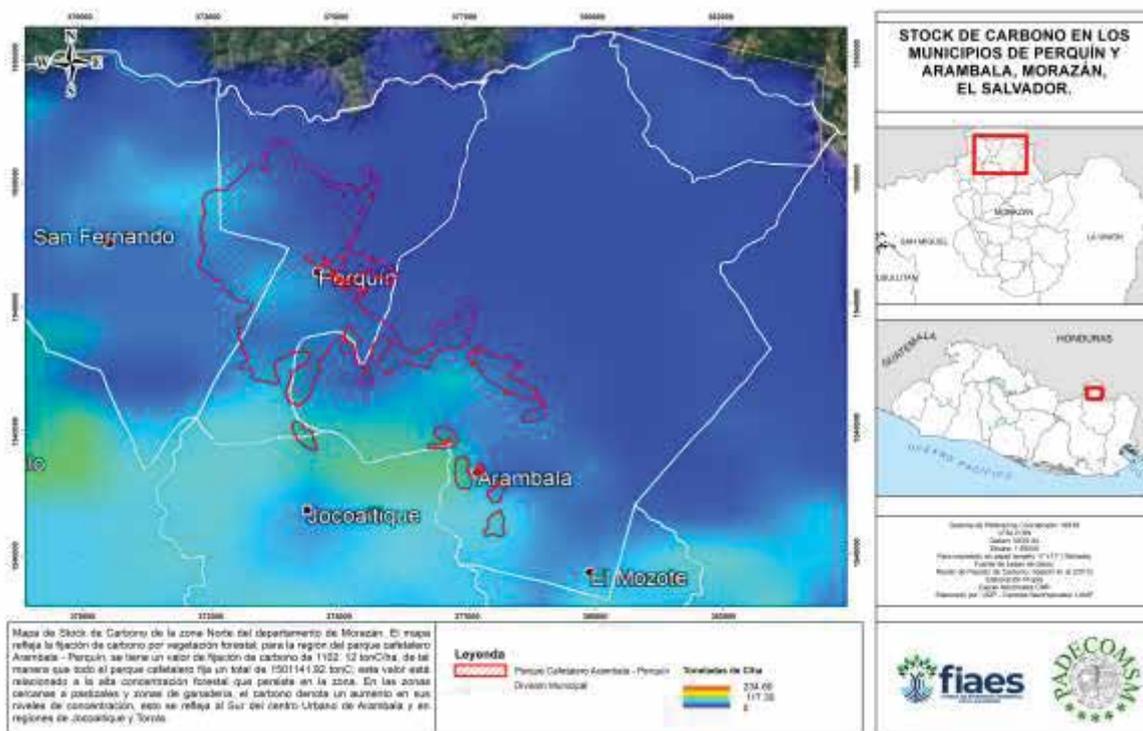
<p><b>SERVICIO DE APROVISIONAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DEL PARQUE CAFETALERO DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA</b></p> <p><b>1,227.15 Mz</b></p> <p>Área de parque cafetalero que está ubicado sobre la unidad (8.59 km<sup>2</sup>) acuífera más importante de la zona.</p> 	<p><b>Beneficios directos</b></p>	<p><b>Beneficios indirectos</b></p>
	 <p>Favorecen la recarga de ríos y quebradas permanentes más importantes de la zona; la Quebrada de Perquín, Río Cañaverales, Río El Calambre, Río Sapo y Río Guaco.</p> <p>Favorece a la realización de actividades recreativas dentro del sector turismo, cuyos beneficios son aprovechado por propietarios aledaños a estas fuentes de agua.</p> <p>5,500 personas aproximadamente según censo 2007, son beneficiadas por la disponibilidad de agua para el consumo, debido a que en la zona el agua de consumo es producto de fuentes superficiales.</p>	<p>Favorece a la disponibilidad de fuentes de agua para fauna, principalmente durante el verano, cuando el agua escasea por falta de lluvia.</p> <p>Favorece a la disponibilidad de fuentes de agua para principales polinizadores de café.</p> <p>Favorece a la regulación del clima, manteniendo condiciones de humedad en el territorio y contribuyendo al ciclo hídrico en la zona.</p> 
<p><b>40%</b></p>	<p>El parque cafetalero aporta aproximadamente el 40% de la recarga hídrica para el principal acuífero dentro de los municipios de Perquín y Arambala. Alrededor del 60% restante lo aporta el bosque secundario y el bosque de conífera.</p>	

#### 6.4. SERVICIO DE REGULACIÓN: SECUESTRO DE CARBONO EN ÁRBOLES DE SOMBRA Y SUELO DEL PARQUE CAFETALERO

##### 6.4.1. CARBONO EN ÁRBOLES DE SOMBRA

Según datos obtenidos en campo se estimó un promedio de 118.23 t MS/ha en biomasa en materia seca de árboles de sombra de las fincas de café de los municipios de Perquín y Arambala. Además, se estimó un promedio de 59.11 tC/ha de carbono almacenado en árboles de sombra en las fincas evaluadas dentro de parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala. Según los datos de nuestro modelo de carbono almacenado sobre la cubierta forestal o carbono sobre el suelo, se estimó un promedio de 45.92 tC/ha y oscila entre 23.46 tC/ha y 58.64 tC/ha. Según nuestro modelo espacial de carbono almacenado sobre el suelo (Figura 9), el bosque de conífera y el bosque secundario aportan relativamente bajo en comparación al parque cafetalero, se almacena aproximadamente entre 23.46 tC/ha y 35.18 tC/ha. Esta diferenciación se

debe principalmente a la homogeneidad del paisaje en función a su diversidad de especies de árboles que dominan el paisaje (especies de género *Pinus*, *Quercus*, *Miconia* en su mayoría regenerado naturalmente) y bosques relativamente jóvenes que no han desarrollado altos volúmenes de madera, mientras que el parque cafetalero, presenta mayor diversidad de especies de árboles que logran almacenar mayor cantidad de carbono dentro de su madera. En comparación a otras regiones cafetaleras de El Salvador (MARN 2018), el aporte del parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala es bajo, y es probable que esto se deba a que son cafetales relativamente jóvenes. Sin embargo, es importante reconocer el aporte del parque cafetalero dentro del paisaje por su diversificación de especies de árboles de sombra.



**Figura 9.** Modelación de carbono sobre suelo en los municipios de Perquín y Arambala y el aporte del parque cafetalero en el servicio de abastecimiento, 2019.

Dentro del contexto de mercado global de venta de carbono, aún no están definidos precios estandarizados, sin embargo, existe un mercado voluntario e iniciativas de diferentes países que han abierto un mercado y establecido un precio local por fijación de carbono. Según el Banco Mundial (2019) los precios voluntarios corporativos oscilan entre los \$1 hasta \$900 USD aproximadamente por tonelada de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, el pacto mundial de las Naciones Unidas a pedido que se adopten un precio interno de carbono de al menos US \$ 100/tCO<sub>2</sub> para 2020. Algunos países de la región han diseñado pago por servicios ecosistémicos en función al secuestro de carbono aéreo en plantaciones forestales, cuyo pago oscila los \$5.00 a 13.00 USD por tonelada, aunque

este sistema no logra ser sostenible todas las iniciativas como tal, un 20% de estos ingresos sostienen dichas iniciativas, mientras que el 80% restante, recae en el propietario de la iniciativa (Ávila et al. 2001; Seppänen 2002). Bajo estos escenarios, teniendo un crecimiento promedio de árboles normal de 5 cm de DAP al año (Basantes Morales 2016) y con diferentes precios conocidos regionalmente, es posible estimar ingresos por fijación de carbono (Tabla 4). Sin embargo, los ingresos potenciales obtenidos son relativamente bajos para los mercados propuestos, por lo que se sugiere identificar o crear mercados locales con precios que puedan generar sostenibilidad a los propietarios o en su defecto, a paliar los efectos de la caída del mercado del café.

**Tabla 4.** Valoración del servicio ambiental del almacenamiento de carbono en los árboles de sombra en sistemas agroforestales de los municipios de Perquín y Arambala.

Valoración del servicio ambiental del almacenamiento de carbono en los árboles de sombra en sistemas agroforestales de los municipios de Perquín y Arambala.					
Edad en años del cafetal	Almacenamiento de carbono arbóreo actual por estrato de edad tC/ha	Almacenamiento de carbono arbóreo por estrato de edad tC/ha promedio anual	Valor (US\$ t C ha <sup>-1</sup> )		
			\$10*	\$5*	\$1.5*
1-3	27.37**	7.51**	75.1	37.55	11.26
4-6	63.65**	5.53**	55.3	27.65	8.29
7-9	113.41**	2.73**	27.3	13.65	4.09
10-50	183.40**	2.06**	20.6	10.3	3.09

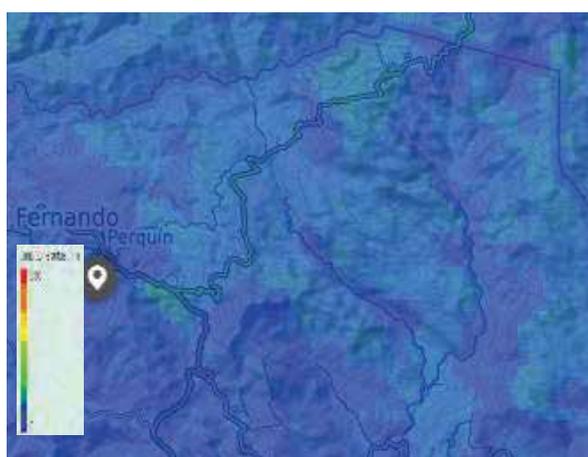
\*Valor por t C/ha almacenado estimado en \$10 en proyectos internacionales, \$5 en proyectos regionales como México, \$1.50 en Costa Rica (Ávila et al. 2001). \*\*Estos son valores hipotéticos de mercado y sobre datos promedios de fincas actuales bajo rendimiento de crecimiento de 0.5 cm al año bajo condiciones normales, la venta de carbono se realiza por la tasa de recambio de las plantaciones, por lo que los valores son menores a lo establecido en este ejemplo.

Es evidente que la fijación de carbono disminuye a medida aumenta los años de establecimiento de la finca, esto se debe, principalmente, a que los cafetales nuevos poseen menores distanciamiento de siembra de los árboles de sombra, mientras que los cafetales con mayor edad poseen mayor distanciamiento de siembra de los árboles de sombra, por tanto, poseen menor densidad de árboles sembrados. Es necesario reconocer que esta valoración es una descripción que parte de datos promedios levantados en campo y a través de encuestas y entrevistas, por lo que se recomienda realizar un estudio a detalle, utilizando valores reales para la zona, producir formulas alométricas correspondientes a las especies locales y establecer parcelas de control permanentes para el monitoreo de los valores de carbono almacenado, tasa de crecimiento y tasa de fijación de carbono para el área de estudio.

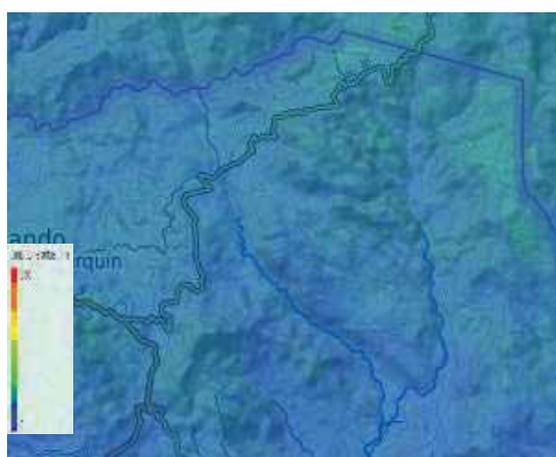
### 6.4.2. CARBONO EN SUELO DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA

El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, ocupando más de 50% del C orgánico de la biosfera (Robert 2001). Según algunas investigaciones, el suelo es un reservorio de carbono y es una fuente de energía y materia prima para muchos procesos biológicos que se llevan a cabo dentro del suelo (Gifford 1994), el carbono en el suelo se presenta tanto en forma orgánica como inorgánica (Jackson and Beltrán 1964) el carbón orgánico tiene la mayoría de su fuente en la vegetación sobre ella, el carbono inorgánico casi nunca se encuentra solo, siempre se encuentra conformando moléculas estables como  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{MgCO}_3$  entre muchas otras (Robert 2001). Las acumulaciones de carbono dentro del suelo tienen diferentes precursores, por ejemplo, la materia orgánica en el suelo (MOS) de origen vegetal o animal que entran en estado de descomposición y se encuentran en la superficie y dentro del perfil del suelo. Aproximadamente, la mayoría del sistema radical de las plantas se encuentra próximas al metro de profundidad, es decir que la mayoría de carbono orgánico en el suelo puede encontrarse entre los 0-1m de profundidad (Arrouays et al. 2014; Hengl et al. 2014; Hengl et al. 2017). Por tanto, se utilizó como medida de estimación de carbono en suelo la profundidad de un metro para el análisis de carbono en suelo en los municipios de Perquín y Arambala (Figura 8).

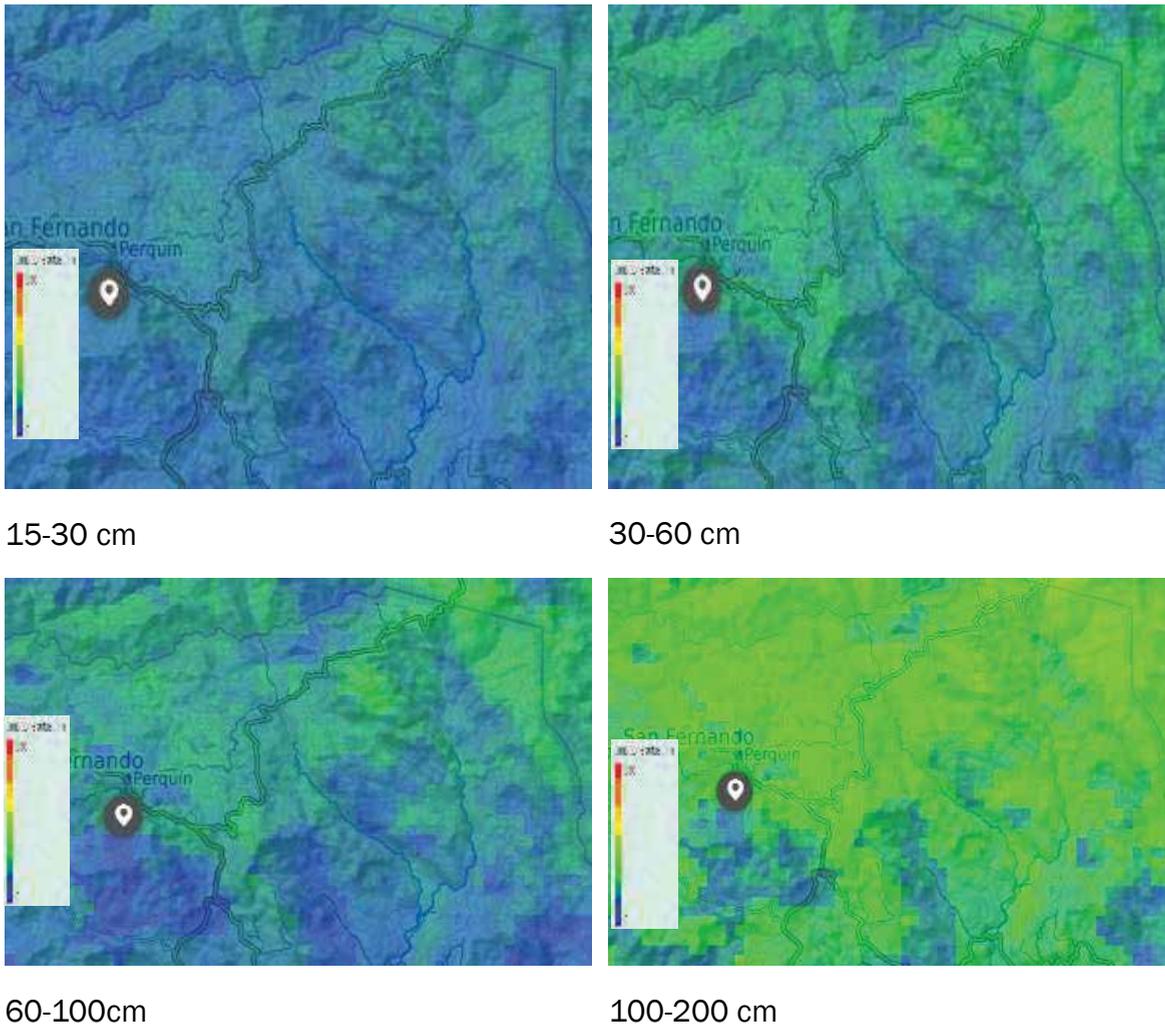
En la figura 10 se puede observar la distribución del almacenamiento del carbono a diferentes profundidades. La cantidad de carbono que se almacena en el suelo tiende a aumentar con la profundidad, esto se debe a que la mayoría de la materia orgánica se acumula sobre las primeras capas superficiales de los horizontes del suelo, mientras que, a mayor profundidad, se reduce en gran medida la posibilidad de que el carbono orgánico pueda ser utilizado por microorganismos o que exista un intercambio directo con la atmosfera, efecto que ocurre en las capas más superficiales.



0-5 cm



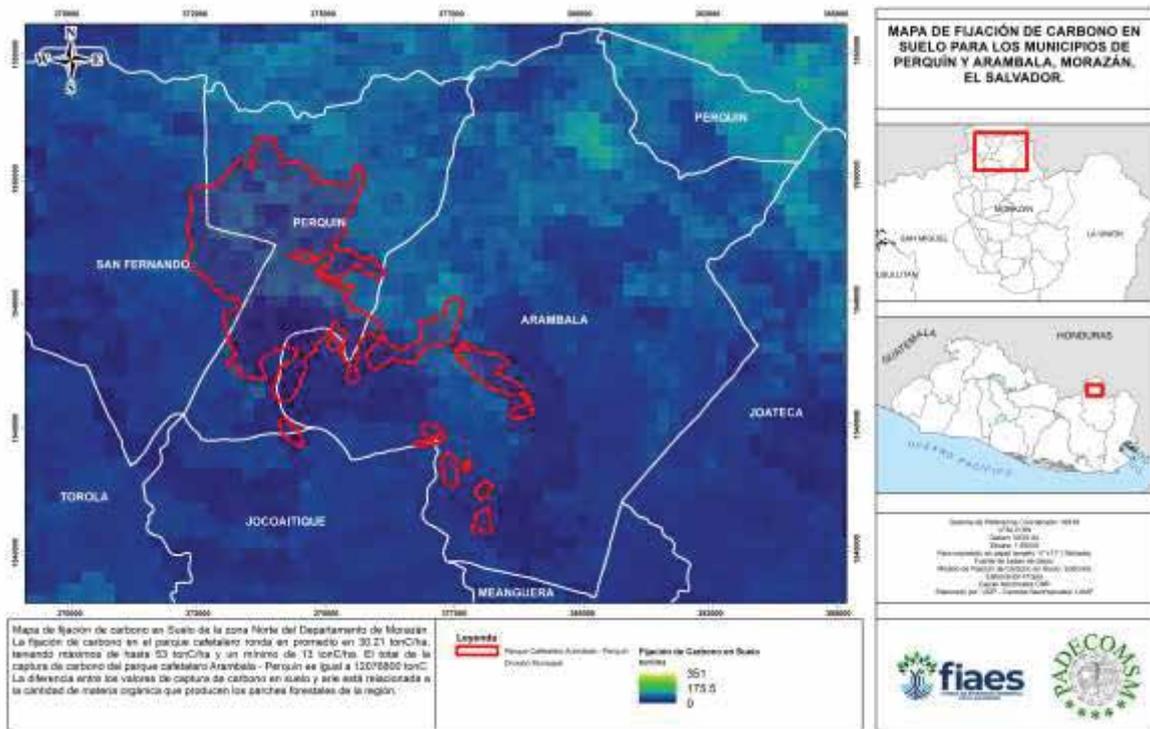
5-15cm



**Figura 10.** Modelación de carbono en suelo a diferentes profundidades para los municipios de Perquín y Arambala, 2019.

Según el modelo de distribución de carbono en suelo a un metro de profundidad, el parque cafetalero de Perquín y Arrambala se estimó aproximadamente 12 millones de toneladas de carbono orgánico almacenado entre los 60-100cm de profundidad, con valores límites de almacenamiento dentro del parque cafetalero de 13 tC/ha hasta 53 tC/ha (Figura 11). Sin embargo, la zona de cafetal no es la zona con mayor capacidad para capturar carbono, dentro del paisaje de ambos municipios, el bosque de conífera contribuye a la mayor fijación de carbono en suelo, esto se debe principalmente por el tipo de suelo predominante en estas zonas, que suelen ser suelos ácidos, cuya capacidad de retención de estos suelos es mayor, con máximos de retención de aproximadamente 85 tC/ha. Otra de las posibles explicaciones es debido a que dichas áreas no presentan zonas de interés para el desarrollo de la agricultura, por tanto, no presentan modificaciones drásticas que permitan liberaciones de carbono a la atmosfera, además, según tipo de suelo, estos suelos presentan alta resistencia a la

erosión, por lo que los factores como el viento, lluvia o efecto de escorrentía no es influyente directamente en la liberación de carbono en dichas regiones.



**Figura 11.** Modelación de carbono en suelo a un metro de profundidad para los municipios de Perquín y Arambala, 2019.

<p><b>CARBONO EN ÁRBOLES DE SOMBRA Y SUELO EN LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA</b></p> <p><b>\$75</b></p> <p>Valor máximo de pago por fijación de carbono sobre suelo de árboles de sombra por hectárea en el parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala. Valor simulado de precios internacionales bajo rendimientos ideales bajo condiciones normales de cafetal de 1 a 3 años de producción.</p>	<p><b>12 millones tC/ha</b></p> <p>Estimación total de carbono en suelo dentro del parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala.</p>	<p><b>59.11 tC/ha</b></p> <p>Estimación promedio de carbono almacenado árboles de sombra en las fincas evaluadas dentro de parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala.</p>
	<p><b>1102.02 tC/ha</b></p> <p>Estimación total de carbono almacenado árboles de sombra en las fincas evaluadas dentro de parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala.</p> <p></p>	

### 6.4.3. PREVENCIÓN DE LA EROSIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

Los municipios de Perquín y Arambala cuentan con una topografía cubierta por dos tipos de suelos; latosoles arcillosos ácidos (LAA) y latosoles arcillosos rojizos (LAR). Si bien, estos dos tipos de suelos son químicamente similares, los latosoles arcillosos ácidos (LAA) presentan una gran resistencia a la erosión e infiltración; las pendientes dentro de ambos municipios oscilan entre  $0^{\circ}$  hasta los  $59^{\circ}$  en las zonas más escarpadas, las cuales se deben a fallas geológicas extendidas a lo largo de ambos municipios. Una de la más notable se encuentra en el municipio de Arambala, la cual se distribuye paralelamente a uno de los afluentes del Río Sapo, conocido como Río Guaco; los tipos de vegetación más comunes en Perquín y Arambala son los pastizales, bosques de coníferas, cafetales, zonas agrícolas temporales y la vegetación arbustiva (MARN 2018). Según datos oficiales (MARN 2010), aproximadamente  $88 \text{ km}^2$  de área de territorio de Perquín y Arambala, en el 2010 se contabilizaron  $11.67 \text{ km}^2$  de área de cafetal siendo aproximadamente un 13.2% del territorio. Durante esta investigación se utilizó el conocimiento técnico y sistemas de información geográfica para contabilizar el área con cafetales dentro de Perquín y Arambala, dicho proceso indicó que el área del parque cafetalero es de aproximadamente  $13.62 \text{ km}^2$ , esto indica un 15.5% del territorio correspondiente al parque cafetalero para ambos municipios.

Adicionalmente, se estimó el aporte del parque cafetalero dentro del servicio de disminución de la erosión del suelo, de los aproximadamente  $88 \text{ km}^2$  de territorio entre Perquín y Arambala, una extensión de  $8.75 \text{ km}^2$  de territorio que tiene pendientes mayores a  $30^{\circ}$  están cubierto por cafetal, es decir que un  $0.75 \text{ km}^2$  de área del parque cafetalero contribuye a disminuir la erosión. Esto representa el 8.6 % de las pendientes con potencial erosivo alto y medio, que se reducen a potencial muy bajo debido a la alta resistencia que presentan los cafetales y sus sistemas de siembra (Figura 12).

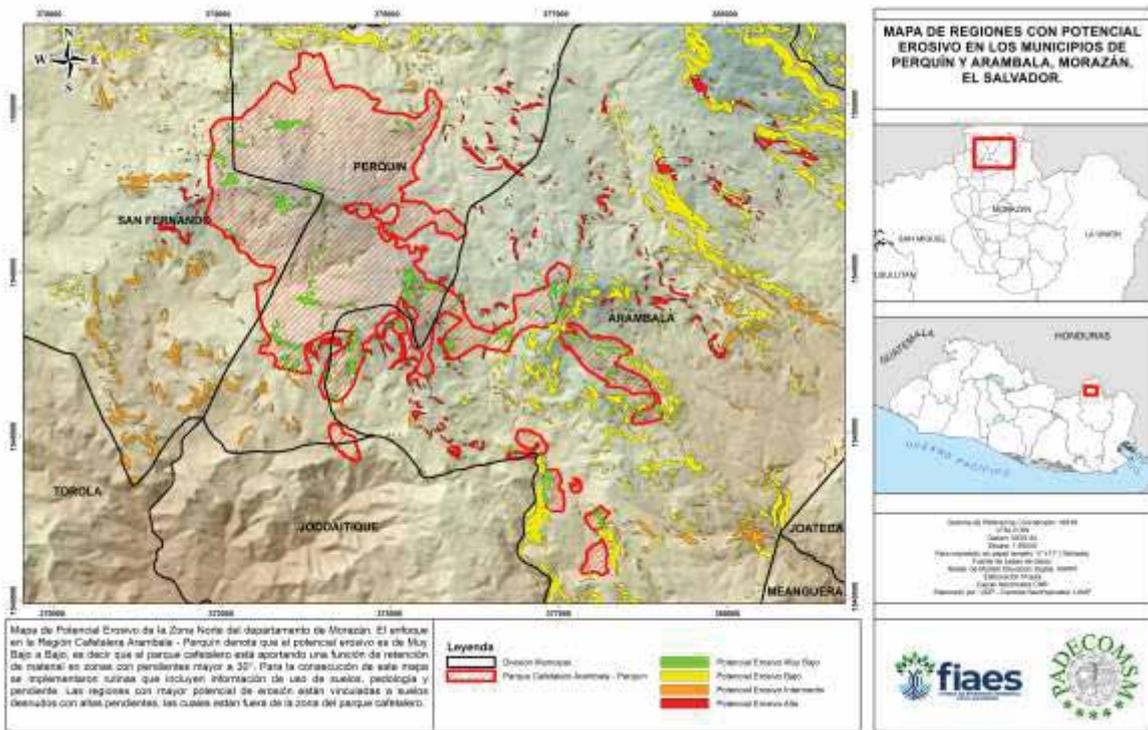
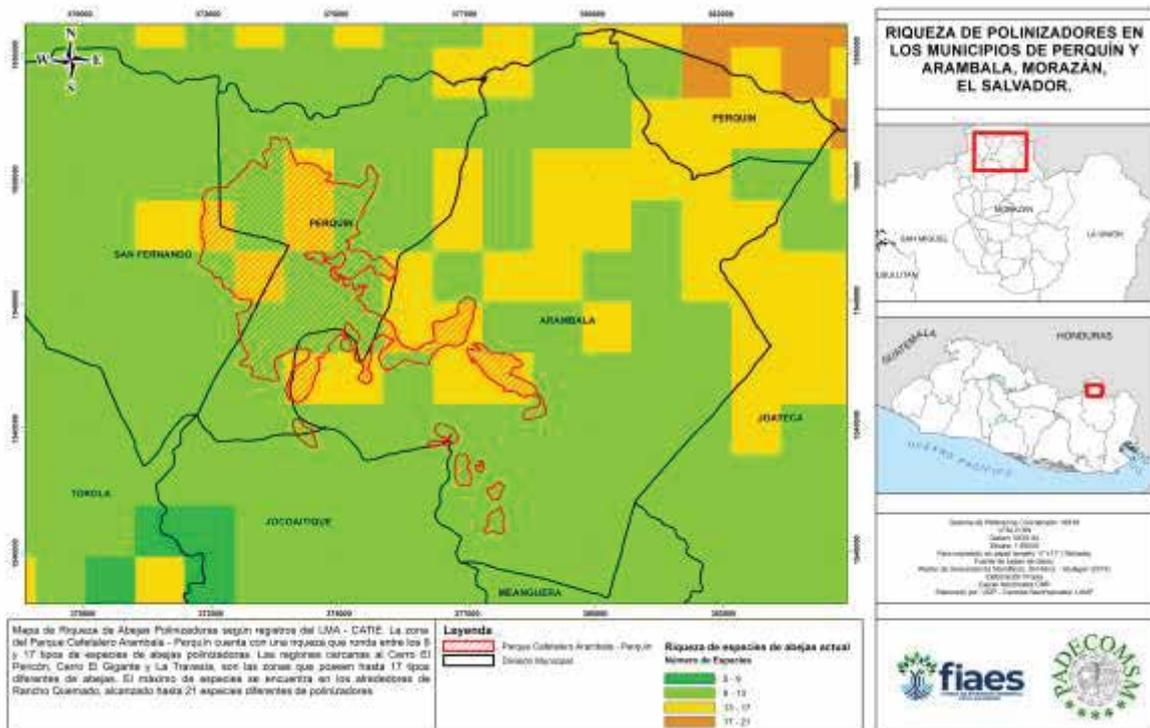


Figura 12. Modelación de potencial de erosión del suelo en los municipios de Perquín y Arambala, 2019.

<p><b>SERVICIO ECOSISTEMICO DE PREVENCIÓN DE LA EROSIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA</b></p> <p><b>9 %</b></p>	<p><b>1,250 Mz</b></p> <p>Aproximadamente 1,250 Mz (8.75 km<sup>2</sup>) tiene pendientes mayores a 30° y presentan potencial alto de erosión del suelo por factores de viento, lluvia y efecto de escorrentía dentro de los municipios de Perquín y Arambala.</p>	<p><b>15.5%</b></p> <p>El parque cafetalero cubre alrededor del 15.5% del territorio de los municipios de Perquín y Arambala.</p> 
<p>El aporte del parque cafetalero para disminuir la erosión del suelo corresponde al 9% aproximadamente dentro de los municipios de Perquín y Arambala, período 2018-2019.</p> 	<p><b>108 Mz</b></p> <p>Un total de 108 Mz aproximadamente están cubierta por cafetales en pendientes superior a los 30°, disminuyendo el riesgo de erosión de suelo por efecto del viento, lluvia y efecto de escorrentía dentro de los municipios de Perquín y Arambala. Esto disminuye la pérdida de nutrientes en el suelo, favoreciendo el ciclaje de nutrientes.</p> 	

## 6.5. SERVICIO ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN

La producción de café apoya diferentes fuentes de ingresos económicos a los productores, cuyo servicio de polinización brindados por las abejas son de suma importancia para el desarrollo de dicha actividad (Imbach et al. 2017). Según los datos modelados demuestran que actualmente el parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala poseen una riqueza de 9 a 17 especies de las 39 especies identificados en la región como las principales polinizadoras de cafetal (Imbach et al. 2017). Al comparar los datos del modelo con zonas de bosque secundario, bosque de coníferas y áreas de potreros, se evidencia una riqueza entre 5 a 13 especies, presentando el parque cafetalero mayor riqueza de polinizadores, principalmente por su diversidad de especies utilizadas para la sombra y el mismo cafetal, que son especies atractantes para los polinizadores por sus flores (Figura 13). Esta diferencia sustancial entre la riqueza de especies polinizadoras radica en la diversidad de especies con flores dentro del paisaje (especies melíferas), por ejemplo, zonas de pastizales no presentan árboles con flores en las densidades que las presenta un cafetal. Por otro lado, el bosque de coníferas no posee especies atractivas para especies polinizadoras, principalmente, porque las especies dominantes son especies del género *Pinus*, especies que no producen flores (gimnospermas).



**Figura 13.** Modelación de riqueza de especies polinizadoras de café para los municipios de Perquín y Arambala, 2019.

Según modelaciones de ocupación y ocurrencia de especies de abeja polinizadoras de café, se espera que en los próximos 30 años se tendrá una disminución drástica de especies polinizadoras de café, para los municipios de Perquín y Arambala, se espera una riqueza para el parque cafetalero entre 5 a 13 especies de las 39 especies polinizadoras exclusivas de cafetales, mientras que dentro de los bosques secundarios, bosques de coníferas y áreas de pastizales, se espera una riqueza entre 2 a 9 especies (Figura 14). Con esta modelación de ocupación se pronostica una disminución drástica entre 3 a 6 especies para el parque cafetalero, mientras que, para los bosques secundarios, bosque de coníferas y áreas de pastizales, se pronostica una disminución entre 9 a 12 especies polinizadoras de cafetales (Figura 15).

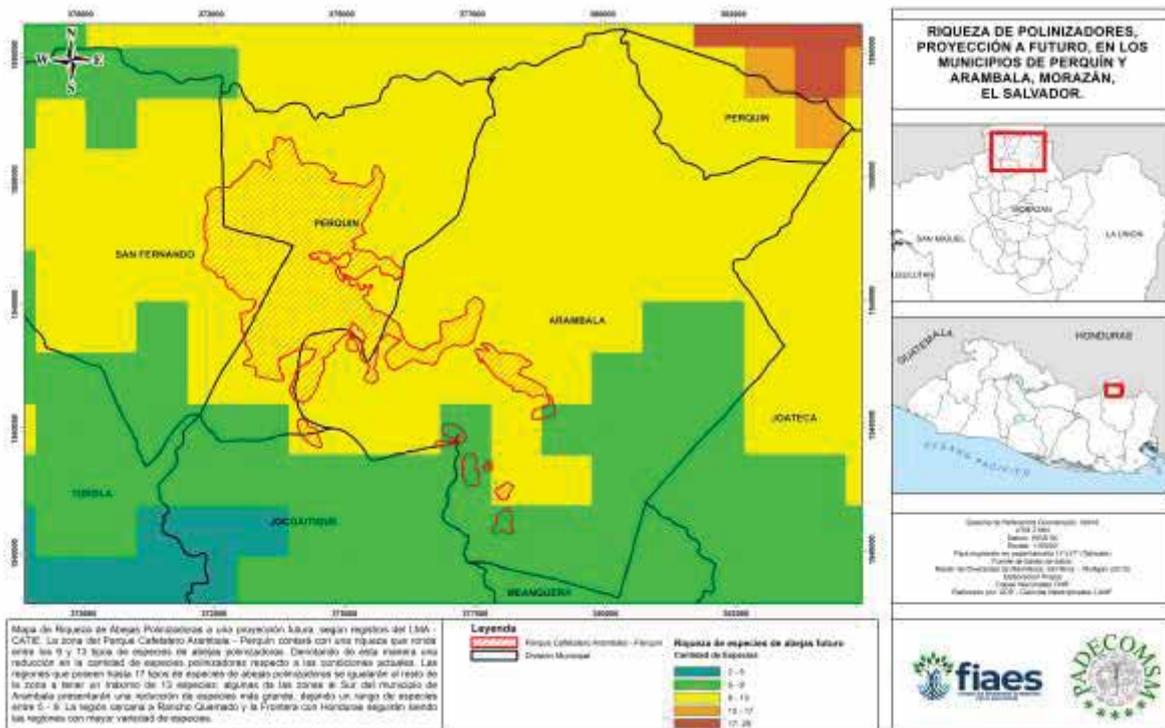
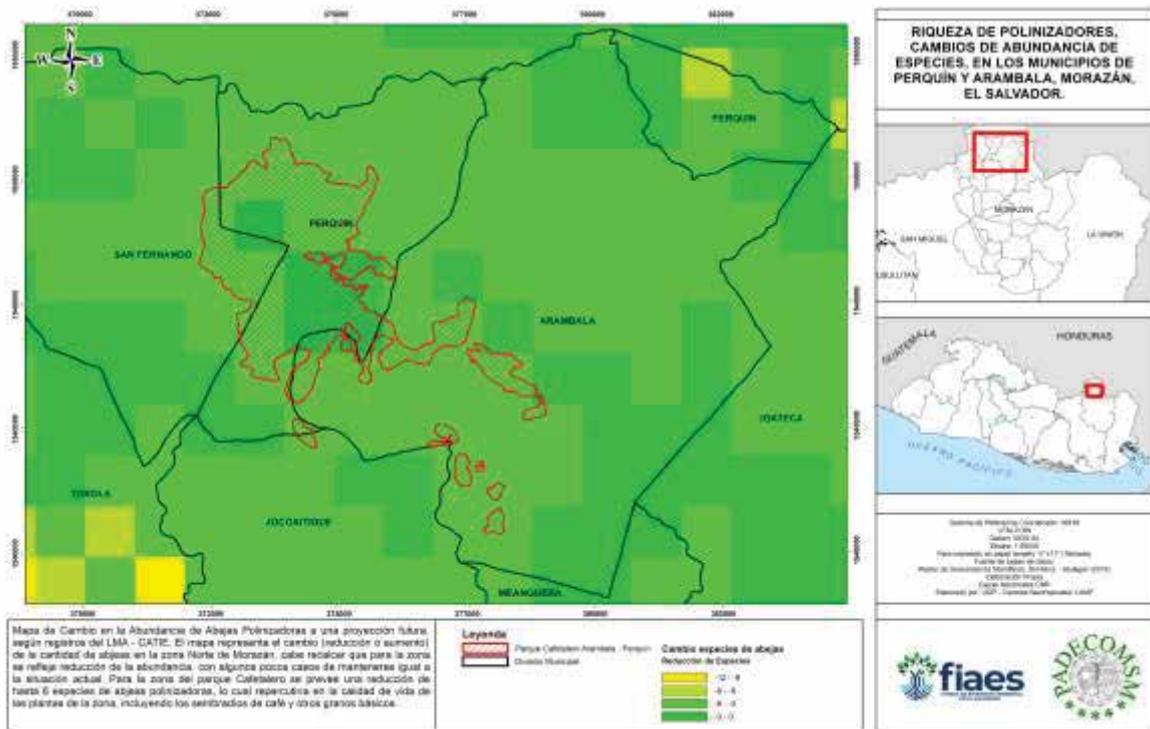


Figura 14. Modelación de riqueza de especies polinizadoras futura (2050) de café para los municipios de Perquín y Arambala, 2019.

Para la identificación del valor de este servicio se utilizó la metodología de valor por reemplazo del servicio ecosistémico, por lo que se analiza el valor del efecto de no presencia de especies polinizadores para el parque cafetalero. Bajo este supuesto, se contempla los costos de polinización de una manzana de cafetal por parte de una cuadrilla de jornales y una persona capacitada o un técnico especialista en polinización. Si el pago por jornal es de \$7.00 por día de trabajo y el técnico especialista se paga entre los \$20.00 y \$25.00 el día de trabajo y se estima que son necesario alrededor de 10 días de trabajo para la polinización de una manzana de café, se obtiene un aproximado de \$500.00 invertidos por manzana para cubrir el servicio ecosistémico brindado por las abejas. Si utilizamos este valor aproximado y queremos ampliar el servicio para el área total del parque cafetalero de ambos municipios, nos da una inversión total de \$972,855.00 por cosecha anual. El uso de especialistas para la polinización de café sería crucial bajo este escenario y bajo este supuesto, debido principalmente a la complejidad de polinización del cafetal, que se considera como polinización cruzada, es decir, el polen de una planta debe polinizar otras plantas y no es posible autopolinización. Estos servicios especializados por personal técnico son realizados en muchas plantaciones de gran interés comercial, por tanto, es falso creer que una plantación puede perder a sus principales polinizadores, ya que existen casos particulares dentro de la región, como por ejemplo el caso de las plantaciones de vainilla en México, donde se utiliza a una persona por cuatro horas para una fila de diez metros

de plantas de vainilla en invernadero, el costo por servicio especializado es alto y oscila entre \$50 a \$60 el día (Com. Per. 2019<sup>2</sup>). Por tanto, es posible suplantar los polinizadores naturales dentro de las plantaciones y obtener resultados similares, sin embargo, los costos son elevados y para el caso del cultivo de café, cuyo precio de mercado es bajo (con tendencia a disminución), es probable que esta posibilidad de suplantar a los polinizadores no sea viable ni factible.



**Figura 15.** Modelación de cambio de riqueza de especies polinizadoras futura (2050) de café para los municipios de Perquín y Arambala, 2019.

Bajo este escenario, es improcedente visualizar una actividad productiva por parte de medianos y pequeños productores. Es importante reconocer que el servicio ecosistémico brindado por las abejas es muy importante para la dinámica productiva de la región, por tanto, las estrategias de conservación de este grupo taxonómico es crucial para los productores de la zona, por lo que se debe impulsar una agricultura amigable con el ambiente, disminuir el uso de insecticidas, evitar contaminar fuentes de aguas cercanas como quebradas o ríos, condición necesaria para el establecimiento de poblaciones de abeja en los cafetales. Además, crear iniciativas productivas de producción de miel dentro de paisajes agroforestales, así mismo, generar condiciones ambientales para la no migración de las poblaciones durante el periodo de no floración del cafetal o diseñar las parcelas con sistemas de siembras de especies con flores para

<sup>2</sup> Rebeca Alicia Menchaca García, Directora del Orquideario UV

aumentar la disposición de alimento para las poblaciones de abejas. Estas estrategias pueden ser diseñadas de bajo costo, disminuyendo los costos de reemplazo del servicio brindado por mano de obra calificada.

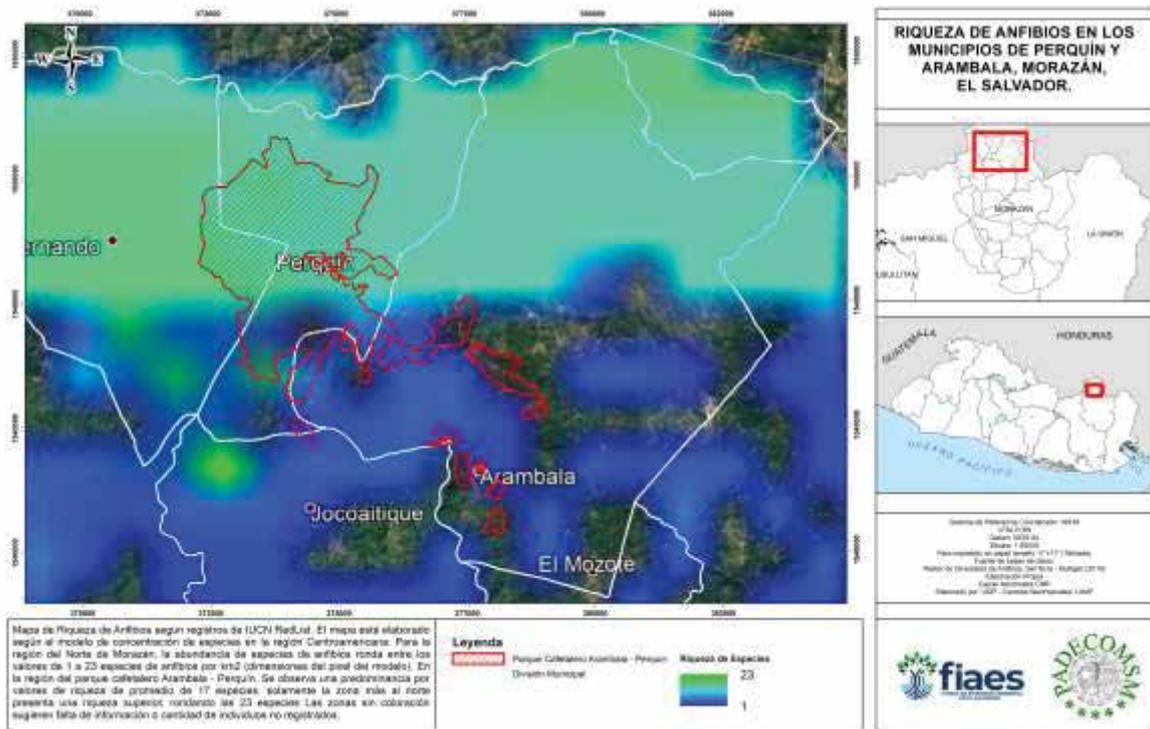
El cambio climático modificará las condiciones favorables para el desarrollo del café, así como afectará las distribuciones de abejas. De acuerdo con los modelos regionales sobre los impactos del cultivo de café en América Latina, la idoneidad del café y la diversidad de especies de abejas se reducirán en más de un tercio de las áreas aptas para el cultivo del café, estas áreas aptas el cultivo, en un futuro cercano, albergarán potencialmente al menos cinco especies de abejas, lo que indica una disminución sustancial del servicio de polinización (Imbach et al. 2017). Estos resultados resaltan la necesidad de estrategias de manejo adaptado a la polinización de las abejas, además de tener en cuenta los diferentes escenarios climáticos y considerar medidas a corto, mediano y largo plazo (Imbach et al. 2017; Lázaro and Tur 2018; Obeso and Herrera 2018; Sosenski and Domínguez 2018).

SERVICIO DE POLINIZACIÓN DEL PARQUE CAFETALERO DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA	ESPECIES A FUTURO 2050	CAMBIO DE ESPECIES 2050
<p><b>17</b> </p> <p>Entre 12 y 17 especies polinizadoras de café están presentes dentro del parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala.</p>	<p><b>13</b> </p> <p>Entre 9 y 13 especies polinizadoras de café estarán presentes dentro de los próximos 30 años en el parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala.</p>	<p><b>9</b> </p> <p>Entre 3 y 9 especies polinizadoras de café se perderán dentro de los próximos 30 años en el parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala.</p>
	<p><b>\$500</b></p> <p>Costos potenciales por servicios de polinización realizada por el hombre (un técnico y cuatro jornales por 10 días) para una manzana de cafetal en los municipios de Perquín y Arambala.</p>	<p><b>\$ 972,855.00</b></p> <p>Costos potenciales por servicios de polinización realizada por el hombre para el total del parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala.</p>

### 6.6. SERVICIO DE APOYO: BIODIVERSIDAD

Dentro del servicio de apoyo, se evaluó la disponibilidad del área como refugio, hábitat o posibilidad de conectividad del parque cafetalero dentro de los municipios de Perquín y Arambala. Dentro de ello, se evaluó la diversidad de especies que albergan dentro de todo el sector, para ello, se evaluó la disponibilidad de hábitat para especies de interés de conservación o por su papel dentro de la polinización. Por tanto, se evaluó la diversidad de aves, mamíferos y anfibios, de estos, el grupo de anfibios es el más vulnerable a nivel global, principalmente por su relación directa con ambientes prístinos o condiciones de calidad de agua elevado.

Dentro de la riqueza de anfibios para el parque cafetalero, según modelos de distribución y ocupación, se estima una riqueza potencial entre 1 a 11 especies de anfibios dentro del parque cafetalero, cuyas regiones con mayor riqueza de 23 especies se ubican en zonas montañosas más al norte del país (Figura 16). En el caso de las aves, se estima una riqueza entre 150 a 200 especies, cuyos valores máximos de riqueza se obtienen colindando el parque cafetalero en la zona sur (Figura 17). Mientras que, en el caso de los mamíferos, se estima una riqueza entre 1 a 80 especies, esto incluye mamíferos pequeños como roedores, murciélagos (polinizadores), mamíferos medianos como cusuco o armadillo, zorrillo, tepezcuintle, cotuza, tacuazín, ardillas y mamíferos grandes como venados, zorra gris, gato zonto, pezote, coyote, entre otros (Figura 18).



**Figura 16.** Modelación de riqueza de especies de anfibios para el parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala, 2019.

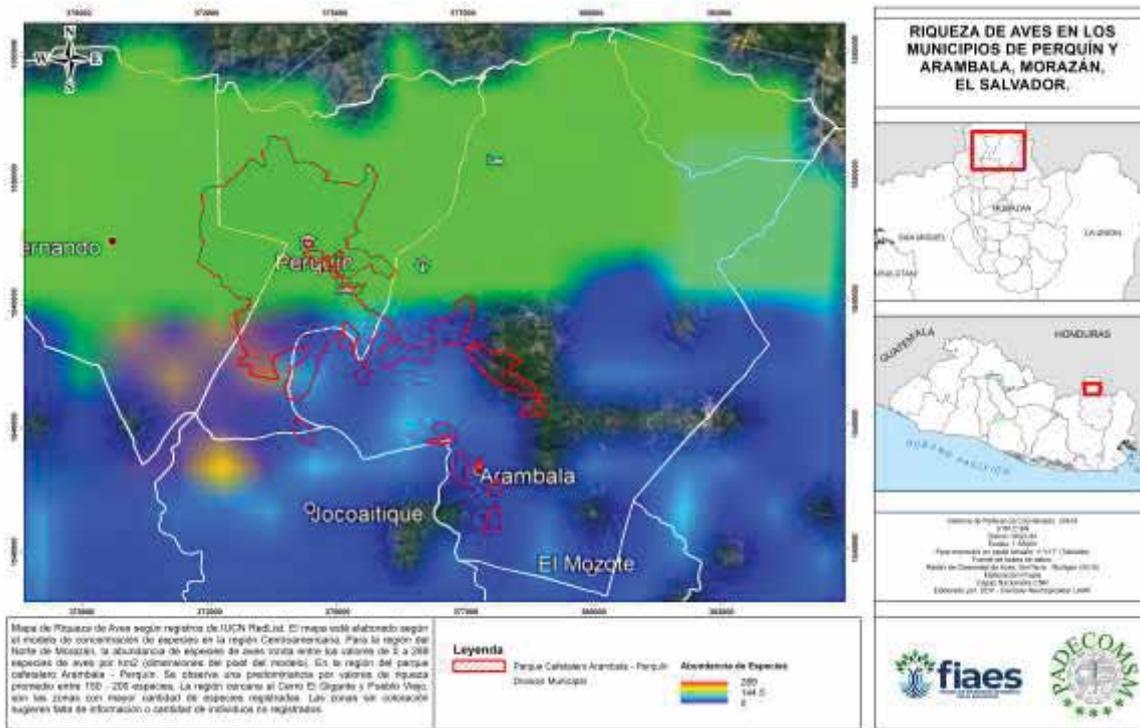


Figura 17. Modelación de riqueza de especies de aves para el parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala, 2019.

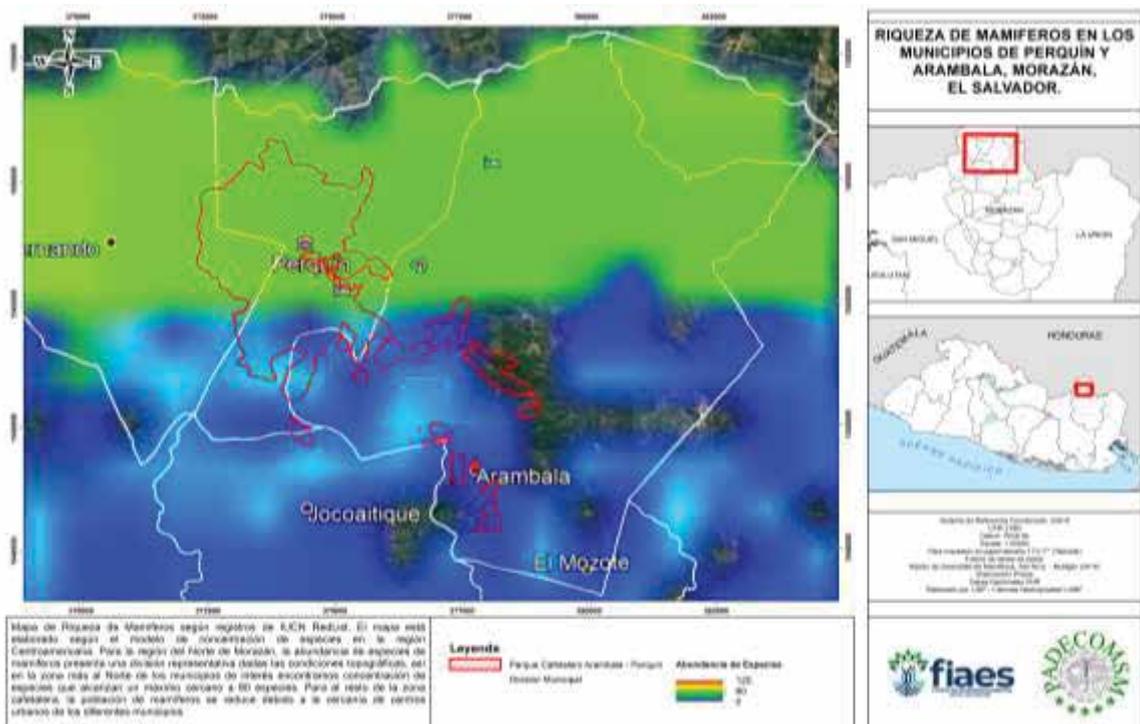


Figura 18. Modelación de riqueza de especies de mamíferos dentro del parque cafetalero dentro de los municipios de Perquín y Arambala, 2019.

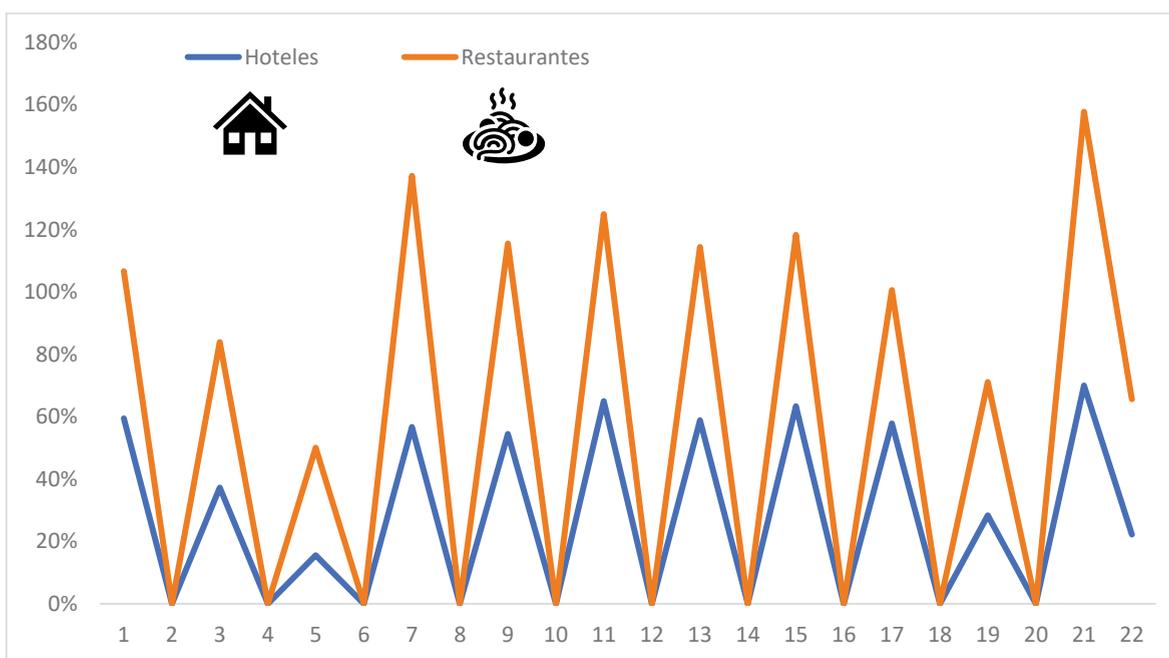
<p><b>SERVICIO DE APOYO DEL PARQUE CAFETALERO DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA</b></p> <p><b>291</b></p> <p>Se estima 291 especies de fauna dentro del parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala.</p>	<p><b>ESPECIES A FUTURO 2050</b></p>	<p><b>CAMBIO DE ESPECIES 2050</b></p>
	<p><b>11</b> </p> <p>Se estima una riqueza de 11 especies de mamíferos para el parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala.</p>	<p><b>200</b> </p> <p>Se estima una riqueza de 200 especies de aves para el parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala.</p>
	<p><b>80</b> </p> <p>Se estima una riqueza de 80 especies de mamíferos para el parque cafetalero de los municipios de Perquín y Arambala.</p>	<p>Muchas de las especies presente en área están en alguna categoría de riesgo según IUCN. Estas especies utilizan el parque cafetalero como hábitat, refugio o sitios de conectividad entre parche de bosque, por tanto, lo sistemas agroforestales cumplen un papel importante para la biodiversidad.</p>

**6.7. SERVICIO DE CULTURAL: ECOTURISMO**

Años posteriores a los Acuerdos de Paz en El Salvador en la década de los noventa, iniciaron procesos de reconstrucción social y económico en los municipios de Perquín y Arambala. Bajo este contexto, surgen iniciativas Estatales para reactivar el turismo nacional e internacional ignorando la “Ruta de Paz” que contempla diferentes municipios del departamento de Morazán (MITUR 2019). Esta principal ruta solo contempla sitios históricos de la guerra civil de la década de los ochenta, como el Museo de Armas en el municipio de Perquín o el sitio histórico del Mozote en el municipio de Arambala, mientras que existen otros atractivos en los municipios de San Fernando, El Rosario, Torola, Meanguera, Cacaopera y Guatajiagua que contemplan aspectos históricos culturales y naturales.

Según datos de CAT-Morazán (Centro de Atención de Turismo), solo el año pasado en las festividades de agosto y diciembre, se obtuvo un ingreso de más de 6,000 personas que visitaron hoteles y restaurantes de los municipios de Perquín y Arambala (Figura 19 y 20). Teniendo mayor auge el atractivo culinario sobre el hospedaje en el territorio. Si bien estas estadísticas solo reflejan dos periodos importantes en la zona norte de Morazán, es notorio que, a lo largo del año, ambos municipios son visitados por muchos extranjeros. En el caso particular de la zona norte de Morazán, principalmente los municipios de Perquín y Arambala, poseen riqueza natural y cultural que resulta interesante para muchos turistas, el Río Sapo, Quebrada de Perquín y los bosques de

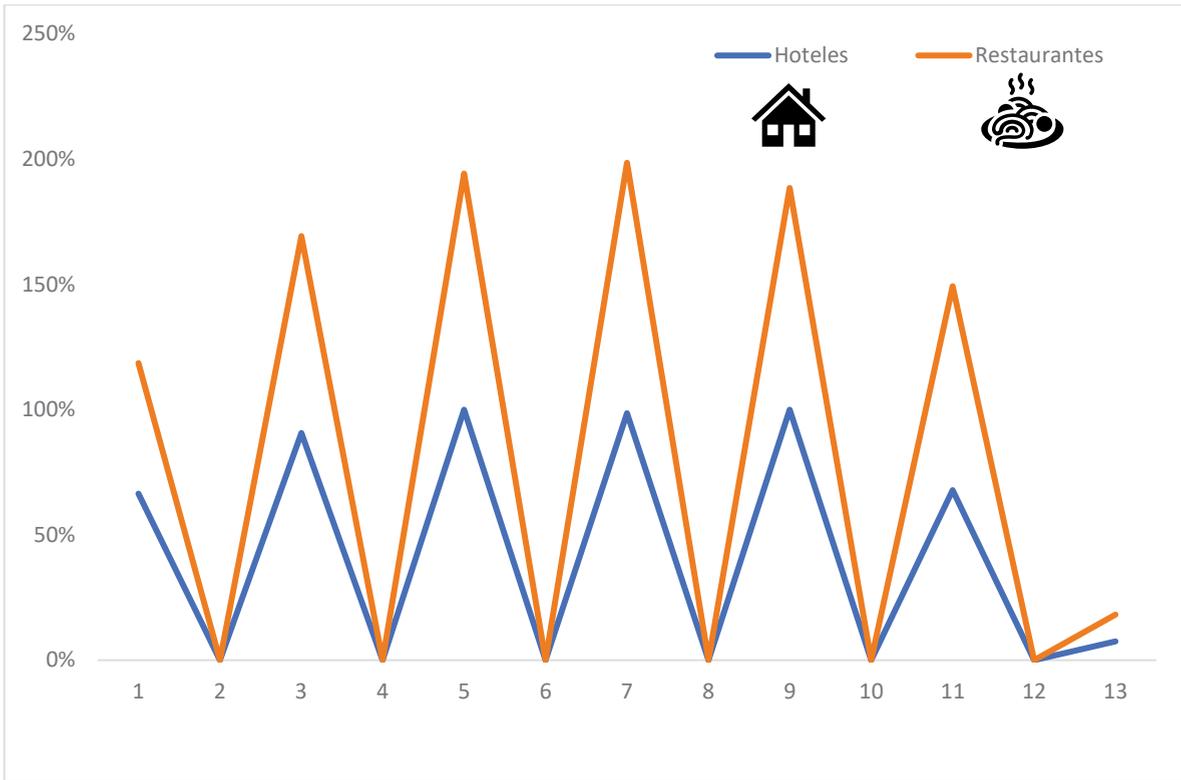
coníferas son el principal atractivo natural en ambos municipios, sin excluir sitios históricos que marcaron la historia en El Salvador, como por ejemplo el Mozote. Según datos de tour operadoras locales<sup>3</sup>, a través del turismo pueden percibir ingresos mensuales entre los \$200.00 a \$500.00 solo en visitas guiadas dentro de temporada alta (periodo vacacional nacional; semana santa, agosto, diciembre y temporada vacacional en el exterior; principalmente entre marzo-junio y diciembre) y temporada regular. Si consideramos que aproximadamente el 30% de los visitantes se hospedan en las festividades de agosto y diciembre, cuyo costo de hospedaje entre la cadena hotelera local oscila entre los \$20.00 hasta los \$50.00, se puede estimar un ingreso aproximado máximo de \$88,1310.00 solo en este rubro. Mientras que consumo en servicios de restaurantes oscila entre los \$2.00 hasta los \$5.00 por plato de comida, estimando un ingreso aproximado máximo de \$20,5639.00. Además, existen cadenas hospedaje de tipo cabañas de lujo dentro del municipio de Perquín, cuyos costos por noche oscila entre los \$100.00 hasta los \$250.00, cuya temporada alta de las festividades de diciembre, obtuvo un lleno total para los días entre el 24 y el 31 de diciembre, esto dejaría un ingreso aproximado de \$2,000.00 solo en una localidad (Com. Pers. 2018<sup>4</sup>).



**Figura 19.** Ingresos de visitantes por los principales atractivos turísticos en los municipios de Perquín y Arambala, período vacacional de diciembre 2018. Datos procedentes de bases de datos oficiales del CAT-Morazán de acuerdo con porcentaje de ocupación de los negocios.

<sup>3</sup> Servicio de tour operados locales disponibles en web.

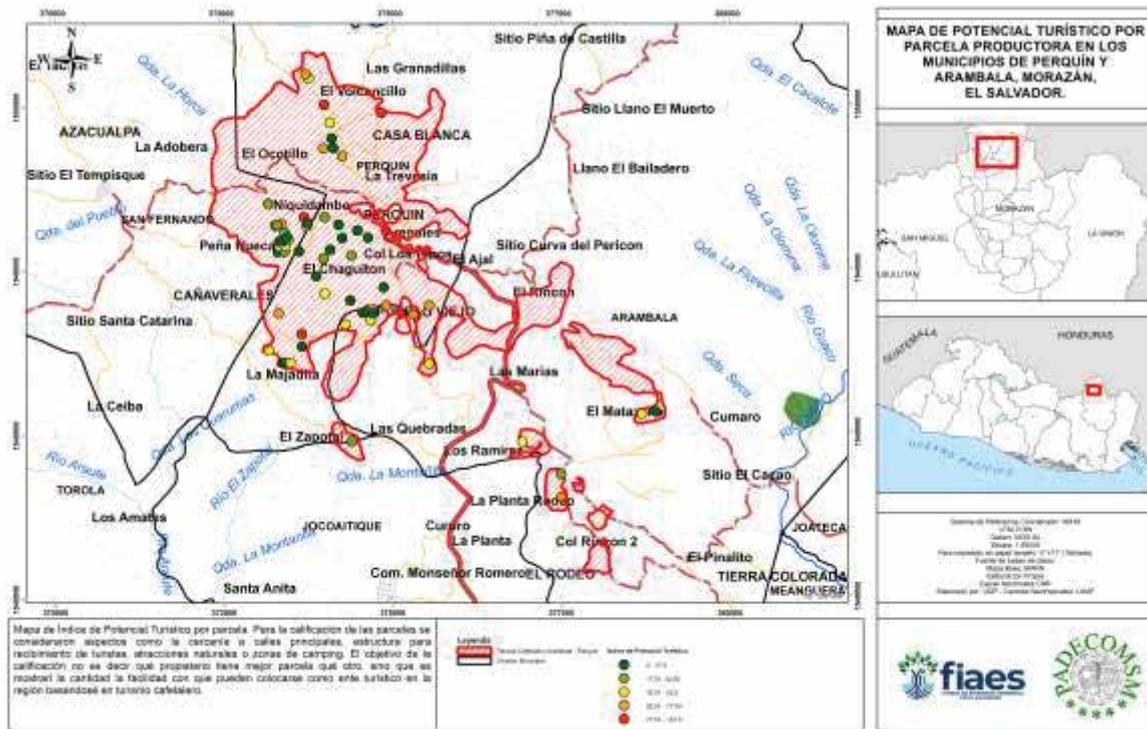
<sup>4</sup> Villa Verde, consulta de precios puede verse en plataformas en línea como Airbnb ([www.airbnb.com](http://www.airbnb.com)).



**Figura 20.** Ingresos de visitantes por los principales atractivos turísticos en los municipios de Perquín y Arambala, período vacacional de agosto 2018. Datos procedentes de bases de datos oficiales del CAT-Morazán de acuerdo con porcentaje de ocupación de los negocios.

Esto en perspectiva a los ingresos que obtienen los productores de café, la actividad del turismo puede ser una posibilidad que debe ser analizada. Por ello, analizamos la potencialidad de los propietarios para desarrollar actividad turística bajo el concepto de ecoturismo o turismo rural. Analizamos aspectos de distancia de carreteras, accesibilidad, servicios básicos (luz y agua), infraestructura (galeras, casa, rancho, etc.) áreas de recepción a público, certificaciones, atractivos turísticos (paisaje, ríos, relictos históricos de guerra o indígenas), área de la propiedad. También evaluamos si ya existen indicios de actividad turística dentro de las fincas o si existe participación de fincas demostrativas para compartir experiencias. Con estas variables se obtuvo un análisis de potencialidad de los productores, estos resultados indican que los propietarios con mayor área de finca usualmente poseen mayor accesibilidad a las fincas y poseen mayores ingresos económicos externos de la caficultura para establecimiento de condiciones infraestructura para recibir público (Figura 21). Además, la mayoría de las fincas que poseen alto puntaje, poseen ubicación atractiva para apreciar el paisaje o proximidad a fuentes de agua, usualmente están ubicados en parte media o alta de las zonas montañosas de ambos municipios. Este análisis no tiene como objetivo discriminar parcelas o fincas cafetaleras, sino más bien, identificar aquellos propietarios

que poseen mejores condiciones para recibir público dentro de sus instalaciones, identificar posibilidades de desarrollar turismo dentro de sus fincas o generar condiciones como infraestructura hotelera (microempresas) teniendo de concepto el café o el manejo tradicional del café.



**Figura 21.** Mapeo de áreas potenciales para el desarrollo de ecoturismo en fincas de café dentro de los municipios de Perquín y Arambala, 2019.

En otros departamentos del país existen rutas turísticas denominadas “Ruta del Café” principalmente en Ahuachapán, Santa Ana y La Paz, esta iniciativa trata de vincular procesos de manejo, producción y consumo de diferentes variedades de café. Esto puede ser retomado a escala local y fomentar atractivos dentro del concepto de la caficultura. Existen iniciativas locales desarrolladas por PADECOMSM como festivales para incentivar el consumo de productos locales. Esta puede ser una línea base que sostenga el apoyo de pequeños emprendimientos de propietarios para desarrollar rutas turísticas que conecten, por ejemplo, cerros de grandes atractivos turístico donde se desarrolla la mayor parte del parque cafetalero en la zona (Cerro El Gigante-Cerro Pericón). Así como fomentar iniciativas o emprendimiento hotelero que permita al turista experimentar las diferentes actividades de la producción y cosecha del café de la mano de sus propietarios. Este componente en muchos países de la región es conocido como turismo rural, donde los turistas pagan por vivir la experiencia local de sus propietarios. Esta actividad puede generar ingresos atractivos a los propietarios y compensar gastos de mantenimiento de las fincas productivas, sin embargo, deben existir condiciones que

apoyen estos emprendimientos como financiamiento o microcréditos para generar un apalancamiento de los propietarios interesados.



**Figura 22.** Festival de café impulsado por PADECOMSM en el municipio de Perquín, diciembre 2018.

La actividad turística debe ser manejada bajo el enfoque del concepto “ecológico” y debe ser utilizado los diferentes servicios ecosistémicos que provee el parque cafetalero como un atractivo turístico. Además, este enfoque permitiría generar cambio positivo en el manejo de los propietarios a un manejo de menor impacto ambiental o excesivo uso de agroquímicos, apoyando la armonía en el ecosistema y generando ingresos económicos proveniente de los atractivos naturales como la biodiversidad de fauna y la preservación de ecosistemas prístinos o de calidad aceptable. Esta iniciativa debe ser ejecutada de la mano de las instituciones ya instaladas en el territorio como las oficinas institucionales del MITUR, programas de apoyo como el fondo que promueve FIAES para la ejecución de proyectos amigables con el medio ambiente a través del PDLS (Plan de Desarrollo Local Sostenible). Esta iniciativa puede generar ingresos similares o superiores a los ingresos por producción anual promedio por cafetal de \$600.00 aproximadamente de acuerdo con los costos de venta del quintal de café y el precio de mercado global. Por tanto, una alternativa viable para el apoyo del sector cafetalero de

los municipios de Perquín y Arambala es el desarrollo del ecoturismo, ya que, con ello, se abre nuevas fuentes de empleos a través de guías turísticos, ventas de artesanías o souvenir local e ingresos directos a los propietarios de fincas de café o considerar cada finca como una estación de visita, donde cada productor puede enseñar un atributo ecológico o un aspecto importante de la producción de café, con ello, se fomenta una participación conjunta del parque cafetalero en ambos municipios.

<p><b>SERVICIO DE CULTURAL EN EL PARQUE CAFETALERO DE LOS MUNICIPIOS DE PERQUÍN Y ARAMBALA</b></p> <p><b>6,000</b></p> <p>Turistas fueron recibidos dentro de los principales restaurantes y hoteles de los municipios de Perquín y Arambala en los periodos vacacional de agosto y diciembre 2018.</p>	<p><b>VENTAJAS DEL SECTOR PARA EL ECOTURISMO</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>El parque cafetalero ubicado en los municipios de Perquín y Arambala poseen atractivos naturales únicos del país que tienen potencial de aprovechamiento para el desarrollo de ecoturismo o turismo rural. Posee un paisaje cubierto de bosques de coníferas, ríos con alta calidad de agua y una biodiversidad única de la zona. Existe potencial para el desarrollo de emprendimiento local basado en los beneficios de los servicios ecosistémicos del parque cafetalero.</p>	<p><b>INGRESOS POTENCIALES POR ECOTURISMO</b></p> <p><b>\$500</b></p> <p>Se estima un ingreso entre \$200 y \$500 mensual por turismo, senderismo y visitas a sitios naturales e históricos dentro de los municipios de Perquín y Arambala.</p> <p>El capital natural puede ser una opción para generar incentivos económicos dentro de la actividad productiva del café, es necesario apoyo, asesoría y financiamiento para nuevos emprendimientos que garanticen la permanencia de los sistemas agroforestales en la zona y disminuir el riesgo de cambio de uso de suelo.</p>
---	---	--



## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio es una aproximación a una descripción de los servicios ecosistémicos que genera el parque cafetalero dentro de los municipios de Perquín y Arambala. Este documento maneja diferentes metodologías para identificar y valorar los servicios ecosistémicos principales dentro de los servicios de abastecimiento, regulación, apoyo y cultural. Una de las principales fuentes de información fue obtenido a través de la participación de aproximadamente 80 propietarios en un total de 120 propiedades entre 1 a 10 Mz de extensión con uso de suelo para siembra de café. Con la ayuda de la participación de propietarios, socios de cooperativas y personas vinculadas a la producción de café, se ha logrado visualizar diferentes beneficios y valorar económica o cualitativamente el bienestar humano que generan el parque cafetalero dentro de los municipios de Perquín y Arambala.

Uno de los principales hallazgos obtenidos, es la identificación de cafetales relativamente jóvenes a lo largo del parque cafetalero, cuyo promedio no supera los 5 años de actividad dentro del territorio. Además, dichos propietarios de cafetales utilizan la producción como una forma de subsistencia o medio de vida familiar, cuyo fin es el autoconsumo y no la comercialización a través de asociaciones como cooperativas. Desde un punto de vista económico, el parque cafetalero presenta problemas de rentabilidad, cuyos ingresos por producción y los costos o precios de ventas han disminuido drásticamente en los últimos años, principalmente han sido afectados por castigos del mercado internacional, efectos ambientales y la disminución de rendimiento por presencia de roya. Bajo una perspectiva de escenarios climáticos, los sistemas agroforestales serán impactados sustancialmente entre 40% a nivel nacional por disminución de la idoneidad de condiciones ambientales para la producción (Hannah et al. 2017), además, se pronostica un declive de los principales polinizadores de café (Imbach et al. 2017), esto en términos de sostenibilidad de la actividad compromete al sector en un estado crítico todo el parque cafetalero nacional. Los municipios de Perquín y Arambala no son ajenos a esta realidad, ya que nuestros resultados demuestran aumentos de temperatura y disminución de precipitación en el área de estudio, además, se pronostica un declive sustancial de polinizadores para los próximos 30 años.

Sin embargo, a pesar de este escenario desfavorable, actualmente los sistemas agroforestales aportan importantes beneficios para ambos municipios. Uno de ellos, es su papel dentro de la infiltración dentro de la principal unidad hídrica para ambos municipios, aproximadamente el 40% del parque cafetalero aporta a la recarga hídrica del principal acuífero y afluentes superficiales de ambos municipios por su ubicación geográfica, es decir, la presencia del parque cafetalero en dichas zonas favorece a la disponibilidad de agua para consumo y regulación del clima, si lo comparamos con otros usos de suelo como potreros o centros urbanos, cuyo efecto es inverso a lo desarrollado por el parque cafetalero. Además, el parque cafetalero apoya en un 9% a la disminución de la erosión del suelo y ciclaje de nutrientes para ambos municipios a lo largo del paisaje, esto es favorable para la sostenibilidad de los cultivos y para la fijación de carbono atmosférico hacia el suelo.

Dentro del servicio del secuestro de carbono sobre el suelo y regulación del clima, el parque cafetalero aporta valores importantes dentro del paisaje, incluso mayores que el bosque natural de coníferas o bosque secundario. Además, fue evidente que áreas no alteradas o labradas por el ser humano dentro del paisaje, presenta mayores valores de carbono orgánico en suelo. Esto sugiere dar un giro en el manejo de los sistemas productivos de la zona, por tanto, una de las medidas a desarrollar debería ser que las instituciones locales inicien cambios en la metodología de producción hacia una agricultura basada en carbono “agricultura de carbono”, esto conlleva a la no labranza y reutilizar el material orgánico de subproducto de los cafetales como parte del ciclaje de nutrientes. Según algunos investigadores, utilizar pequeñas capas de compost o materia orgánica en el suelo, apoya a la fijación de nutrientes (Steiner et al. 2007) y esto favorece a los sistemas productivos, convirtiéndolo a cultivos más resilientes a escenarios extremos como sequías. Mas allá de ahorro económico que puede generar en la disminución de compra de fertilizantes químicos por el uso de subproductos o derivados del café, el aporte de la fijación de carbono como medida de regulación del clima y producción más resiliente al cambio climático, debería ser la prioridad.

Dentro del mercado de secuestro de carbono, se visualizó valores bajos de fijación en la mayoría de los cafetales, por tanto, el potencial de venta es bajo, aunado a ello, no todo el sector está organizado, lo que lo imposibilita a ser beneficiario dentro del mercado voluntario de carbono, cuya normativa generalizada es la participación del sector en un ente organizado (Seeberg-Elverfeldt 2010), además, los valores de tenencia de tierra estrictamente para uso de cafetal, son extremadamente bajos en la mayoría de propietarios, cuyo rango son menores a una manzana hasta 2 manzana por propietario. Dentro de los dos municipios existen al menos dos cooperativas que pueden llenar este vacío y participar como sector organizado, ya que del parque cafetalero en su conjunto es aproximadamente de 1,941.71 Mz, valor que supera incluso el parque cafetalero más próximo en el municipio de Osicala, Cooperativa San Carlos II, cuya área productiva no supera las 1000 Mz. Con la unificación del sector, puede fortalecerse con mayor facilidad iniciativas dentro del mercado de carbono o ajustarse de mejor manera a iniciativas no tan estrictas y de apoyo a medianos y pequeños productores como REDD+, entre otros (Seeberg-Elverfeldt 2010). Si bien, existen experiencias regionales que estos fondos no logran cubrir costos de mantenimiento de propiedades (Ávila et al. 2001; Seppänen 2002), son un aporte que actualmente pasa desapercibido, además de ser un incentivo por sus múltiples servicios ambientales que desempeñan en el paisaje a escala local, regional y global. Es probable emplear una iniciativa local de pagos por servicios ambientales, estrategia que ha sido exitosa en países como Costa Rica, lo que promueve un reconocimiento a los propietarios de finca a través de incentivos económicos, sin embargo, para llevar a cabo dicha iniciativa, se sugiere realizar estudios específicos que evalúen la viabilidad y rentabilidad de la propuesta.

Uno de los subproductos del manejo de finca es el uso de leña por parte de los propietarios, esta actividad es altamente lucrativa en el territorio, ya que existe un mercado potencial o una demanda latente que puede ser aprovechada. Sin embargo, este subproducto es aprovechado directamente por parte de los propietarios, lo que

conlleva a un ahorro no despreciable para los costos de vida local. Por tanto, los cafetales proveen insumos y materias primas para el desarrollo familiar en el territorio, convirtiendo al sector como principal suministro de leña o madera producto del manejo de finca. Desde el punto de vista legal, el manejo de finca está normado y regulado dentro de la ley y apoyado por políticas forestales en el país (MAG 2012), convirtiéndolo en una fuente legal de materia prima, evitando el impacto por extracción dentro de bosques naturales.

El parque cafetalero dentro de su extensión alberga más de 300 especies de fauna, incluyendo insectos polinizadores de café. Estos valores de riqueza son altos si lo comparamos con áreas degradadas como potreros y áreas urbanas. Esta riqueza de especie deja entrever el papel importante de los sistemas agroforestales con la biodiversidad local, que, con buenas prácticas de manejo, favorecen la conservación de recurso genético importante para el país, incluso, sostiene poblaciones que están diezmando dentro de la región, como por ejemplo las poblaciones de anfibios (rana de cristal). Es importante reconocer que las condiciones climáticas están variando y con ello, variarían patrones espaciales de distribución de la biodiversidad o la extinción de muchos de ellos, como el caso de insectos y mamíferos polinizadores, esto conllevará a fuertes impactos dentro de los medios de vida de las familias y productores locales, disminuyendo su rendimiento por falta de polinización en sus cultivos, por lo que las acciones de manejo como disminución de uso de agroquímicos o establecimiento de especies forestales con flores, pueden tener un efecto positivo dentro de dichas poblaciones. Además, recuperación de fuentes de agua, creación de pequeños comederos para polinizadores, pueden generar atractivos para las especies y evitar migraciones masivas dentro del territorio. Por tanto, se sugiere desarrollar proyectos o programas para la rehabilitación del servicio ecosistémico de polinización, incentivar proyectos apícolas dentro de los propietarios de cafetal, crear espacios para el desarrollo de especies nativas de plantas con flores. Estas iniciativas pueden ser por mucho, más económicas que el reemplazo del servicio provisto por la naturaleza.

Bajo escenarios de aumento de temperatura y disminución de precipitación, es posible que estos servicios identificados puedan disminuir su rendimiento actual, por lo que es necesario realizar esfuerzos para sostener esta dinámica, disminuyendo la posibilidad de cambio de uso de suelo y promoviendo prácticas de recuperación de áreas degradadas. Por tanto, recomendamos evitar el cambio de uso de suelo agroforestal por usos que disminuyan cobertura vegetal, fuera de su rentabilidad económica, la sostenibilidad del bienestar humano que actualmente poseen ambos municipios está en riesgo. Por tanto, los diferentes servicios que otorgan los sistemas agroforestales en los municipios de Perquín y Arambala es alto y son prioritarios para generar bienestar humano y las estrategias de conservación del sector deben ir más allá de los fines lucrativos económicos y deben valorarse por los diferentes beneficios que otorga a sus habitantes y a la biodiversidad (Costanza et al. 1997; Daily 1997; Perfecto and Ambrecht 2003; Diaz et al. 2005).

Logramos identificar un potencial del ecoturismo o turismo rural dentro del parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala. Existen casos documentados en la región donde el turismo puede ser un complemento económico importante dentro de los medios de vida de las familias en áreas rurales (Santana et al. 2013). Además, según datos del BID, el turismo ha generado en años atrás en América Latina alrededor de \$32.000 millones de ingresos directos en divisas, lo cual representa el 7,3% de las exportaciones totales y el 59% de la exportación de servicios comerciales (Altés 2006). Es evidente que existe un rubro el cuál ha beneficiado la economía nacional de muchos países de la región. En el caso de El Salvador, los ingresos no son despreciables, cuyos ingresos superan los mil millones de dólares con un crecimiento de 8 % aproximadamente con respecto al año 2017 (CORSATUR 2019). Sin embargo, este sector debe enfrentarse a muchos retos para generar condiciones para un incremento mayor cada año, principalmente, debe confrontar temáticas como de seguridad o delincuencia. A pesar de ello, los municipios de Perquín y Arambala poseen condiciones favorables para el desarrollo del turismo por sus bajos índices de delincuencia, además, posee un capital natural único para el país, un ecosistema de pino-roble con alta biodiversidad, ríos con buena calidad ambiental del agua, que lo posiciona como uno de los sitios con alto potencial turístico.

El turismo, visto desde un enfoque de apoyo económico a la actividad cafetalera, es posible. Muchos de los propietarios poseen condiciones favorables para emprender en nuevas alternativas que generen ingresos económicos y sostengan o contribuyan a mantener la actividad productiva en la zona. Su principal atractivo son los diferentes servicios ecosistémicos que provee el parque cafetalero para el bienestar humano en la zona, su contribución a la conservación de aguas superficiales, la capacidad de albergar fauna en la zona y la dinámica cultural del manejo de café son un atractivo que puede impulsar un nuevo enfoque de turismo en la zona, un turismo enfocado en la sostenibilidad ambiental. Existe una tendencia generalizada a incentivar el turismo como una actividad que aumenta los ingresos económicos y fomenta la conservación del medio ambiente (Kieffer 2018). Por tanto, es necesario no descartar esta posibilidad como una alternativa de apalancar el sector cafetalero en la zona, por lo que deben existir condiciones que apoyen estos emprendimientos como financiamiento o microcréditos para generar un apalancamiento de los propietarios interesados.

Es necesario apoyar a los propietarios a embarcarse en nuevas iniciativas económicas en la línea de producción amigable con el ambiente y generar capacidades para iniciar nuevos emprendimientos. Además, es necesario capacitar a nuevos microempresarios en tema de publicidad y mercadeo, nuevas tendencias globales de turismo, de manera que posean herramientas para apalancar sus esfuerzos y generar condiciones favorables para sostener la actividad productiva de café y sostener el turismo como un derivado de dicha actividad. Con ello, no solo se apoya los medios de vida locales, a su vez, se apoya la conservación de los recursos naturales y sus múltiples servicios ecosistémicos, sosteniendo los niveles de bienestar humano actuales en la zona y generando condiciones favorables para sostener la económica familiar a través de adaptación a nuevas actividades productivas ante posibles cambios ambientales que podrían complicar la productividad de los sistemas agroforestales. Por tanto, el turismo es una alternativa viable dentro del territorio como una fuente potencial de ingresos que apoyen al parque cafetalero en los municipios de Perquín y Arambala.

## 8. CRONOGRAMA

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD		PERIODO									Avance	Acumulado	Presupuesto
		SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9			
Presentado y aprobado plan de trabajo (30%)	P	45.00%	55.00%								100.0%	30.00%	30.00%
	R	45.00%	55.00%								100.0%	30.00%	30.00%
Revisión de literatura y bases de datos de línea base entregada por PA-DECOMSM	P	15.00%	15.00%								30.0%		
	R	15.00%	15.00%								30.0%		
Elaboración de plan de trabajo	P	30.00%	30.00%								60.0%		
	R	30.00%	30.00%								60.0%		
Entrega de plan de trabajo	P	0.00%	10.00%								10.0%		
	R	0.00%	10.00%								10.0%		
Avance intermedio de la consultoría (30%)	P			25.0%	25.0%	25.0%	25.0%				100.0%	30.00%	30.00%
	R			25.00%	25.00%	25.00%	25.00%				100.0%	30.00%	30.00%
Realizar una delimitación y mapeo del área de intervención auxiliándose recursos de sistemas de información geográfica.	P			3.57%	3.57%	3.57%	0.00%				10.7%		
	R			3.57%	3.57%	3.57%	0.00%				10.7%		
Identificar los actores locales con quienes trabajará estrechamente.	P			3.57%	3.57%	3.57%	0.00%				10.7%		
	R			3.57%	3.57%	3.57%	0.00%				10.7%		
Hacer recorridos in situ del área en estudio.	P			3.57%	3.57%	3.57%	0.00%				10.7%		
	R			3.57%	3.57%	3.57%	0.00%				10.7%		
Realizar entrevistas y encuestas georreferenciadas para la colecta de información.	P			3.57%	3.57%	3.57%	0.00%				10.7%		
	R			3.57%	3.57%	3.57%	0.00%				10.7%		
Consultar información secundaria de diferentes fuentes que contribuyan a sustentar los resultados y metodología definida.	P			3.57%	3.57%	3.57%	0.00%				10.7%		
	R			3.57%	3.57%	3.57%	0.00%				10.7%		
Realizar las mediciones correspondientes cuando así lo requiera algunos de los indicadores.	P			3.57%	3.57%	3.57%	0.00%				10.7%		
	R			3.57%	3.57%	3.57%	0.00%				10.7%		
Organizar o participar en reuniones del equipo de	P			3.57%	3.57%	3.57%	0.00%				10.7%		

seguimiento cuando así las partes lo consideren pertinente.	R			3.57%	3.57%	3.57%	0.00%				10.7%		
Presentación de informe de avance.	P			0.00%	0.00%	0.00%	25.00%				25.0%		
	R			0.00%	0.00%	0.00%	25.00%				25.0%		
<b>Informe Final (40%)</b>	P							25.00%	25.00%	50.00%	100.0%	40.00%	40.00%
	R							25.00%	25.00%	50.00%	100.0%	40.00%	40.00%
Presentar informe final.	P							25.00%	25.00%	50.00%	75.0%		
	R							25.00%	25.00%	50.00%	75.0%		
Realizar una jornada de capacitación para al menos 25 personas sobre los resultados obtenidos.	P									50.00%	50.0%		
	R									50.00%	50.0%		
<b>Avance General</b>											100.0%	100.00%	100.00%

P=Propuesto; R: Realizado; Este apartado se identifica el 100% de avance para la presente planificación de trabajo de la consultoría.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Altés C (2006) El turismo en América Latina y el Caribe y la experiencia del BID. Inter-American Development Bank, pp.
- Arrouays D, Grundy MG, Hartemink AE, Hempel JW, Heuvelink GB, Hong SY, Lagacherie P, Lelyk G, McBratney AB, McKenzie NJ (2014) GlobalSoilMap: Toward a fine-resolution global grid of soil properties. *Advances in agronomy*. Elsevier, 93-134
- Ávila G, Jiménez F, Beer J, Gómez M, Ibrahim M (2001) Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 8: 32-35.
- Baca M, Läderach P, Hagggar J, Schroth G, Ovalle O (2014) An integrated framework for assessing vulnerability to climate change and developing adaptation strategies for coffee growing families in Mesoamerica. *PloS one* 9: e88463.
- Balvanera P (2012) Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Revista Ecosistemas* 21: 1-2.
- Balvanera P, Cotler H (2007) Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta ecológica*.
- Basantés Morales ER (2016) Silvicultura y fisiología vegetal aplicada. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, pp.
- Boyd J, Banzhaf S (2007) What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* 63: 616-626.
- Bustamante MdP, Ochoa E (2014) Guía práctica para la valoración de servicios ecosistémicos en Madre de Dios. 1-63 pp.
- Cadman T (2019) The United Nations Framework Convention on Climate Change. *The Palgrave Handbook of Contemporary International Political Economy*. Springer, 359-375
- Castellanos EJ, Quilo Coronado AE, Mato Amboage R (2010) Metodología para la estimación del contenido de carbono en bosques y sistemas agroforestales en Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala (Guatemala) CARE, Guatemala (Guatemala), 48 pp.
- CEPAL, CAC/SICA (2014) Impactos potenciales del cambio climático sobre el café en Centroamérica. CEPAL, México, 1-131 pp.
- CORSATUR (2019) Turismo en El Salvador. <http://www.corsatur.gob.sv/turismo-deja-salvador-1478-071-millones-2017-la-cifra-mas-alta-los-ultimos-35-anos/>. Accessed on: 28-01-2019.
- Costanza R (1992) *Ecological economics: the science and management of sustainability*. Columbia University Press, pp.
- Costanza R, d'Arge R, De Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253.

- Crespin SJ, Simonetti JA (2015) Predicting ecosystem collapse: spatial factors that influence risks to tropical ecosystems. *Austral Ecology* 40: 492-501.
- Crespin SJ, Simonetti JA (2016) Loss of ecosystem services and the decapitalization of nature in El Salvador. *Ecosystem Services* 17: 5-13.
- Chazdon RL (2014) *Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation*. University of Chicago Press, pp.
- Daily G (1997) Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. *Nature* 388: 529.
- Daily GC, Söderqvist T, Aniyar S, Arrow K, Dasgupta P, Ehrlich PR, Folke C, Jansson A, Jansson B-O, Kautsky N (2000) The value of nature and the nature of value. *Science* 289: 395-396.
- Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarini M, Gonzalez L, Tablada M, Robledo C (2011) InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina Available from <http://www.infostat.com.ar>.
- Diaz S, Chapin III FS, Potts S (2005) Biodiversity Regulation of Ecosystem Services.
- Elith J, Graham CH, Anderson RP, Dudík M, Ferrier S, Guisan A, Hijmans RJ, Huettmann F, Leathwick JR, Lehmann A (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2019a) Acción mundial de la FAO sobre servicios de polinización para una agricultura sostenible. <http://www.fao.org/pollination/es/>. Accessed on: 9-1-2019.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2019b) Servicios ecosistémicos y biodiversidad. <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>. Accessed on: 8-1-2019.
- Flores M (2002) Centroamérica: El impacto de la caída de los precios del café. United Nations Publications, 1-77 pp.
- Gifford R (1994) The global carbon cycle: a viewpoint on the missing sink. *Functional Plant Biology* 21: 1-15.
- González H, Locatelli B, Imbach Bartol PA, Vignola R, Pérez CJ, Vaast P (2007) Identificación de bosques y sistemas agroforestales proveedores de servicios ecosistémicos para el sector agua potable en Nicaragua. Identification of forests and agroforestry systems important suppliers of ecosystems services important for the water potable sector in Nicaragua. *Recursos Naturales y Ambiente* 51-52: 33-39.
- Goodland R, Daly H (1996) Environmental sustainability: universal and non-negotiable. *Ecological applications* 6: 1002-1017.
- Hamburg SP (2000) Simple rules for measuring changes in ecosystem carbon in forestry-offset projects. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 5: 25-37.
- Hamrick K, Gallant M (2017) *Unlocking Potential State of the Voluntary Carbon Markets 2017*. Forest Trends' Ecosystem Marketplace, Washington, DC, 1-52 pp.

- Hannah L, Donatti CI, Harvey CA, Alfaro E, Rodriguez DA, Bouroncle C, Castellanos E, Diaz F, Fung E, Hidalgo HG (2017) Regional modeling of climate change impacts on smallholder agriculture and ecosystems in Central America. *Climatic Change* 141: 29-45.
- Harrison PA, Dunford R, Barton DN, Kelemen E, Martín-López B, Norton L, Termansen M, Saarikoski H, Hendriks K, Gómez-Baggethun E (2018) Selecting methods for ecosystem service assessment: A decision tree approach. *Ecosystem Services* 29: 481-498.
- Hengl T, de Jesus JM, Heuvelink GB, Gonzalez MR, Kilibarda M, Blagotić A, Shangguan W, Wright MN, Geng X, Bauer-Marschallinger B (2017) SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PloS one* 12: e0169748.
- Hengl T, de Jesus JM, MacMillan RA, Batjes NH, Heuvelink GB, Ribeiro E, Samuel-Rosa A, Kempen B, Leenaars JG, Walsh MG (2014) SoilGrids1km—global soil information based on automated mapping. *PloS one* 9: e105992.
- Hidalgo H, Alfaro E, Quesada-Montano B (2017) Observed (1970–1999) climate variability in Central America using a high-resolution meteorological dataset with implication to climate change studies. *Climatic Change* 141: 13-28.
- Imbach P, Fung E, Hannah L, Navarro-Racines CE, Roubik DW, Ricketts TH, Harvey CA, Donatti CI, Läderach P, Locatelli B (2017) Coupling of pollination services and coffee suitability under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114: 10438-10442.
- IPCC (2018) Summary for Policymakers In: V. Masson-Delmotte PZ, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (Ed) *Global warming of 15 °C An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 15 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 1-32
- Jackson ML, Beltrán J (1964) *Análisis químico de suelos*. Omega Barcelona, pp.
- Kieffer M (2018) Conceptos claves para el estudio del Turismo Rural Comunitario. *El Periplo Sustentable: revista de turismo, desarrollo y competitividad*: 8-43.
- Klein A-M, Vaissiere BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences* 274: 303.
- Lázaro A, Tur C (2018) Los cambios de uso del suelo como responsables del declive de polinizadores. *Revista Ecosistemas* 27: 23-33.
- Lomas PL, Martín B, Louit C, Montoya D, Montes C, Álvarez S (2005) *Guía práctica para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas*. Ulzama Digital, Madrid, España, 1-76 pp.

- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2010) Mapa de uso de suelo de El Salvador. MARN, San Salvador, El Salvador, 1 pp.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2018) Inventario Nacional Forestal de El Salvador. MARN, San Salvador, El Salvador, 426 pp.
- MEA (Millenium Ecosystem Assessment W, DC) (2005) Ecosystems and human well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute. Washington 1-137 pp.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (MAG) (2012) Política Forestal para El Salvador 2011-2030. 1-26 pp.
- Ministerio de Turismo de El Salvador (MITUR) (2019) Ruta de Paz. <http://www.mitur.gob.sv/ruta-de-la-paz/>. Accessed on: 24-01-2019.
- Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) (2006) Informe del estado actual del medio ambiente en El Salvador. MARN, El Salvador, 176 pp.
- Montero-Castaño A, Calviño-Cancela M, Rojas-Nossa S, De la Rúa P, Arbetman M, Morales CL (2018) Invasiones biológicas y pérdida de polinizadores. *Revista Ecosistemas* 27: 42-51.
- Montes C (2007) Del desarrollo sostenible a los servicios de los ecosistemas. *Revista Ecosistemas* 16: 1-3.
- Mulligan M (2019) SimTerra: A consistent global gridded database of environmental properties for spatial modelling. Accessed on: 14-1-2019.
- Nantongo M, Vatn A (2019) Estimating Transaction Costs of REDD+. *Ecological Economics* 156: 1-11.
- Obeso JR, Herrera JM (2018) Polinizadores y cambio climático. *Revista Ecosistemas* 27: 52-59.
- Ordoñez Y, Andrade H, Quirós D, Venegas G (2012) 3. Dasimetría y cubicación de la madera. *Producción de madera*: 27.
- Ortiz Ceballos G, Mendoza V, de la Cruz M, Briseño M, Alfonso M, Ojeda Ramírez MM, Trujillo Ortega L (2004) Análisis comparativo de la producción-demanda del café en el mercado internacional (1980-2003). *Interciencia* 29: 621-625.
- PASOLAC (2000) Guía Técnica de Conservación de Suelos y Agua. PASOLAC, San Salvador, El Salvador, 139-141 pp.
- Pearson T, Walker S, Brown S (2005) Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects. 1-64 pp.
- Peh KS-H, Balmford A, Bradbury RB, Brown C, Butchart SH, Hughes FM, Stattersfield A, Thomas DH, Walpole M, Bayliss J (2013) TESSA: a toolkit for rapid assessment of ecosystem services at sites of biodiversity conservation importance. *Ecosystem Services* 5: 51-57.
- Perfecto I, Armbrecht I (2003) The coffee agroecosystem in the Neotropics: combining ecological and economic goals. In: Vandermeer JH (Ed) *Tropical agroecosystems*. CRC Press, United States of America, 159-194
- Robert M (2001) Soil carbon sequestration for improved land management. Roma, IT: FAO, pp.

- Rodríguez-Larramendi LA, Guevara-Hernández F, Reyes-Muro L, Ovando-Cruz J, Nahed-Toral J, Prado-López M, Saldaña C, Alejandra R (2016) Estimación de biomasa y carbono almacenado en bosques comunitarios de la región Frailesca de Chiapas, México. *Revista mexicana de ciencias forestales* 7: 77-94.
- Rubin E, De Coninck H (2005) IPCC special report on carbon dioxide capture and storage. UK: Cambridge University Press TNO (2004): Cost Curves for CO2 Storage, Part 2: 14.
- Ruesch A, Gibbs H (2008) New global biomass carbon map for the year 2000 based on IPCC Tier-1 methodology. Oak Ridge National Laboratory's Carbon Dioxide Information Analysis Center: Oak Ridge, USA Available online from the Carbon Dioxide Information Analysis Center, URL: <http://cdiacornlgov>.
- Saatchi SS, Harris NL, Brown S, Lefsky M, Mitchard ET, Salas W, Zutta BR, Buermann W, Lewis SL, Hagen S (2011) Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108: 9899-9904.
- Santana R, Salvatierra Izaba B, Parra Vázquez MR, Arce Ibarra AM (2013) Aporte económico del ecoturismo a las estrategias de vida de grupos domésticos de la Península de Yucatán, México. *Pasos Revista de Turismo y Patrimonio Cultural* 11.
- Seeberg-Elverfeldt C (2010) Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor.
- Seppänen P (2002) Secuestro de carbono a través de plantaciones de eucalipto en el trópico húmedo. *Foresta veracruzana* 4: 51-58.
- Shangguan W, Hengl T, de Jesus JM, Yuan H, Dai Y (2017) Mapping the global depth to bedrock for land surface modeling. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems* 9: 65-88.
- Sosenski P, Domínguez CA (2018) El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista mexicana de biodiversidad* 89: 961 - 970.
- Steiner C, Teixeira WG, Lehmann J, Nehls T, de Macêdo JLV, Blum WE, Zech W (2007) Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and Soil* 291: 275-290.
- Suazo GB, Rajo SC (1997) El problema fronterizo entre Honduras y El Salvador. P Bovin (ed), *Las Fronteras del Istmo Fronteras y Sociedades entre el Sur de México y América Central*, CIESAS, Centro Francés de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, Mexico, Paris: 193-199.
- Tanabe K, Wagner F (2003) Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa, Japan Available at: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucfhtm>.

- Teytelboym A (2019) Natural capital market design. *Oxford Review of Economic Policy* 35: 138-161.
- TWB (The World Bank) (2019) Carbon Pricing Dashboard. <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/what-carbon-pricing>. Accessed on: 14-1-2019.
- ValuES (2018) Methods for integrating ecosystem services into policy, planning, and practice. <http://www.aboutvalues.net/>. Accessed on: 2018-1-12.
- Wink M (2013) Evolution of secondary metabolites in legumes (Fabaceae). *South African Journal of Botany* 89: 164-175.

## 10. ANEXOS

**Anexo 1.** Lista de propietarios proporcionados por PADECOMSM, CLUSA, ACALEM y ACOPACEP.

BENEFICIARIO ENCUESTADO	UBICACIÓN	MUNICIPIO	NOMBRE DE FINCA
1 FELICITO GOMEZ BENITEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	LOS AMATES
2 SIN NOMBRE	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
3 SIN NOMBRE	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
4 RENE MARTINEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
5 SIN NOMBRE	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
6 SIN NOMBRE	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	PUEBLO VIEJO
7 MARCIAL ARGUETA	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
8 SIN NOMBRE	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
9 JOSE SANTOS ARGUETA HERNANDEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
10 FERNANDO VIGIL BENAVIDES	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
11 LILIAN DE JESUS CABRERA DE ESPINOSA	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
12 SIN NOMBRE	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
13 JOSE EVER GOMEZ SAENZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
14 SIN NOMBRE	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
15 SIN NOMBRE	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
16 LUCIO PERAZA	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
17 PEDRO CESAR MARTINEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
18 ESTANISLAO AMAYA ARGUETA	TIERRA COLORADA	ARAMBALA	ACALEM
19 ALEJANDRA VIGIL HERNANDEZ	TIERRA COLORADA	ARAMBALA	ACALEM
20 ROGELIO ARGUETA RAMOS	SUB URBANO	ARAMBALA	ACALEM
21 JOSE LORENZO ARGUETA	BARRIO EL CENTRO	ARAMBALA	ACALEM
22 SIN NOMBRE	SUB URBANO	ARAMBALA	ACALEM
23 SIN NOMBRE	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
24 CARLOS WILFREDO PEREZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
25 SIN NOMBRE	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
26 JOSE MACARIO AMAYA GOMEZ	TIERRA COLORADA	ARAMBALA	
27 HILARIO VIGIL MARQUEZ	TIERRA COLORADA	ARAMBALA	ACALEM
28 LUCIO PERAZA	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACALEM
29 NEFTALI ARGUETA RAMOS	TIERRA COLORADA	ARAMBALA	ACALEM
30 JUAN JOSE AMAYA AMAYA	TIERRA COLORADA	ARAMBALA	ACALEM
31 JOSE SAUL VIGIL ARGUETA	CANTON PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	ACOPACEP
32 CARLOS ARGUETA RODRIGUEZ	LAS QUEBRADAS	ARAMBALA	ACOPACEP
33 JOSE ABEL ANGEL PEREZ GOMEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	LA POZA AZUL
34 CARLOS HUMBERTO ARGUETA	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	
35 PRUDENCIO DOLORES PEREZ GOMEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	LA MAJADITA
36 JOSE ARMANDO LOPEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	EL SUNGANO
37 RUBENIA PEREZ GOMEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	EL CATOCHO
38 GILBERTO BENITEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	EL MIRADOR
39 CARLOS ANTONIO GARCIA HERNANDEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	LOS PINARES

40	REINA ESPERANZA GOMEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA
41	CANDIDO GOMEZ ARGUETA	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA
42	PEDRO GOMEZ ARGUETA	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA EL NARANJO
43	SANDRA EVELIN PEREZ ALVARADO	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA LA BENDICION
44	MARIA MARTA GOMEZ DE BENITEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA FINCA VERDE
45	ESCOLASTICA GOMEZ BENITEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA EL BAMBU
46	ALBA LUZ ARGUETA VDA DE VIGIL	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA LA POZA AZUL
47	PAULINA VIGIL DE ARGUETA	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA EL ROBLAR
48	JOSE ISRAEL GOMEZ SORTO	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA LA VENANCIA
49	JOSE DURAN GARCIA ARGUETA	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA LA LAGUNA
50	JOSE RAMIRO HERNANDEZ VIGIL	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA EL BASUCAL
51	LILIAN DE JESUS CABRERA ALVARADO	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA ALEJANDRINA
52	ARTURO RODRIGUEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA EL LINO
53	SANTOS DELIDA PEREZ GOMEZ	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA ISAAC
54	VIDAL DE JESUS ARGUETA	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA ANA SONIA
55	ELVIN ESTARLIN GARCIA ARGUETA	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA EL ALMENDRO
56	RENAN DAGOBERTO SORTO GOMEZ	RANCHO QUEMADO	PERQUIN
57	PLUTARCO ELIAS NOLASCO RAMOS	CASA BLANCA	PERQUIN ACALEM
58	SABINA NOLASCO DE RAMOS	CASA BLANCA	PERQUIN
59	SIN NOMBRE	CASA BLANCA	PERQUIN
60	CECILIA ARGUETA VDA. DE RODRIGUEZ	CASA BLANCA	PERQUIN ACALEM
61	JOSE INES NOLASCO RODRIGUEZ	CASA BLANCA	PERQUIN ACALEM
62	DOLORES ARMANDO NOLASCO PERAZA	CASA BLANCA	PERQUIN ACALEM
63	SIN NOMBRE	CASA BLANCA	PERQUIN ACALEM
64	RONALD ABDEL GUEVARA VARELA	CHAGUITON	PERQUIN ACALEM
65	EVELIO SORTO RAMOS	CHAGUITON	PERQUIN ACALEM
66	SIN NOMBRE	EL ZOPE	PERQUIN ACALEM
67	JOSE MARIA RODRIGUEZ RAMOS	CASA BLANCA	PERQUIN ACALEM
68	ALVA NOLASCO PERAZA,	EL VOLCANCILLO	PERQUIN ACALEM
69	JUAN JOSE RAMOS	RANCHO QUEMADO	PERQUIN
70	JAIME AMILCAR RODRIGUEZ RODRIGUEZ	LA TEJERA	PERQUIN ACOPACEP
71	RENE ANTONIO CLAROS GIRON	LA TEJERA	PERQUIN ACOPACEP
72	DAYSI ETELIA VARELA DE SORTO	CASA BLANCA	PERQUIN ACOPACEP
73	MERCEDES GUTIERREZ	LA TRAVESIA	PERQUIN ACOPACEP
74	CESAR BELL GUEVARA SORTO	CASA BLANCA	PERQUIN ACOPACEP
75	OMAR GIOVANNI NOLASCO VIGIL	CASA BLANCA	PERQUIN ACOPACEP
76	ARTURO RODRIGUEZ RODRIGUEZ	CASA BLANCA	PERQUIN ACOPACEP
77	SANTOS DELIDA PEREZ GOMEZ	LAS QUEBRADAS	PERQUIN ACOPACEP
78	ALBA JOVITA GUEVARA VDA. DE ARGUETA	CASA BLANCA	PERQUIN ACOPACEP
79	ISRAEL VIGIL GOMEZ	LOS MANGOS	PERQUIN ACOPACEP
80	CARLOS HERRERA RODRIGUEZ	CHAGUITON	PERQUIN ACOPACEP
81	MARIA IDALIA VIGIL DE AMAYA	CANTON PUEBLO VIEJO	PERQUIN ACOPACEP
82	CARLOS ADONI HERRERA GUEVARA	CHAGUITON	PERQUIN ACOPACEP

83	ANIBAL NOLASCO RODRIGUEZ	CHAGUITON	PERQUIN	ACOPACEP
84	JUAN CARLOS RODRIGUEZ ARGUETA	CHAGUITON	PERQUIN	ACOPACEP
85	AMADEO NOLASCO CHICAS	ARENALES	PERQUIN	ACOPACEP
86	JORGE ANTONIO MEDRANO VILLEDA	LOS MANGOS	PERQUIN	ACOPACEP
87	ANA MARIA PERLA Y PERLA DE MEDRANO	ARENALES	PERQUIN	ACOPACEP
88	KELVIN NORBERTO RODRIGUEZ SAENZ	LA TEJERA	PERQUIN	ACOPACEP
89	NOE DE JESUS VIGIL	CASA BLANCA	PERQUIN	ACOPACEP
90	ALEX BLADIMIR VIGIL DIAZ	CHAGUITON	PERQUIN	ACOPACEP
91	ABNER OSIRIS HERNANDEZ	CASA BLANCA	PERQUIN	EL COCO
92	JOAQUIN HERNANDEZ	CASA BLANCA	PERQUIN	EL AMATE
93	EDWIN HERNANDEZ	CASA BLANCA	PERQUIN	LOS LIMOS
94	CANDIDO HERNANDEZ	CASA BLANCA	PERQUIN	EL ZUNGANO
95	MARITZA ARELY SORTO	CASA BLANCA	PERQUIN	EL AMATE
96	CRISTOBAL HERRERA RODRIGUEZ	CASA BLANCA	PERQUIN	EL NARANJO
97	ROSA CANDIDA HERRERA DE ARGUETA	CASA BLANCA	PERQUIN	EL PATERNO
98	MARIA LUZ GUEVARA DE HERRERA	CASA BLANCA	PERQUIN	EL ZAPOTE
99	NOE ANTONIO AMAYA	CASA BLANCA	PERQUIN	EL ROBLE
100	ANA NOLAZCO VDA DE AMAYA	CASA BLANCA	PERQUIN	EL VOLCANCILLO
101	DAVID EZEQUIEL RODRIGUEZ ARGUETA	CASA BLANCA	PERQUIN	EL CHAPERNO
102	NIXON RODIL HERRERA AMAYA	CASA BLANCA	PERQUIN	
103	OVIDIO GUTIERREZ	CASA BLANCA	PERQUIN	LEONARDO
104	JOSE REYNALDO PEREZ GUTIERREZ	CASA BLANCA	PERQUIN	EL QUEBRACHO
105	JESUS CESAR RODRIGUEZ NOLASCO	CASA BLANCA	PERQUIN	EL TRIANGULO
106	RENE ARMANDO FUENTES	CASA BLANCA	PERQUIN	TIERRA PROMETIDA
107	JOSE JOVINO GOMEZ	CASA BLANCA	PERQUIN	EL QUEBRACHO
108	JUAN FRANCISCO RAMOS	CASA BLANCA	PERQUIN	EL MANZANAL
109	SAUL VIGIL	CASA BLANCA	PERQUIN	EL ZAPOTE
110	FIDEL DAGOBERTO HERNANDEZ RODRIGUEZ	CASA BLANCA	PERQUIN	EL GUANABO
111	LUCIANO HERRERA RODRIGUEZ	CASA BLANCA	PERQUIN	EL TRAPICHE VIEJO
112	JOSE EDHITRUDIS ARGUETA CHICAS	CASA BLANCA	PERQUIN	EL AMATILLO
113	NELSON EDILBERTO GARCIA NOLASCO	CASA BLANCA	PERQUIN	EL CHAGUITON
114	SANTOS MAURICIO NOLASCO	CASA BLANCA	PERQUIN	LA LIONA
115	ESDRAS ENAI GRACIA NOLASCO	CASA BLANCA	PERQUIN	EL ENCUENTRO
116	JOSE BENEDICTO SORTO HERRERA	CASA BLANCA	PERQUIN	LOS POZOS
117	SILVIA MARTINEZ ARGUETA	CASA BLANCA	PERQUIN	CASA VIEJA
118	OLIVIA RODRIGUEZ RODRIGUEZ	CASA BLANCA	PERQUIN	EL JOCOTE
119	EVELIO EVENOR VIGIL	CASA BLANCA	PERQUIN	LA TRAVESIA
120	EVER JESUS GUZMAN	PUEBLO VIEJO	ARAMBALA	

**Anexo 2.** Tabla de colecta de datos de campo para parcelas de carbono aéreo en sistemas agroforestales.

				Coordenadas X		Elevación msnm
				Coordenadas y		
Responsable:				Fecha:		
Nombre de propietario						
Hora de inicio:				Hora de finalización:		
Propiedad #:				Estrato #:		ID
Parcela #:				Municipio		
Árbol #	Especie	DAP	Altura Árbol	Altura comercial	Altura total	Observaciones
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
Observaciones (ej. Tratamientos silvícolas):						

**Anexo 3.** Tabla de colecta de datos de campo para parcelas de fauna y árboles de sombra en sistemas agroforestales.

		Coordenadas X		Elevación msnm	
		Coordenadas y			
Responsable:		Fecha:			
Nombre de propietario				Sello	
Firma:					
Hora de inicio:		Hora de finalización:		ID	
Propiedad #:		Diversidad biológica			
Parcela #:		Municipio			
Total especies de árboles de sombra		Total especies de mamíferos			
#	Especie planta-animal (mamíferos) / nombre común	Abundancia (observación)	Estado en la finca		
			Alimento	Refugio o hábitat	De paso (transitorio)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
Observaciones (casería, aprovechamiento, etc.):					

**Anexo 4.** Tabla de colecta de datos de campo para el servicio de aprovisionamiento y cultural.

		Coordenadas X	Elevación msnm
		Coordenadas y	
Responsable:	Fecha:		
Nombre de propietario		Sello	
Firma:			
Hora de inicio:	Hora de finalización:		ID
Propiedad #:	Comentario:		
Parcela #:	Municipio		
<b>SERVICIO DE APROVISIONAMIENTO Y CULTURAL</b>			
1. Cantidad de terreno que posee en Mz: _____			
2. Usos que tiene el terreno en la actualidad (vivienda, hortalizas, cafetal, frutales, otros): _____			
Cafetal en Mz: _____ Variedad _____ Porcentaje de variedad _____			
_____ Cantidad (producción promedio) de café en qq: _____ Cantidad máxima alcanzada (producción) de café en qq: _____			
Cantidad mínima alcanzada (producción) de café en qq: _____ Área de bosque en Mz: _____			
3. Cantidad de leña que extrae de su terreno en un año (pante, tercio, camionada): _____			
4. Que hace con la leña: vende _____ uso del hogar _____ lo deja en el terreno _____			
5. Cuantas personas necesita para el mantenimiento y recolección del café (todo el año) temporalmente _____ permanente _____			
Hombres _____ Mujeres _____			
6. Tiene plan de finca: _____ Lo utiliza en sus actividades para el manejo de sus fincas: _____			
7. Qué tipo de manejo le da a su cafetal: Pleno sol o sombra _____ Porcentaje: _____ Orgánico _____ Convencional _____			
Otro tratamiento (cultural) _____			
Cuanto invierte en fertilización del suelo por cosecha \$ _____ que producto utiliza _____ Cree que los árboles de sombra aportan nutrientes al suelo para su cultivo _____			
Utiliza desechos del café (pulpa, otros) como abono _____			
Realiza obras de conservación del suelo _____ Que obras realiza (infiltración/erosión; cajueliado, terraza individual, fosas de infiltración, acequia, cobertura de ladera y en paredones, etc.) _____			
8. Ha sido afectado por roya _____ Cuanta área fue afectada _____ Recibió asesoría técnica _____			
Que acciones ha realizado para evitar roya _____			
Que cree que afecta a su rendimiento: Cambio climático _____ Lluvia _____ Sequía _____ Plaga _____			
Roya _____			
Otro _____			

9. Cuantos años tiene el cafetal \_\_\_\_\_ Cuantas cosechas \_\_\_\_\_ Cuanto ha generado en ingresos (año) \_\_\_\_\_ Es rentable \_\_\_\_\_
10. Su producción en para autoconsumo \_\_\_\_\_ Comercialización \_\_\_\_\_ Donde lo comercializa: Exportación \_\_\_\_\_ Municipal \_\_\_\_\_ Regional \_\_\_\_\_
- 11.Cuál es el distanciamiento promedio de sus árboles de sombra \_\_\_\_\_
- 12.Cuál es el sistema de siembra de su cafetal \_\_\_\_\_
14. Qué especies posee de árboles de sombra \_\_\_\_\_
15. Ha recepado el cafetal \_\_\_\_\_ Cuantas veces \_\_\_\_\_ Por qué \_\_\_\_\_
- Ha realizado establecimiento de finca \_\_\_\_\_ Por qué \_\_\_\_\_
16. Principales actividades que realiza en su finca de café:  
Poda \_\_\_\_\_ Siembra \_\_\_\_\_ limpieza \_\_\_\_\_ aplicaciones \_\_\_\_\_ otras \_\_\_\_\_
17. Destino del café después de haberlo cortado: entregado en uva \_\_\_\_\_ en pergamino \_\_\_\_\_ tostado molido \_\_\_\_\_
18. Precios en que usted venden el qq de café: \_\_\_\_\_
19. Posee usted colmenas en su finca \_\_\_\_\_ Desde cuando \_\_\_\_\_ Que especie \_\_\_\_\_ ¿Como considera el rendimiento de su cafetal antes y después de las colmenas (alto, medio, bajo)? \_\_\_\_\_ Considera que la cantidad de flores producidas por su cafetal se refleja con la producción final \_\_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_\_
- Ha notado disminución de polinizadores (abejas, aves, murciélagos) \_\_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_\_
- ¿Qué especies son comúnmente observado polinizando su cafetal (abejas, mariposas, colibrís, murciélagos, etc.) \_\_\_\_\_
20. Si hace el proceso final de proceso de café, como utiliza la pulpa y cascarilla: Lo vende \_\_\_\_\_ \$ \_\_\_\_\_ la aplica al terreno \_\_\_\_\_ regala \_\_\_\_\_
21. Posee infraestructura en la propiedad \_\_\_\_\_ Tipo (rancho, galera, casa, beneficio, patio, otros) \_\_\_\_\_ Áre a \_\_\_\_\_ Capacidad para recibir publico \_\_\_\_\_ Cuanto \_\_\_\_\_
22. Posee servicios básicos \_\_\_\_\_ Cuales \_\_\_\_\_
23. Posee accesos internos \_\_\_\_\_ Distancia de la carretera principal más cercana \_\_\_\_\_
24. Posee vista panorámica \_\_\_\_\_ Posee certificación \_\_\_\_\_ Cuál \_\_\_\_\_
25. Posee atractivo turístico \_\_\_\_\_ Cuál \_\_\_\_\_
26. Pertenece alguna institución o cooperativa \_\_\_\_\_
27. Ha sido beneficiado de algún proyecto (ONG, Estado, otros) \_\_\_\_\_

28. Cree usted que al tener cafetal ayuda al medio ambiente \_\_\_\_\_ ¿En qué y por qué?  
\_\_\_\_\_

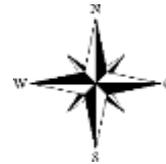
29. Utiliza su finca para intercambio de experiencias (trabajo, espiritual, ambiental, investigación, turismo)  
\_\_\_\_\_ Posee ingresos por dicha actividad \_\_\_\_\_ Cuánto al año \_\_\_\_\_ Cuantas per-  
sonas visitan su finca (fuera del núcleo familiar) \_\_\_\_\_ Es rentable \_\_\_\_\_

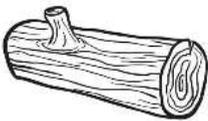
30. Estaría dispuesto a cambiar el uso del suelo de su agrosistema \_\_\_\_\_ Por cuál \_\_\_\_\_

31. Por qué cambiaría el uso de suelo  
\_\_\_\_\_

Qué uso le da a los árboles de sombra  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Diseño de finca (esquema o croquis):

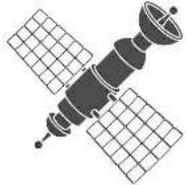


SERVICIOS	ACTIVIDADES	OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	LIMITACIONES
<p><b>SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO; MADERA Y LEÑA, APROVISIONAMIENTO DE RECURSO HÍDRICO</b></p> 	Productores de café en los municipios de Arambala y Perquín.	Conocer el número de productores y Mz que conforman el parque cafetalero activos en las diferentes zonas de los municipios de influencia del proyecto.	Se tomarán en cuenta, principalmente a productores/as que pertenezcas a cooperativas existentes dentro del territorio de influencia. Productores individuales. Numero de Mz por municipio.	Dentro de la consultoría solo se tomarán en cuenta hasta productores que tengan dos Mz como mínimo (14,000 m <sup>2</sup> ) y que tengan al menos tres años de estar establecidas las parcelas de café.
	Empleos en el proceso de recolección de café, Procesamiento, distribución y mantenimiento de finca.	Analizar la importancia que tiene el sector café en el territorio, en la generación de empleos regionales, de acuerdo con aspectos de recolección, procesamiento y distribución del producto.	Número de trabajadores contratados por los productores o estimación según cantidad de Mz y además dependiendo el proceso (recolección, transformación). Formas y etapas de distribución (uva, pergamino, oro, trillado, tostado/molido). Principales dificultades en el proceso (recolección, transformación). Beneficios de acuerdo con la zona.	Dentro de la consultoría solo se tomarán en cuenta hasta productores que tengan dos Mz como mínimo (14,000 m <sup>2</sup> ) y que tengan al menos tres años de estar establecidas las parcelas de café. Sin embargo, se incorporarán información de productores menor a lo establecido, dependiendo de la accesibilidad de las fincas y disponibilidad de participación de los propietarios.
	Aprovechamiento de madera/leña proveniente de poda y deshije, descombre.	Evaluar de acuerdo con las manzanas la cantidad de madera aprovechable, así como el aporte al suelo en la descomposición del material y el ciclo de nutrientes.	Cantidad de leña por Mz estimada en Kg, tonelada por Mz Ciclo de poda de árboles de sombra (cada cuanto tiempo), Análisis de la valoración final de la materia prima.	Debido a que no es posible determinar producción real de madera, se realizan aproximaciones de manera indirecta por método de muestreos.
	Aporte de los subproductos del procesamiento del café al mejoramiento del suelo	Análisis de la cantidad de sacos de cascarillas y pulpa por Mz de café.	Usos de los más comunes de los subproductos derivados del café (agregarlo a la parcela, venderlo, regalarlo, tirarlo) Análisis de los valores nutricionales de la cascarilla y pulpa en la salud del suelo.	Únicamente se analizará a productores que cuenten con el proceso de industrialización, preferentes cooperativas que provean del servicio a los socios/as o productores individuales.
	Evaluar el aporte de los sistemas agroforestales en el	Estimación de zonas de recargas hídricas acorde a las características hidrogeológicas	Se realizará un análisis técnico del potencial de recarga hídrica según condiciones de hidrogeológicas de los	Debido a las limitaciones presupuestarias y de tiempos estimados de realización de la consultoría, se propone

	aprovisionamiento de agua a través de la recarga hídrica	cas para los municipios de Perquín y Arambala.	municipios de Perquín y Arambala. Se ubicará cada una de las fincas identificadas en la consultoría para visualizar su importancia como ecosistema en el paisaje de acuerdo con las características hidrogeológicas, además, se realizará evaluaciones cualitativas de las fincas de acuerdo con su plan de manejo e implementación de obras de conservación de suelo (infiltración de agua y erosión del suelo).	métodos cualitativos y técnicos, de acuerdo con información disponible, por lo que los resultados deben ser evaluados posteriormente, utilizando indicadores locales y colecta de información pertinente para un estudio exhaustivo. Debido a que esta evaluación y valoración no posee un costo dentro del mercado, se realizarán estimaciones cualitativas sobre dichos servicios.
<p><b>SERVICIO DE REGULACIÓN; SECUESTRO DE CARBONO ÁEREO DE ÁRBOLES DE SOMBRA EN CAFETALES, SUELO Y ECOSISTEMAS ALEDAÑOS, PREVENCIÓN DE LA EROSIÓN Y CICLAJE DE NUTRIENTES</b></p> 	Estratificación de parcelas	Identificar los diferentes tipos de estratos de cafetal dentro de los municipios de Perquín y Arambala	Visita de campo y entrevistas a propietarios para determinar tipos de tratamiento de cafetal (manejo), tipo de sombra, especies, entre otras.	Solo se analizará cafetaleros o propiedades que generen facilidades de comunicación y visitas de campo. Se consideran prioritarios productores que tengan dos Mz como mínimo (14,000 m <sup>2</sup> ) y que tengan al menos tres años de estar establecidas las parcelas de café. Sin embargo, se incorporarán información de productores menor a lo establecido, dependiendo de la accesibilidad de las fincas y disponibilidad de participación de los propietarios.
	Estimación de volumen de madera, biomasa, y estimación de secuestro de carbono aéreo por árboles de sombra, estimación de secuestro de carbono en suelo y ecosistemas.	Estimar stock de carbono en el parque cafetalero de dos municipios de Morazán; Perquín y Arambala. Estimar ingresos potenciales por el servicio de secuestro de carbono en sistemas agroforestales de café en Perquín y Arambala.	Establecimiento de parcelas 10x25m o de 250m <sup>2</sup> para lograr muestreos de al menos 10% de área total estimada de cafetales en el territorio. Toma de datos de DAP, altura en campo para determinar valores de biomasa, densidad, volumen de madera, stock de carbono aéreo y stock de carbono en el suelo uti-	Debido a las limitaciones presupuestarias y tiempo de trabajo de la consultoría, se limita a un 10% de muestreo del área total. Además, debido a las limitaciones anteriormente mencionadas, se trabajará con fórmulas alométricas según literatura disponible. Los costos de mercado serán evaluados según literatura, debido a que

			<p>lizando imágenes satelitales multiespectrales.</p> <p>Determinación de costos en el mercado global de carbono para estimación de potencial de ingresos económicos por los sistemas agroforestales.</p>	<p>no existe un mercado tangible local. La estimación del stock de carbono en suelo y ecosistemas en los dos municipios se realizará a través de imágenes satelitales.</p>
Estimación de potencial de erosión en el suelo y ciclaje de nutrientes	Estimar el potencial de erosión y ciclaje de nutrientes en sistemas agroforestales de dos municipios, Perquín y Arambala	<p>Procesamiento de imágenes satelitales para clasificación de suelo según datos de cobertura vegetal, uso de suelo, DEM. Además, se establecerá análisis cualitativo por parcelas según tipo de manejo y obras de conservación de suelo. Se clasificará cualitativamente según el tipo de manejo que se emplea en las fincas y el uso de desperdicios para mejoramiento de suelos.</p>	<p>Debido a que son estimaciones, son aproximaciones que se obtendrán siguiendo criterios técnicos, por tanto, su validez deberá ser contemplada bajo otros estudios puntuales a cerca del ciclaje de nutrientes y evaluación de riesgos. Debido a que esta evaluación y valoración no posee un costo dentro del mercado, se realizarán estimaciones cualitativas sobre dichos servicios.</p>	
Estimación potencial de polinización en sistemas agroforestales	Estimar el potencial de polinización en sistemas agroforestales en dos municipios, Perquín y Arambala.	<p>Se realizará evaluaciones cualitativas sobre el potencial de polinización dentro de los sistemas agroforestales a través de valoraciones cualitativas y de percepción de los productores. Se estimará los costos de aumento o disminución de la producción dentro del sector y la influencia de factores bióticos como polinizadores (principalmente aves e insectos; colmenas).</p>	<p>Para realizar aproximaciones confiables es necesario realizar estudios focalizados para la estimación de este componente. Debido a las limitaciones financieras y tiempos estimados para esta consultoría, hace difícil elaborar metodologías más eficientes para determinar el impacto del servicio de polinización, por lo que esta valoración debe ser comprobada con otras técnicas y evidencia posteriormente. Debido a que esta evaluación y valoración no posee un costo dentro del mercado, se realizarán estimaciones cualitativas sobre dichos servicios.</p>	

<p><b>SERVICIO DE APOYO; RIQUEZA DE ESPECIES Y MÉTRICAS DE PAISAJE</b></p> 	<p>Estimación de riqueza de especies forestales de sombra en cafetal</p>	<p>Determinar riqueza de especies de árboles de sombra en agrosistemas de cafetal. Determinar riqueza de especies que habitan o circulan dentro de los agrosistemas de cafetal.</p>	<p>Entrevistas y encuestas a propietarios de las diferentes especies de árboles de sombra en sus propiedades y diversidad de fauna silvestre con énfasis en mamíferos medianos y grandes. Evaluación ecológica rápida de especies a través de visitas en campo.</p>	<p>Debido a las limitaciones presupuestarias es difícil realizar evaluaciones complejas de biodiversidad, por lo que se selecciona únicamente estos grupos taxonómicos. Debido a que esta evaluación y valoración no posee un costo dentro del mercado, se realizaran estimaciones cualitativas sobre dichos servicios.</p>
<p><b>SERVICIO CULTURAL; POTENCIALIDAD DEL ECOTURISMO Y TURISMO RURAL</b></p> 	<p>Potencialidad de ecoturismo y turismo rural</p>	<p>Evaluar la potencialidad de establecimiento de ecoturismo y turismo rural en sistemas agroforestales de dos municipios; Perquín y Arambala</p>	<p>Utilizando herramientas digitales de SIG se determinará potencialidad de establecimiento de turismo, considerando el paisaje, disponibilidades locales, servicios básicos, espacio físico, infraestructura, cercanía a carreteras, disponibilidad del personal. Comparación de ingresos por turismo en el territorio y zonas aledañas donde se realizan actividades turísticas.</p>	<p>Debido a que este servicio no es tangible en el territorio, se establecerá índices de potencialidad de diversificación de servicios de los servicios ecosistémicos a través del turismo. Debido a que esta evaluación y valoración no posee un costo dentro del mercado, se realizaran estimaciones cualitativas sobre dichos servicios.</p>
<p><b>MAPEO DE SERVICIOS ECOSISTEMICOS EN DOS MUNICIPIOS DE LA</b></p>	<p>Revisión de información geográfica existente y compilación</p>	<p>Recopilar bases de datos para estimación y obtención de resultados geospaciales</p>	<p>Consulta en unidades ambientales, cooperativas, ONG's, ADES-</p>	<p>Compilación y unificación de material relacionado a la distribución espacial, planificación</p>

<p><b>ZONA NORTE DE MORAZÁN; PERQUÍN Y ARAMBALA</b></p> 	de bases de datos		COS, Instituciones Públicas y población en general	ción territorial y socialización de la información en un documento resumido para la población
	Georeferenciación de propiedades y terrenos de interés	Determinar áreas de los sistemas agroforestales en los municipios de Perquín y Morazán.	Fase de campo. Toma de datos por medio de GPS y drones.	Compilación de inventario de propiedades y propietarios con actividad cafetalera, en zonas de mayor interés se tendrá ortofotografías aéreas de línea base con el propósito de llevar a cabo un monitoreo de los avances.
	Procesamiento y creación de capas vectoriales de las zonas de interés	Elaborar de mapas de servicios ecosistémicos identificados en los municipios de Perquín y Arambala.	Uso de software SIG. Rutina de creación semiautomática de ArcGIS. Las capas estarán en formato <i>shapefile</i> (.shp), <i>archivos comprimidos de Google Earth</i> (.kMz) o <i>GeoTIFF</i> (.TIFF, cuando sea necesario). Correcciones por proyección y esferoide para las capas preexistentes. Creación de compatibilidad para las todas las capas creadas.	Obtención de una base de datos actualizada y georeferenciada de las propiedades registradas dentro de la consultoría. Archivos compatibles con diferentes softwares geográficos, que permitan la socialización de los datos y la presentación de estos a comunidades o instituciones interesadas en el fomento de la zona cafetalera de los municipios de Perquín y Arambala, Morazán.
	Creación de mapas temáticos		Uso de software SIG (QGIS, ArcGIS, Erdas – Imagine) para la creación de mapas con la información colectada en campo y compilada en la base de datos geográfica.	Teniendo la información plasmada en mapas, crea la oportunidad de enfocar esfuerzos en zonas prioritarias. A su vez, se logra obtener una colección a detalle de mapas de la zona de estudio tales como uso de suelo, mapa de pendientes, cuencas hidrográficas, índices de vegetación, ocupación de suelo, etc.
	Generación de clasificación de servicios ecosistémicos con indicadores físicos y biológicos para	Elaborar de mapas de servicios ecosistémicos identificados en los municipios de Perquín y Arambala.	Implementación de rutinas basadas en estudios de caso para generar calificaciones según el servicio ecosistémico que se desea clasificar y representar	Ofrecer alternativas para el desarrollo eficiente del proyecto principal, teniendo en cuenta los principales factores físicos y biológicos que rigen en la región.

	la región de estudio		especialmente mediante un mapa.	
	Interpretación de la información geográfica colectada y modelada	Analizar mapas temáticos de servicios ecosistémicos identificados en los municipios de Perquín y Arambala.	Lectura y resumen simplificado de las características plasmadas en los mapas.	Brindar una opinión técnica sobre la situación de los terrenos involucrados en la investigación, basado en el registro de información colectada en campo y la modelación de escenarios. De la misma manera, generar conclusiones de las condiciones actuales.

**Anexo 6.** Secuencia fotográfica de visitas de campo, actividades con actores claves y levantamiento de la información.





**Barrio El Centro, Perquín, Morazán El Salvador C. A.  
PBX: 2660-8600**

 **[info@padecomsm.org](mailto:info@padecomsm.org)**

 **[www.padecomsm.org](http://www.padecomsm.org)**

 **[padecomsm](https://www.facebook.com/padecomsm)**