



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Dirección General de Investigación  
Programa Universitario de Investigación en Asentamientos Humanos

## INFORME FINAL

# **Modelos innovadores para la gestión intersectorial de la diversidad biológica: contribución de las reservas naturales privadas a las metas nacionales de restauración del paisaje forestal**

Equipo de investigación

**Coordinador: Jorge Benjamín Jiménez Barrios**

Investigadora: Estefany Jerenia Ordoñez Sayle

Auxiliares de Investigación II:

Bianka Analí Hernández Ruano

Juan Antonio Zelada

Yorik Fernando Tenes Mayen

**GUATEMALA, 2018**

Centro de Estudios Conservacionistas (CECON)  
Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas (IIQB)  
Asociación de Reservas Naturales Privadas (ARNPG)

Dr. Erwin Humberto Calgua Guerra

**Director General de Investigación**

Ing. Agr. Julio Rufino Salazar

**Coordinador General de Programas**

Dra. Sandra Herrera Ruiz

**Coordinadora del Programa de Investigación**

Jorge Benjamín Jiménez Barrios

**Coordinador del proyecto**

Estefany Jerenia Ordoñez Sayle

**Investigadora**

Bianka Analí Hernández Ruano, Juan Antonio Zelada y Yorik Fernando Tenes Mayen

**Auxiliares de Investigación II**

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, 2018. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Partida Presupuestaria 4.8.63.9.06. durante 2018, en el Programa Universitario de Investigación en Asentamientos Humanos. Financiamiento aprobado por Digi: Q.270,537.75 Financiamiento ejecutado: Q.241,100.75

## ÍNDICE

<b>Contenido general</b>	<b>Páginas</b>
1.RESUMEN.....	7
2.PALABRAS CLAVE.....	8
3.ABSTRACT AND KEYWORDS.....	9
4.INTRODUCCIÓN.....	10
5.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
6.PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	13
7.DELIMITACIÓN EN TIEMPO Y ESPACIO.....	14
8.MARCO TEÓRICO	
8.1.Restauración ecológica.....	15
8.2. Servicios de los ecosistemas.....	16
8.3.Restauración ecológica y sostenibilidad.....	17
8.4. Viabilidad en los proyectos de restauración.....	17
9.ESTADO DEL ARTE	
9.1.Importancia de la restauración de los ecosistemas.....	18
9.2.El modelo de restauración.....	18
9.3.Mecanismos de acción para la restauración.....	19
9.4.Estado actual de la conservación en Guatemala.....	19
10.OBJETIVO GENERAL.....	22
11.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
12.MATERIALES Y MÉTODOS	
12.1.Tipo de investigación.....	23
12.2.Técnicas e instrumentos .....	23
12.2.1.Definición de los objetivos de restauración de manera participativa.....	23
12.2.2.Caracterización del ecosistema degradado y el ecosistema de referencia...24	
12.2.3.Impulso a la restauración ecológica en la localidad.....	27
12.2.4.Modelo ecológico de restauración.....	28

12.3.Operacionalización de las variables.....	29
13.VINCULACIÓN, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN.....	30
14.RESULTADOS	
14.1.Objetivos de restauración.....	31
14.2.Caracterización del ecosistema degradado y el ecosistema de referencia.....	36
14.2.1.Comunidad vegetal.....	36
14.2.2.Macroinvertebrados del suelo.....	39
14.2.3.Comunidad de aves.....	39
14.2.4.Caracterización biológica de los ecosistemas.....	39
14.3.Impulso a la restauración ecológica en la localidad.....	40
14.3.1.Especies clave para la restauración.....	40
14.3.2.Vivero forestal.....	41
14.4.Modelo ecológico de restauración.....	41
14.4.1.Elementos del modelo de restauración.....	41
15.ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
15.1.Caracterización del ecosistema degradado y el ecosistema de referencia.....	44
15.2.Modelo ecológico de restauración.....	46
16.CONCLUSIONES.....	51
17.IMPACTO ESPERADO.....	52
18.REFERENCIAS.....	53
19.APÉNDICE.....	58
20.EQUIPO DE INVESTIGACIÓN.....	78

<b>Tablas</b>	<b>Páginas</b>
Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	29
Tabla 2. Objetivos locales de desarrollo.....	33
Tabla 3. Características de composición, estructura y fisionomía de la comunidad vegetal .....	37

<b>Figuras</b>	<b>Páginas</b>
Figura 1. Fotografía de reconocimiento a Don Damián Quino.....	34
Figura 2. Proporción de taxa vegetales registrados según su forma de vida.....	38
Figura 3. Modelos ecológicos conceptuales de la sucesión vegetal.....	45
Figura 4. Modelo conceptual para la gestión intersectorial de la diversidad biológica....	50

<b>Apéndice</b>	<b>Páginas</b>
Apéndice 1. Lista de taxa vegetales registrados en el estudio de los ecosistemas.....	58
Apéndice 2. Lista de familias de macroinvertebrados registrados.....	61
Apéndice 3. Lista de especies de aves identificadas.....	62
Apéndice 4. Manual práctico para el manejo de plantas en vivero.....	64
Apéndice 5. Evaluación económica de los sistemas agroforestales incentivados en Guatemala.....	73



## **Modelos innovadores para la gestión intersectorial de la diversidad biológica: contribución de las reservas naturales privadas a las metas nacionales de restauración del paisaje forestal**

### 1. RESUMEN

Tanto en Guatemala como a nivel mundial, la pérdida de bosque natural ocurre a una tasa constante, lo que implica degradación en los servicios que generan los ecosistemas. Por esta razón, en la actualidad, la restauración ecológica es considerada una prioridad global para avanzar hacia la sostenibilidad. La Reserva Natural Los Laureles es un área protegida ubicada en Chimaltenango, reconocida dentro del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (Sigap), del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap). Actualmente la reserva atraviesa un proceso de degradación del ecosistema, debido principalmente a problemas sociales.

Este proyecto propone un modelo de gestión para la Reserva Natural Los Laureles, como un proceso de restauración ecológica incluyente, orientado a la generación de conocimiento y experiencia, para replicar y contribuir a cumplir las metas nacionales. Para esto se realizó un levantamiento de línea base del ecosistema degradado y del ecosistema de referencia, para lo cual se realizó un estudio de diversidad biológica, utilizando como indicadores macroinvertebrados del suelo, aves y plantas.

Con base en la información de la vegetación detectada se proponen las siguientes especies clave para la restauración del ecosistema: *Sambucus canadensis*, *Oreopanax xalapensis*, *Barkleyanthus salicifolius*, *Ostrya virginiana*, *Cupressus lusitanica*, *Arbutus xalapensis*, *Diphysa americana*, *Quercus acatenangensis*, *Quercus crassifolia*, *Quercus crispipilis*, *Quercus peduncularis*, *Litsea glaucescens*, *Alnus acuminata*, *Chiranthodendron pentadactylon*, *Pinus pseudostrobus* y *Monnina xalapensis*, con las cuales se estableció un vivero forestal.

Adicionalmente, se definieron los siguientes objetivos para la restauración: mejorar la oferta, en cuanto a calidad y cantidad, del servicio de provisión de agua y regulación hídrica, específicamente por medio del incremento de la infiltración y disminución de la escorrentía superficial; mejorar la sostenibilidad de la oferta de leña y madera para

consumo en la localidad; mejorar las capacidades de organización social en torno a la gestión ambiental; establecer un programa de sensibilización y capacitación en temas ambientales, con diferentes grupos de actores en la localidad; gestionar nuevas fuentes de financiamiento para impulsar la gestión sostenible del área.

Las causas principales de degradación detectadas fueron: falta de incentivos para la gestión sostenible; falta de conocimiento y sensibilidad sobre la realidad ambiental y las posibilidades de gestión sostenible en el paisaje. Con base en la información obtenida se proponen las siguientes líneas estratégicas de acción: desarrollo e implementación de esquemas de financiamiento de la gestión forestal con enfoque de cabecera de cuenca hidrográfica; recuperación e impulso a las prácticas tradicionales y conocimientos ancestrales compatibles la gestión sostenible de la diversidad biológica; impulso económico a las prácticas agrícolas de productos no tradicionales con valor agregado en mercados especializados; fortalecimiento de la organización social en temas ambientales y económicos. Con estos elementos, y con base en la información producida por esta investigación, se propone un modelo de gestión del paisaje, específicamente de restauración del paisaje forestal, más adecuado, en términos biológicos, sociales y económicos.

## 2. PALABRAS CLAVE

Restauración, servicios de los ecosistemas, medios de vida locales, sostenibilidad, gestión de la diversidad biológica, ecología del paisaje.



### 3. ABSTRACT AND KEYWORDS

Land cover lost and degradation persistently take place on natural forests at Guatemala, and the rest of the World. This degrades the quality and quantity of services offered by ecosystems. To revert this situation, ecological restoration is considered priority to turn development toward global sustainability. Los Laureles Nature Reserve is a protected area located at Chimaltenango, recognized as part of the Guatemalan System of Protected Areas (Sigap).

The components of an ecological conceptual model to manage Los Laureles, as a core to promote local sustainable development, is presented, based on field research, and aimed to meet locally defined targets, also in agreement with the national targets of forest landscape restoration. Field research included macroinvertebrates, birds and plant biological indicators. A list of vegetal species with potential value for restoration, native of the landscape, is presented: *Sambucus canadensis*, *Oreopanax xalapensis*, *Barkleyanthus salicifolius*, *Ostrya virginiana*, *Cupressus lusitanica*, *Arbutus xalapensis*, *Diphysa americana*, *Quercus acatenangensis*, *Quercus crassifolia*, *Quercus crispipilis*, *Quercus peduncularis*, *Litsea glaucescens*, *Alnus acuminata*, *Chiranthodendron pentadactylon*, *Pinus pseudostrobus* and *Monnina xalapensis*. A nursery garden with this species was established.

The most commonly referred targets for local development, compatible with forest landscape restoration, were assessed: improve the quality and quantity of water offered and water regulation, increasing infiltration and reducing runoff; improve sustainable provision of firewood and timber for local use; improve local organization capabilities, specially intended to environment management; establish an awareness and training program on environmental topics; gain and manage new funding sources for environmental protection.

With these components, and the field research ecological information, a model for local landscape management was proposed, aligned with National Strategy for Forest Landscape Restoration, suitable in biological, social and economic terms.

Keywords: ecological restoration, ecosystem services, local livelihoods, sustainability, biological diversity management, landscape ecology.

#### 4. INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años, la restauración ecológica ha surgido como un modelo central que busca la conciliación del bienestar social y la conservación de la diversidad biológica en un mundo dominado por los seres humanos. Actualmente, la restauración ecológica es considerada como una prioridad global para avanzar hacia la sostenibilidad (Aronson & Alexander, 2013; Metzger & Brancalion, 2013). En 2010, el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) lanzó las metas de Aichi para la biodiversidad hacia 2020, que incluyen la restauración de al menos 15% de todos los ecosistemas degradados, con el fin de asegurar la provisión de servicios fundamentales a las sociedades. En 2011 la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y el gobierno alemán lanzaron el desafío de Bonn que busca impulsar los objetivos del CDB y motivar a las sociedades a restaurar 150 millones de hectáreas de bosque y tierras degradadas a nivel mundial para 2020 y 350 millones de hectáreas para 2030. Estas y muchas otras iniciativas reconocen y buscan instaurar a la restauración ecológica como una prioridad global para recuperar la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas (Aronson & Alexander, 2013).

Guatemala se ha sumado a estos esfuerzos internacionales de restauración y se ha comprometido con la restauración de 1.2 millones de hectáreas de tierras forestales degradadas para 2045 (Conap, 2013; Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2015). La restauración ecológica del paisaje forestal es el proceso orientado a recuperar, mantener y optimizar la diversidad biológica y el flujo de bienes y servicios de los ecosistemas para el desarrollo, ajustado al sistema de valores y creencias locales e implementadas con un enfoque intersectorial (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2016; Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2015; Miller et al., 2016; Rey, Newton, Diaz & Bullock, 2008).

La Reserva Natural Los Laureles se ubica en el Municipio de Tecpán, en Chimaltenango. Esta área experimenta diversas presiones, principalmente sociales, que han provocado un proceso de degradación en una parte de su extensión. Este proyecto consistió en una primera fase exploratoria y descriptiva que permitió la construcción de la propuesta de un

modelo de gestión del paisaje, pertinente, en términos biológicos, sociales y económicos. Este sería implementado en el área en el futuro.

Así mismo, se identificaron especies claves para la restauración del área: *Sambucus canadensis*, *Oreopanax xalapensis*, *Barkleyanthus salicifolius*, *Ostrya virginiana*, *Cupressus lusitánica*, *Arbutus xalapensis*, *Diphysa robinoides*, *Quercus acatenangensis*, *Quercus crassifolia*, *Quercus crispipilis*, *Quercus peduncularis*, *Litsea glaucescens*, *Alnus acuminata*, *Chiranthodendron pentadactylon*, *Pinus pseudostrobus*, *Monnina xalapensis*, y *Prunus capuli*, con las cuales se estableció un vivero forestal, para apoyar proyectos de restauración.

## 5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El análisis de la dinámica de uso de la tierra para el periodo 2006-2010 mostró que los bosques del país enfrentan grandes presiones, que se sintetizan en el cambio de la tasa de deforestación anual, que fue de 1.43% (entre 1991-2001), 1.16% entre 2001-2006 y 1% entre 2006-2010 (146,112 hectáreas en el período) (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2015). A pesar de estos avances en la disminución de la tasa de deforestación, la pérdida de bosques naturales es constante debido al cambio de uso del suelo, y por lo tanto, también aumenta la pérdida de servicios de los ecosistemas.

Dentro de la Reserva Natural Los Laureles se ha dado un proceso de degradación del ecosistema debido principalmente factores sociales. El propietario de la reserva está anuente a realizar un proceso de inclusión social que permita solucionar y/o mitigar la presión que se genera dentro de la misma, bajo un modelo incluyente y culturalmente pertinente. Esto permitiría mejorar los medios de vida locales en la aldea Paxorotot, así como restaurar el ecosistema degradado, con consecuentes beneficios para la sociedad guatemalteca y la diversidad biológica nacional.

## 6. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la visión multisectorial de desarrollo en el paisaje de estudio? ¿Qué servicios de los ecosistemas se esperan del área natural?

¿Cuál es el estado actual del ecosistema degradado y las causas de su degradación? ¿Cómo es el ecosistema forestal de referencia? ¿Cuáles son sus componentes y procesos sobresalientes?

¿Cuáles son las especies clave para la restauración del área? ¿Cuáles son sus características?

¿Qué características tiene el modelo de restauración ecológica adecuado para el área?

## 7. DELIMITACIÓN EN TIEMPO Y ESPACIO

El estudio se realizó en la Reserva Natural Privada Los Laureles, la cual forma parte del Sigap del Conap. Se encuentra ubicada en el departamento de Chimaltenango, Municipio de Tecpán, Aldea Paxorotot. Cuenta con un área total de 39 hectáreas, las cuales en su totalidad constituyen la Reserva Natural Privada. En la zona se encuentran otras reservas privadas como lo son San José Paché y La Soledad. El estudio se realizó a lo largo de 2018, durante 11 meses. Como parte del estudio se realizó un levantamiento de información base de los ecosistemas (degradado y de referencia), considerando la estación seca y la estación lluviosa.

## 8. MARCO TEÓRICO

### 8.1. Restauración ecológica

La restauración ecológica se refiere al proceso de gestión o apoyo de la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido, principalmente por actividades humanas. Esto es un esfuerzo para propiciar la resiliencia de los ecosistemas y conservar la diversidad biológica. Se refiere a la restauración multidimensional que integra los objetivos de restauración de los servicios de los ecosistemas, preservación de la diversidad biológica y recuperación de ecosistemas autosostenibles. También incluye la restauración realizada en un contexto cultural local, que utiliza los conocimientos y habilidades locales, para gestionar un ecosistema en su totalidad (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2016; Miller et al., 2016; Palmer & Filoso, 2009; Rey et al., 2008).

La degradación se caracteriza por una disminución o pérdida de diversidad biológica o de funciones de los ecosistemas, que llevan a una pérdida en la calidad y cantidad de los servicios ofertados a la sociedad por los mismos. Tanto la degradación como la restauración son específicas de cada contexto y se relacionan con el estado de los ecosistemas y los procesos de los mismos. (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2016; Rey et al., 2008). La restauración de los ecosistemas es un complemento de las actividades de conservación y aporta muchas ventajas tanto dentro como fuera de las áreas protegidas, lo cual supone múltiples beneficios. Las actividades de restauración de los ecosistemas deberían planificarse a varias escalas y ejecutarse empleando los mejores conocimientos científicos y tradicionales disponibles (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2016).

Se está prestando cada vez más atención al valor de los ecosistemas en la provisión de servicios a las sociedades (Rey et al., 2008). La restauración de los ecosistemas a escala del paisaje refleja un cambio de paradigma en la ciencia de la conservación, poniendo el patrón espacial y la escala en el centro de las estrategias de conservación. En este enfoque, en lugar de centrarse exclusivamente en las reservas naturales, los esfuerzos de conservación buscan maximizar el valor de los paisajes rurales para la persistencia de la diversidad biológica, la prevención de extinciones, y para la prestación de servicios de los ecosistemas a las poblaciones humanas (Janishevski, Santamaria, Gidda, Cooper & Brancalion, 2015).

## 8.2. Servicios de los ecosistemas

El término ecosistema puede definirse como una comunidad biológica en conjunto con el ambiente abiótico que le rodea (Begon, Townsend & Harper, 2006). Por servicios de los ecosistemas se entiende a los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, los cuales se han dado por sentado, sobre todo desde la revolución industrial. Sin embargo, en la medida en que los ecosistemas son absorbidos progresivamente por los usos de la tierra de los seres humanos, los servicios que prestan son considerados cada vez más valiosos económicamente (Palmer & Filoso, 2009; Rey et al., 2008).

La falta de comprensión científica de los factores que influyen en la prestación de los servicios de los ecosistemas y de sus beneficios económicos limita su incorporación a la planificación del uso de la tierra y la toma de decisiones. Es por esto, que la escala de trabajo más adecuada es la de paisaje, la cual involucra a los humanos, y los ecosistemas antropogénicos como una parte fundamental para la gestión, ya que son además los beneficiarios de los servicios de los ecosistemas naturales (Rey et al., 2008).

## 8.3. Restauración ecológica y sostenibilidad

En todo el mundo, los recursos naturales han sufrido fuertes y constantes procesos de degradación, debido al aprovechamiento intensivo y al manejo irracional al que han sido sometidos. Esta tendencia puede revertirse mediante la implementación de programas de restauración de los ecosistemas degradados y de protección de los remanentes naturales, bajo la perspectiva integradora de la ecología y la economía (Aronson, Milton & Blignaut, 2007).

La sostenibilidad requiere de la colaboración de la ecología del paisaje, la ecología de la restauración y la biología de la conservación para que los diferentes niveles de la diversidad biológica sean comprendidos e integrados en la planificación de la restauración y los marcos de gestión de grandes escalas espaciales (Aronson & Alexander, 2013). Para que un modelo de restauración ecológica sea exitoso, este debe ser sostenible. Para que esta sostenibilidad se alcance es indispensable que se aborde desde un enfoque holístico, que aborde el tema desde los elementos sociales, económicos y ecológicos (Young et al., 2008).



#### 8.4. Viabilidad en los proyectos de restauración

Los objetivos de restauración pueden variar, desde el restablecimiento de configuraciones históricas del paisaje, a la creación de configuraciones completamente nuevas, diseñadas para asegurar la generación de bienes y servicios de los ecosistemas, para apoyar el bienestar humano (Metzger & Brancalion, 2013). La restauración ecológica se basa en el principio de que el sitio restaurado debe ser autosostenible, sin ningún o muy poco aumento adicional de energía o de materiales provistos por los seres humanos. La restauración debe ser holística, un enfoque fragmentado podría llevar al fracaso del proyecto. Se han realizado numerosos intentos de restauración, pero frecuentemente, limitaciones económicas, sociales y políticas limitan el éxito de los esfuerzos y producen resultados fragmentados. Por lo tanto, un enfoque multidisciplinario es esencial para una restauración exitosa (Young et al., 2008).

De Souza y colaboradores (2013), sugieren que las características del paisaje pueden ser tan importantes como las características del sitio local, en la influencia de la eficacia de la restauración. Cuando el factor limitante local es superado por técnicas de restauración, aparece la importancia de las restricciones a una escala diferente. Por esta razón, los parámetros, tanto locales como paisajísticos, deben considerarse como posibles limitaciones, que deben tenerse en cuenta al planificar y evaluar las acciones de restauración.

## 9. ESTADO DEL ARTE

### 9.1. Importancia de la restauración de los ecosistemas

Rey y colaboradores (2013) demostraron que, en una serie de estudios analizados en áreas restauradas, se observa una correlación positiva entre el incremento en la diversidad biológica y las medidas de servicios de los ecosistemas. Así mismo, observaron que, los resultados de estudios realizados en áreas restauradas indican que, las acciones de restauración centradas en la mejora de la diversidad biológica apoyan el aumento de los servicios de los ecosistemas, particularmente, en las medidas de los servicios de soporte y regulación de los ecosistemas.

La restauración ecológica es una reciente disciplina aplicada de la ecología, por lo que hay poca información al respecto (Aronson & Alexander, 2013; Rey et al., 2008; Young et al., 2008). Es por esta razón que, las acciones de restauración, también pueden aportar información sobre la dinámica y el funcionamiento de los sistemas ecológicos, ya que constituyen una forma de manipulación experimental. En consecuencia, el examen de los efectos de las medidas de restauración podría aportar información adicional sobre la relación que tienen los cambios de la diversidad biológica con la prestación de servicios de los ecosistemas (Rey et al., 2008).

Estudios recientes sugieren que la estructura del paisaje, esencialmente la cobertura y la conectividad, puede estar relacionada con la capacidad de recuperación del mismo (resiliencia). Debido a que la restauración ecológica, en gran medida, busca aumentar la complejidad estructural del paisaje, implica que la restauración propicia la resiliencia de los ecosistemas (De Souza, Reverberi, Romitelli & Metzger, 2013; Tambosi, Martensen, Ribeiro & Metzger, 2013).

### 9.2. El modelo de restauración

Para poder iniciar un proceso de restauración es necesario que el implementador plantee un modelo de la trayectoria más probable, que podría seguir el sistema, desde su estado degradado hasta el estado deseado (objetivo de restauración). Este modelo se debe basar en el conocimiento que se tiene del sistema degradado, del sistema de referencia y de otros

sistemas con características similares. El modelo es una herramienta útil para los planes de evaluación y seguimiento, ya que si el sistema restaurado lleva una trayectoria muy diferente a la planificada en el modelo, se pueden realizar medidas o manejos adaptables para volver a reconducir el sistema en la vía deseada. En algunos trabajos, se han utilizado variables como la riqueza específica y la cobertura vegetal como indicadores del estado sucesional del sistema en sus primeras etapas (Barreda-Cataño, Contreras-Rodríguez, Garzón-Yepes, Moreno-Cárdenas & Montoya-Villarreal, 2010).

### 9.3. Mecanismos de acción para la restauración

La estabilidad de los ecosistemas depende de la composición de especies, su estructura y su funcionamiento, por lo tanto, la implementación de estrategias de restauración va dirigida a recuperar la diversidad biológica, la integridad ecológica y la salud ecológica. La restauración ecológica permite, de forma intencional, acelerar el restablecimiento del ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad (Sanchún, Botero, Morera, Obando, Russo, Scholz & Spinola, 2016).

Previo a iniciar un programa de restauración, es necesario realizar una evaluación del sitio, que permita valorar el potencial de restauración del área en cuanto a parámetros como: conectividad, estado de la regeneración, presencia de árboles maduros en la masa remanente, accesibilidad al sitio. Del mismo modo, es igual de importante considerar la fuente de los recursos económicos necesarios para la implementación del proyecto. Como un paso fundamental en la ejecución del proyecto se requiere ejercer un control sobre los agentes causantes de la degradación, ya que no se podrán implementar acciones si el ecosistema se sigue deteriorando (Sanchún et al., 2016).

### 9.4. Estado actual de la conservación en Guatemala

El tema de restauración es relativamente reciente en Guatemala, sin embargo ha tomado suma importancia tanto a nivel internacional como nacional. Actualmente forma parte de uno de los cinco ejes temáticos que fundamentan la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica, y su Plan de Acción 2012-2022, del Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Este eje incluye medidas in situ, a través del fortalecimiento a las áreas protegidas, la reducción de los procesos y actividades que causan pérdida o transformación de la diversidad

biológica, la restauración y recuperación de ecosistemas degradados y especies amenazadas, así como la apropiación por parte de comunidades locales de las acciones de manejo y gestión de la diversidad biológica. Este eje de política también abarca estrategias de conservación *ex situ*, que complementen los esfuerzos de conservación *in situ*, como fomento de viveros, jardines botánicos, bancos de germoplasma, etc. La estrategia propone, como una de las actividades habilitadoras, desarrollar modelos locales para la restauración de la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas, y como una meta nacional para 2022 plantea que el 15% de la diversidad biológica y sus servicios se habrán restaurado (Conap, 2013).

Por otra parte, la Estrategia Nacional de Restauración del Paisaje Forestal, con el involucramiento de varios actores y sectores representados en la Mesa de Restauración del Paisaje Forestal, plantea en el segundo objetivo: "Restaurar el paisaje forestal degradado de Guatemala para recuperar y mantener la diversidad biológica a través de la provisión de bienes y servicios de los ecosistemas para mejorar los medios de vida". Se espera que para 2045 se habrán restaurado 138,750 ha de agroforestería/cultivos anuales; 10,000 ha de agroforestería/cultivos permanentes; 16,450 ha de tierras forestales/producción; 35,000 ha de sistemas silvopastoriles; 131,120 ha de tierras forestales/protección; 5,000 ha de manglares, 52,500 ha de bosque ribereño y 100,000 ha en áreas protegidas categoría I (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2015).

En 2016 la Conferencia de las Partes del CDB (en la que Guatemala participa activamente) adoptó el Plan de Acción a Corto Plazo para la Restauración de los Ecosistemas. La decisión adoptada subraya la importancia de la restauración, que contribuye al logro de varias metas establecidas en diferentes convenciones ambientales y sociales globales, incluyendo: las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica; los Objetivos de Desarrollo Sostenible; la adaptación al cambio climático basada en los ecosistemas, la lucha contra la desertificación, la mitigación de los efectos de la sequía y el apoyo a la mitigación, en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático; la neutralización de la degradación de las tierras en el marco de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación; el Marco de Sendai para la Reducción

del Riesgo de Desastres 2015-2034; el uso racional de los humedales en virtud de la Convención de Ramsar; los cuatro objetivos mundiales del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques; los compromisos contraídos en virtud de la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres; el Desafío de Bonn de la Asociación Mundial para la Restauración del Paisaje Forestal y los objetivos de otras iniciativas (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2016).

## 10. OBJETIVO GENERAL

Establecer un modelo de restauración ecológica para el área degradada de la Reserva Natural Los Laureles con enfoque de gestión del paisaje.

## 11. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir los objetivos de restauración del área de manera participativa
- Caracterizar el estado actual del ecosistema degradado y del ecosistema de referencia, sus componentes y procesos
- Impulsar la restauración ecológica con especies clave y germoplasma de la localidad
- Identificar y evaluar supuestos, actividades, procesos y metas para la restauración ecológica sostenible del área.

## 12. MATERIALES Y MÉTODOS

### 12.1. Tipo de investigación

- Enfoque de investigación mixto.
- Alcance de investigación exploratorio, descriptivo y aplicado.

### 12.2. Técnicas e instrumentos

Esta investigación tiene un carácter mixto, lo que implica que se recolectó información cualitativa y cuantitativa a diferentes escalas y con diferentes profundidades y enfoques en su análisis. Por lo tanto se considera que corresponde a un diseño anidado concurrente de varios niveles (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

#### 12.2.1. Definición de los objetivos de restauración de manera participativa

##### 12.2.1.1. Descripción

Esta sección corresponde a la porción cualitativa del proyecto de investigación. Trata la recolección, procesamiento y análisis de la información social y económica sobre la percepción del área, sus oportunidades y problemática, y las expectativas de desarrollo locales. Dos fuentes de información, o sectores, fueron consideradas: el propietario y los trabajadores del área protegida (muestra homogénea), y representantes de organizaciones de desarrollo social, económico y ambiental con incidencia en el área (especialistas locales).

##### 12.2.1.2. Recolección de datos

Se utilizó la metodología de grupos focales, en dónde se realizaron entrevistas semiestructuradas (Hernández et al., 2014). A lo largo de la actividad se discutieron las siguientes preguntas:

¿Qué actividades se realizan en la reserva? ¿Cómo es la vida en la reserva? ¿Cómo es el clima en el lugar?

¿Cómo ve la reserva en 5 y 10 años? ¿Cómo le gustaría que la reserva esté en 5 y 10 años?

¿Cuáles son los problemas que enfrenta la reserva? ¿Cuáles son las oportunidades que presenta la reserva? ¿Qué beneficios se obtienen en la localidad a partir de la reserva?

¿Qué actividades asociadas con la gestión ambiental y de la diversidad biológica se han realizado en la reserva y en otros paisajes cercanos? ¿Cómo han sido los resultados?

¿Ha cambiado la situación de la reserva desde su declaración como área protegida? ¿Cree usted que si los habitantes en el paisaje perciben beneficios de la reserva se preocupen por su gestión sostenible?

#### 12.2.1.3. Procesamiento de datos y plan de análisis

La información obtenida a partir de las entrevistas fue analizada en un primer momento y depurada para discernir categorías de información que brinden datos que fueron codificados, agrupados, comparados y relacionados a lo largo de la búsqueda de los patrones que permitieron identificar los objetivos de restauración (codificación en primer y segundo nivel, según Hernández y colaboradores, 2014).

Las categorías establecidas trataron de coincidir con la clasificación de los objetivos de desarrollo del Plan de Desarrollo Nacional K'atun. Los hallazgos identificados durante este análisis fueron discutidos entre los miembros del equipo de investigación en un primer momento, y luego fueron presentados y validados en una sesión de profundidad con los actores entrevistados reunidos (talleres 1 y 2).

#### 12.2.2. Caracterización del ecosistema degradado y el ecosistema de referencia

##### 12.2.2.1. Descripción

En esta sección se detalla la porción cuantitativa del proyecto de investigación. Trata sobre la recolección y análisis de información biológica sobre los ecosistemas presentes en la reserva, naturales (de referencia) y degradados. Tres fuentes de información, a diferentes escalas espaciales, son consideradas: caracterización de las comunidades vegetales (escala local), caracterización de comunidades de macroinvertebrados del suelo (microescala) y caracterización de comunidades de aves (escala de paisaje y superior). La información sobre macroinvertebrados y aves es considerada como indicadora de las condiciones en el ecosistema de referencia, que permite aproximarse a la comprensión del funcionamiento de los sistemas biológicos. La información sobre plantas responde a la caracterización en ecosistemas degradados y de referencia, ya que permite identificar comunidades vegetales distintas, y aproximarse así al modelo de sucesión vegetal en el área.



#### 12.2.2.2. Recolección de datos y variables: comunidad vegetal

Se evaluó la riqueza específica y estructura de la comunidad vegetal en el ecosistema de referencia y en el ecosistema degradado. Para esto se emplearon parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup>, en las que se registró la presencia de especies vegetales en todos los estratos: arbórea, arbustiva, herbácea, epífita, saprófita, parásita, lianas, etc. Se dispusieron seis parcelas en los ecosistemas de referencia y tres parcelas en el ecosistema degradado. Estas se distribuyeron de manera preferencial en el área de estudio, buscando representar las distintas estratificaciones del sitio. Las parcelas de 500 m<sup>2</sup> circulares se seleccionaron por permitir la mejor representación del ecosistema, disminuyendo el área de cada unidad muestral (parcela) para poder aumentar el número de estas. Al aumentar el número y dispersión de las unidades muestrales se logra abarcar más zonas (Kessler, 2001; Williams-Linera, Palacios-Ríos, & Hernández-Gómez, 2005). También al utilizar mayor número de parcelas, se logra visitar más áreas y localizar mayor diversidad de plantas al moverse entre un punto y otro, lo que contribuye a completar la lista de plantas en un ecosistema. Además, estas dimensiones son compatibles con el estudio del Inventario Forestal Nacional (Ramírez & Rodas, 2002).

La estratificación consistió en dividir el área de estudio en estratos con características similares para representar mejor la heterogeneidad del ecosistema (Pardo, 2007). La distribución preferencial consistió en ubicar las parcelas en localidades que sean accesibles, replicables y que representen alguna porción importante del ecosistema, dentro de cada uno de los estratos identificados. Cada parcela se delimitó con un radio de 12.6 m. Además de las variables anteriores, se plantea el cálculo de un índice o valor de importancia de las especies arbóreas, como el propuesto por Cottam y Curtis en 1956.

#### 12.2.2.3. Recolección de datos y variables: macroinvertebrados del suelo

La fauna de macroinvertebrados del suelo se estudió utilizando trampas de caída fabricadas con recipientes de PVC con capacidad de un litro, enterrados a nivel del suelo. Para conservar a los especímenes se colocó en cada trampa alcohol etílico y glicerina. Se colocó un total de 120 trampas, 60 durante la época seca y 60 durante la época lluviosa. Las

trampas se distribuyeron a lo largo de un transecto lineal, y estuvieron separadas entre sí por 10 m. Cada trampa permaneció abierta durante 168 horas.

Las muestras se conservaron en una solución de alcohol al 70%. Los especímenes recolectados en cada trampa fueron clasificados y separados en recipientes individuales, por trampa. Los macroinvertebrados adultos fueron identificados hasta familia. Esto permitió tener una aproximación a la riqueza específica y abundancia relativa de macroinvertebrados del suelo, las que se consideran variables descriptivas de un ecosistema. Esta metodología ha resultado efectiva en la identificación de patrones espaciales de diversidad de macroinvertebrados en otros bosques húmedos estacionales en tierras altas volcánicas (Ordoñez, 2015).

#### 12.2.2.4. Recolección de datos y variables: comunidad de aves

Se evaluó la riqueza específica y abundancia relativa de aves. Para su identificación se utilizaron binoculares y guías taxonómicas de campo. Todo lo observado fue documentado en una libreta de campo. Se establecieron 14 puntos de muestreo, definidos como puntos de avistamiento. Los puntos de avistamiento estuvieron separados entre sí por al menos 100 m<sup>2</sup>. Se permaneció en cada punto de avistamiento por 15 minutos. Los avistamientos fueron realizados durante la mañana entre las 5:30 y 10:30 horas. Los avistamientos se realizaron en cada sitio por tres días consecutivos durante la época seca y tres días consecutivos durante la época lluviosa. El esfuerzo propuesto consideró la época migratoria de las aves. Esto equivale a 21 horas efectivas de avistamiento de aves en el sitio de estudio.

Además de las variables mencionadas, se interpretó la importancia funcional de las especies de aves identificadas, por ejemplo, como dispersoras de semillas o polinizadoras.

#### 12.2.2.5. Análisis de los datos de la caracterización biológica de los ecosistemas

El análisis de la información cuantitativa sobre los ecosistemas incluye el cálculo de índices de aplicación general para los diferentes taxones evaluados, como el valor de importancia de Cottam & Curtis (1956), para árboles, y la riqueza específica en la comunidad.

### 12.2.3. Impulso a la restauración ecológica en la localidad

Esta porción del proyecto de investigación se considera parte del alcance aplicado del mismo. El impulso a la restauración ecológica en el área se alcanzó por medio de tres actividades: la identificación de especies vegetales clave para la restauración, con base en los objetivos propios y visión de desarrollo del área, y orientado por el análisis de los servicios de los ecosistemas esperados desde el proyecto de restauración; el establecimiento de un vivero con especies clave para la restauración; la elaboración y publicación de un manual para la reproducción y establecimiento de las especies vegetales clave.

#### 12.2.3.1. Identificación de especies clave para la restauración

Se integraron elementos de la investigación cualitativa (objetivos de restauración, visión de desarrollo del área, expectativas de los ecosistemas) con elementos de la investigación cuantitativa (valor de importancia de especies arbóreas, abundancia relativa, forma de vida) para proponer una lista de especies vegetales clave para la restauración ecológica de la localidad. Para esto se realizó un análisis de la correspondencia entre las categorías cualitativas identificadas en el análisis de la información de campo, con los servicios de los ecosistemas asociados a las características de la vegetación del área. Se contó con la colaboración de un experto internacional que contribuyó a la identificación y caracterización de atributos funcionales de los ecosistemas y su aplicación en el área, enfocada en la restauración ecológica para la provisión de servicios de los ecosistemas.

Este análisis permitió la elaboración de una guía para la reproducción y establecimiento de especies clave para la restauración en la localidad, y en áreas semejantes en el país.

#### 12.2.3.2. Establecimiento de un vivero forestal

Se recolectaron semillas a lo largo del año, las cuales se identificaron hasta especie, así mismo se recolectaron plántulas del área. Con base en la guía de especies clave para la restauración, se seleccionaron las especies que fueron incluidas en el vivero forestal. Estas plantas estarán disponibles para utilizarse en el futuro en el paisaje de estudio, por ejemplo en proyectos de restauración implementando el modelo propuesto.

#### 12.2.4. Modelo ecológico de restauración

Esta sección se considera parte del alcance aplicado del proyecto. Integrando el análisis de información cualitativa y cuantitativa se definió un modelo de restauración ecológica sostenible en el área, el cual considera por lo menos los objetivos, actividades y metas del mismo.

##### 12.2.4.1. Definición de los elementos del modelo de restauración

Se identificaron los objetivos y metas del proceso de restauración en el área. Al integrar la información cuantitativa se interpretaron e identificaron supuestos (modelo de sucesión vegetal), oportunidades y amenazas hacia los procesos de restauración. Se contó con el apoyo de un experto internacional para el análisis de algunas de las amenazas, recientemente caracterizadas a nivel mundial, para los procesos de restauración ecológica, como lo son los cambios en los regímenes de perturbaciones a los ecosistemas y la introducción de especies exóticas invasoras. Además se realizó una evaluación financiera y económica de un modelo de sistemas agroforestales, SAF por sus siglas, con cultivos y especies propias de la localidad, para identificar posibles barreras para la sostenibilidad económica.

### 12.3. Operacionalización de las variables

**Tabla 1**  
**Operacionalización de variables**

Objetivo específicos	Variables	Técnicas	Instrumentos	Medición o cualificación
Definir los objetivos de restauración	Percepción del área protegida, visión de desarrollo, expectativas del área protegida	Entrevista semiestructurada	Cuestionarios	Cualificación de las áreas degradadas y de las condiciones deseables en categorías
Caracterizar el estado actual del ecosistema degradado y de referencia	Riqueza específica, abundancia relativa, dominancia, equidad, características funcionales, valor de importancia	Parcelas de vegetación, trampas de caída, puntos de observación	Boletas de registro, bases de datos	Identificación taxonómica y conteo de especímenes
Impulso a la restauración con especies clave	Especies clave y sus características funcionales, de germinación y aptitud	Matriz de evaluación	Bases de datos	Cualificación de grupos de especies clave
Establecer un modelo de restauración ecológica sostenible	Integración de variables cualitativas y cuantitativas	--	Bases de datos, análisis financiero y económico	Cualificación y descriptores numéricos de la técnica a utilizar, escala temporal

### 13. VINCULACIÓN, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN

En la fase final del proyecto se desarrollaron dos curso-talleres con los siguientes temas: economía ambiental y la sociedad: gestión con enfoque de paisaje; y construcción de modelos innovadores para la gestión de la diversidad biológica: vinculando el enfoque de ecosistemas y el desarrollo social local. Estos fueron dirigidos a actores de los sectores de la academia, instituciones gubernamentales, implementadores y evaluadores de proyectos de restauración, organizaciones no gubernamentales ambientalistas y organizaciones de primer orden locales del paisaje de estudio.

Ambos talleres se dividieron en dos días, el primer día las actividades se realizaron en la Ciudad de Guatemala, y contó con la participación de 25 personas. El segundo día de los talleres se realizó en la Reserva Natural Los Laureles, Aldea Paxorotot, Tecpán y se contó con la participación de 40 personas cada día, incluyendo actores locales de la Aldea Paxorotot.

Se elaboró e imprimió una guía, presentada como un libro, sobre “Restauración y desarrollo sostenible en el ecosistema de pino-encino del altiplano central: una propuesta para la gestión de paisajes forestales”. Este incluye una guía sobre la taxonomía, ecología y reproducción de las especies vegetales claves en el ecosistema de la Reserva Natural Los Laureles y algunos indicadores para evaluar el éxito de las acciones de restauración. Este documento se distribuirá en los próximos meses en bibliotecas, centros de documentación e instituciones locales pertinentes con el tema.

## 14. RESULTADOS

Se presentan los resultados dispuestos en función de los cuatro objetivos del proyecto. La metodología empleada en cada sección es diferente, por lo que su comprensión requiere de una revisión constante de las técnicas presentadas en la sección 12 de este informe.

### 14.1. Objetivos de restauración

En esta sección se abordó un enfoque cualitativo de investigación, con alcance descriptivo. Se contó con la participación entusiasta por parte de actores locales de la Aldea Paxorotot, pertenecientes a diferentes sectores de la sociedad, quienes, desde sus actividades económicas propias e intereses particulares (medios de vida), plantearon la visión de desarrollo local que persiguen. Se reconocen dos grupos principales de actores.

El primer grupo está conformado por el propietario de la Reserva Natural Los Laureles (Sr. Mario Enrique Gálvez) y los trabajadores de la misma (especialmente Don Domingo López Canac), quienes realizan constantemente actividades de conservación del área protegida y actividades productivas amigables con el ambiente, que incluyen el cultivo de aguacate (agricultura de cultivos perennes), maíz (agricultura de cultivos anuales), apicultura y gestión de plantaciones forestales (silvicultura). Su ocupación es sobre todo conservacionista, expresando interés en el desarrollo económico futuro, posiblemente en las siguientes actividades: a) turismo comunitario especializado en aviturismo y aprendizaje de la historia natural de la diversidad biológica local; b) prestación de servicios de los ecosistemas relacionados a la regulación y provisión hídrica; c) estableciendo proyectos productivos piloto y demostrativos de sostenibilidad económica de actividades agrícolas no tradicionales y gestión de la diversidad biológica; d) provisión de plántulas y otros propágulos para apoyar la propagación de plantas útiles nativas de la localidad, y de árboles para proyectos de restauración de ecosistemas forestales.

El segundo grupo corresponde a organizaciones especializadas de la sociedad civil, considerados en esta investigación como especialistas locales. Las personas de este grupo tienen una ocupación sobre todo agrícola. Uno de los elementos interesantes, que exponen como parte de la cultura popular, es el hecho de que “para que un hombre sea hombre, debe trabajar la tierra”. La agricultura es por lo tanto la actividad basal de la constitución

económica, social y natural de lo humano, aunque como especialistas locales, tienen diferentes actividades secundarias que realizan como servicio a la comunidad, como las siguientes: a) organización social comunitaria, como en el caso de los miembros de la Junta Directiva del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE); b) gestión de recursos hídricos, como en el caso del grupo de Ministriles encargados de la provisión de agua; c) gestión de la cobertura forestal y saneamiento ambiental, por medio de la ejecución de proyectos de inversión foránea, educación ambiental y sensibilización a múltiples niveles, como en el caso de los miembros de la Asociación Civil Ambiental para el Manejo de la Cuenca del Xayá (ACAX); d) el grupo no organizado de proveedores de madera y leña.

Otros actores pertinentes, que participan en paisajes aledaños, son los administradores y propietarios de otras áreas protegidas, lo que incluye a la Municipalidad de Tecpán. Además, en el Municipio de Patzún, en las aldeas del área de influencia del Cerro Balam' Juyu', se desarrolla el Subproyecto Paq'uch, en una configuración social, ecológica y económica semejante a la de la Reserva Natural Los Laureles y la Aldea Paxorotot. Este subproyecto es ejecutado por la Asociación de Desarrollo Integral para el Pueblo Maya (AQ'AB'AL), y tiene tres objetivos: a) conservar áreas de importancia natural y cultural, por medio del conocimiento de la diversidad biológica y cultural, y la reforestación con especies nativas utilizando técnicas tradicionales; b) fortalecer modelos productivos tradicionales de gestión colectiva, incluyendo la conservación de suelos, la agroforestería tradicional y el rescate y divulgación de conocimientos y prácticas silviculturales tradicionales; c) fortalecer la institucionalidad comunitaria.

Los objetivos locales de desarrollo identificados (codificación de primer nivel) fueron agrupados en categorías congruentes con las líneas estratégicas del Plan Nacional de Desarrollo K'atun (codificación de segundo nivel). Estos se presentan en la Tabla 1.



**Tabla 2.** Objetivos locales de desarrollo identificados en el paisaje forestal y agrícola de la Aldea Paxorotot, incluyendo la Reserva Natural Los Laureles, en Tecpán, Chimaltenango.

<b>Línea estratégica</b>	<b>Área de influencia</b>	<b>Objetivo</b>
Bienestar para la gente	Seguridad alimentaria y nutricional	Fortalecer modelos productivos tradicionales de gestión colectiva
	Desarrollo social	Fortalecer la organización e institucionalización comunitaria
	Cultura	Rescatar y divulgar los conocimientos y prácticas tradicionales y ancestrales
		Conservar áreas de importancia cultural
Riqueza para todas y todos	Crecimiento económico	Desarrollar actividades de turismo comunitario y diversidad biológica
		Incrementar los ingresos provenientes de la provisión de servicios de los ecosistemas
		Fortalecer la comercialización de productos agrícolas con valor agregado
Recursos naturales para hoy y el futuro	Bosques	Asegurar la oferta de leña y madera para utilización en la localidad
	Agua	Mejorar la provisión y regulación hídrica
	Suelo	Desarrollar actividades de conservación de suelos
	Desechos sólidos y líquidos	Reducir la contaminación de afluentes en la parte alta del Río Xayá

Fuente: Información generada por el proyecto a partir de entrevistas semiestructuradas y trabajo con grupos focales en talleres temáticos.

Además se identificaron en la localidad algunos atributos de la sociedad inherentes a las capacidades de sus habitantes. Por ejemplo, existe alto recelo hacia aceptar personas ajenas a la localidad en las reuniones para platicar sobre recursos naturales. Esto puede deberse, en opinión de los autores, a su alto conocimiento técnico, alto autoreconocimiento del valor de este conocimiento. Por ejemplo, Doña Elena Cumes nos expresó en uno de los talleres:

“Lo que usted nos cuenta, desde su perspectiva como biólogo, nosotros ya lo hemos analizado antes. Ya sabemos que el bosque es el que da agua. Sabemos que si Don Mario no tuviera ese bosque en la Reserva, no tendríamos agua. La vez pasada, en la parte de atrás de esta montaña estaban cortando árboles, y entonces los detuvimos, y empezamos a plantar ílamos, y en más o menos cinco años, el agua regresó a su condición anterior.”



**Figura 1.** Reconocimiento a Don Damián Quino Cotero como expositor durante el segundo taller de construcción de un modelo para gestión del paisaje forestal y agrícola. Reserva Natural Los Laureles, Aldea Paxorotot, Tecpán, Chimaltenango, 30 de octubre de 2018.

Acompaña Doña Elena Cumes Macario y Jorge Jiménez.

Esto llevó a la interpretación de las siguientes fortalezas u oportunidades: a) se concibe como una fortaleza la presencia de un área protegida, la Reserva Natural Los Laureles, que constituye una fuente de provisión y regulación hídrica y un reservorio de propágulos de plantas nativas; b) se identificó alta sensibilidad respecto a la utilidad del agua, especialmente en la agricultura; c) se identificó una fuerte organización social, con grupos especializados en diferentes temas; d) existen esfuerzos ya encaminados, en paisajes

cercanos, por rescatar y divulgar los conocimientos y prácticas tradicionales y ancestrales (Proyecto Paq'uch). e) se cuenta con líderes locales con conocimiento técnico convencional, especializado en temas de conservación de suelos y recarga hídrica. En este último aspecto resalta Don Damián Quino, agricultor, educador ambiental y miembro de ACAX, quien resume, con entusiasmo, su enfoque de mejora en la recarga hídrica con la frase: “Queremos más infiltración y menos escorrentía”.

Como requisitos para la gestión sostenible del paisaje se plantea el desarrollo institucional y la valoración económica ambiental. Estas condiciones permitirían el reconocimiento de las contribuciones del ambiente a los procesos productivos, y por lo tanto la internalización (Beaton & Maser, 2012) económica de costos que puedan retornar como inversiones para el mantenimiento de los bosques y los ríos en proyectos locales. La comprensión local de esto se percibe de las palabras de Don Damián Quino:

“Cuando nosotros fundamos ACAX, lo hicimos porque queríamos que de nuestra tierra saliera el agua más limpia para los otros pueblos que están más abajo. ¿Qué será el agua que entuban en el acueducto de Xayá-Pixcayá? Es el popó y suciedad de los pobladores de Santa Apolonia. Nosotros no queríamos que fuera así, y en cambio, queríamos que la Municipalidad de Guatemala nos reconociera y nos apoyara para cuidar los bosques y el agua en estas tierras.”

La visión local de desarrollo parece haber sido permeada por el consumismo asociado al neoliberalismo económico, y por sus principales requisitos: la individualidad y la competitividad. En este sentido, Don Mario Gálvez comentó lo siguiente:

“Muchas de las personas en la Aldea han estado en Estados Unidos, o tienen parientes allá. Para ellos el desarrollo es poder comprar un (pickup Toyota) Hilux, aunque sea viejo, aunque vivan en casas de adobe. Su agricultura, aunque sea de productos no tradicionales para la exportación, no es sostenible, sino es subsidiada por las remesas que envían familiares”.

Las amenazas que se consideran urgentes de ser atendidas en la localidad, para hacer viable la gestión sostenible del paisaje son: la migración de jóvenes hacia países del norte de

América; la escasez de oportunidades laborales y de actividades productivas diversificadas; el falso cooperativismo, que con prácticas de monopolio y usura mantiene en condiciones de pobreza permanente a los actores productivos agrícolas; el empleo de agroquímicos en exceso en el paisaje agrícola, que degrada los suelos y las comunidades bióticas relacionadas.

Estas dificultades se evidenciaron en las palabras de Don Domingo López, quien comentaba con cierta esperanza, felicidad y nostalgia lo siguiente:

“Tengo un hijo que todos los años viaja a Canadá. Se lo llevan en avión, porque es buen trabajador. Él trabaja la tierra, y para eso se lo llevan. Dice que llevan a muchas personas de Guatemala, pero cuando están allá, los tienen contenidos en las fincas, para que no se gasten su dinero y para que no agarren gusto por vivir allá. Cuando regresa trae mucho dinero.”

También se expresaba, en este sentido, Don Damián Quino: “antes, aunque sembráramos arveja china, lo hacíamos sin químicos, éramos orgánicos, ahora, algunos ya estamos regresando a eso.”

#### 14.2. Caracterización del ecosistema degradado y el ecosistema de referencia

Esta sección corresponde al enfoque cuantitativo de la investigación, con alcance descriptivo. Aquí se aborda la caracterización del ecosistema con el estudio de diferentes organismos, con participación en procesos biológicos a diferentes escalas.

##### 14.2.1. Comunidad vegetal

Se estudió la vegetación utilizando 9 parcelas distribuidas en los diferentes ecosistemas, o usos de la tierra en el área de estudio, de la siguiente manera: 5 parcelas en bosques de pino y encino naturales (ecosistema de referencia), 3 parcelas en áreas degradadas sin cobertura forestal y una parcela en una plantación forestal de ciprés y pino (Tabla 3).

**Tabla 3.** Características de composición, estructura y fisionomía de la comunidad vegetal registrada en las parcelas de vegetación en la Reserva Natural Los Laureles, Tecpán, Chimaltenango, durante 2018.

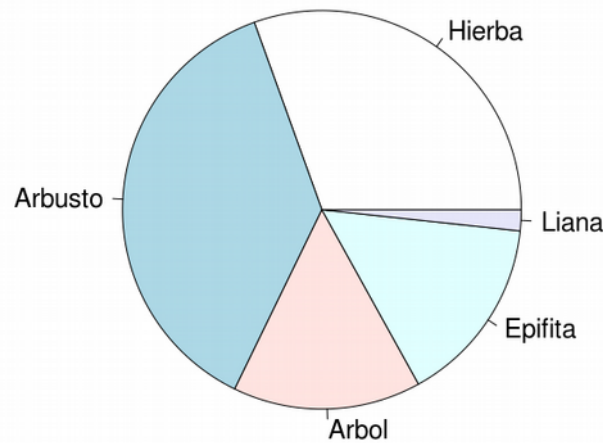
Código	Riqueza total	Riqueza árboles	# fustes /parcela	Tipo de ecosistema	Alt. media dosel (m)
LAU1	19	5	25	Bosque pino y encino	14.8
LAU2	28	5	38	Bosque pino y encino	17.5
LAU3	19	4	26	Bosque pino y encino	13.8
LAU4	30	5	22	Bosque pino y encino	11.2
LAU5	14	0	0	Ladera degradada	3
LAU6	23	3	32	Bosque pino y encino	12.6
LAU7	3	0	0	Cipresal aprovechado	0
LAU8	12	0	0	Ladera degradada	3
LAU9	28	2	34	Plantación de ciprés y pino	13.9

Fuente: Datos experimentales, referencia en el texto.

Se registraron 73 taxa vegetales en 29 familias botánicas (Apéndice 1), siendo las más diversas Asteraceae (13 taxa), Polypodiaceae (7 taxa), Solanaceae (5 taxa) y Fagaceae (4 taxa). La mayor diversidad de taxa se encontró en los arbustos con un 37% (27 taxa). Para las otras formas de vida o hábitos (Figura 2) se encontraron los siguientes valores: hierbas 31% (23 taxa), árboles 15% (11 taxa), epifitas 15% (11 taxa) y lianas 1% (1 taxa).

Los árboles *Quercus peduncularis* y *Pinus pseudostrobus* presentaron los valores de importancia más altos, según el índice de Cottam & Curtis (1956), con 1.096 y 0.829 respectivamente, en una escala en donde la suma de la importancia de todas las especies totaliza un valor de 3. En siguiente nivel de importancia se encuentran *Quercus acatenangensis* y *Cupressus lusitanica*, con valores de importancia de 0.424 y 0.415 respectivamente. Este índice consiste en la sumatoria de: densidad relativa de cada especie por sitio, considerada como la proporción de los fustes de dicha especie sobre el total de fustes registrados; dominancia relativa, como la proporción del área basal de la especie sobre el área basal de todas las especies; la frecuencia relativa, como la proporción de la frecuencia absoluta de cada especie respecto a la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies (Cottam & Curtis, 1956).

### Proporción de taxa según forma de vida



**Figura 2.** Proporción de taxa vegetales, según su hábito o forma de vida, detectados en el estudio de campo de la caracterización de los ecosistemas en la Reserva Natural Los Laureles, Tecpán, Chimaltenango, durante 2018.

La vegetación en la Reserva Natural Los Laureles es notablemente heterogénea. La diversidad de especies vegetales (composición) en las diferentes parcelas varía. Esta variación también se observa en aspectos de estructura y fisionomía, ya que se encuentran diferentes formas de vida y variaciones en la abundancia y dominancia de las especies arbóreas (Tabla 3).

Se revisó la inclusión de las especies vegetales identificadas en el área en la Lista de Especies Amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas, en la Convención CITES y en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Las siguientes especies se incluyen en alguna de las listas de especies amenazadas: *Tillandsia* sp., *Gynerium tonduzii*, *Habenaria* sp., *Triphora* sp., *Diphysa americana*, *Litsea glaucescens* y todos los encinos del género *Quercus* sp. También se buscó la presencia de especies exóticas naturalizadas, para considerarlas como indicadoras de presencia e intervención humana, pero no se las encontró en el área de bosque ni en las áreas degradadas.

#### 14.2.2. Macroinvertebrados del suelo

Aunque algunas de las trampas de caída para invertebrados fueron destruidas, posiblemente por perros curiosos, se obtuvieron 538 especímenes de macroinvertebrados adultos, pertenecientes a 25 familias. La más abundante fue la familia de escarabajos Carabidae, con el 41.4% de las capturas. Le siguen la familia de escarabajos Staphylinidae con el 21.2% de las capturas, de opiliones Sclerosomatidae con el 10.8% y de cucarachas, Blatellidae con el 10.6%. Además se detectaron otras familias de escarabajos, cien pies, hormigas y mosquitos (Apéndice 2).

Especial atención se prestó a los proturos (Protura), los que se encontraron en cantidades de cientos por trampa. Estos artrópodos hexápodos son inconspicuos por su reducido tamaño, pero son característicos de los suelos en áreas boscosas, donde se asocian a los ciclos de reciclaje de nutrientes como descomponedores de materia orgánica (Ponge, Gillet, Dubs, Federoff, Haese, Sousa, & Lavelle, 2003).

#### 14.2.3. Comunidad de aves

El esfuerzo invertido en la detección de aves permitió registrar 38 especies (Apéndice 3), incluyendo algunas migratorias detectadas a partir del mes de septiembre, como *Icterus wagleri*. Esta alta diversidad de aves puede analizarse desde el punto de vista de la ecología funcional, encontrándose una relación con los servicios de los ecosistemas a los que se asocian. Por ejemplo, la mayoría de aves Passeriformes son insectívoras, lo que se asociaría al control biológico de potenciales plagas. Otras aves como los colibríes (familia Trochilidae) son polinizadores de flores específicas, como los gallitos (género *Tillandsia*). También se registraron aves de presa, como buhos y gavilanes, y dispersoras de semillas, que se asocian a procesos ecológicos propios de la sucesión vegetal y recuperación de áreas con bosques degradados.

#### 14.2.4. Caracterización biológica de los ecosistemas

La Ecorregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica se ha definido sustentada en varias fuentes de información, todas a escala biogeográfica. Su delimitación es parte de un esfuerzo para mejorar la resolución de la representación geográfica, sobre todo en los trópicos, de la amplia diversidad de flora y fauna. Jerárquicamente el sistema de



ecorregiones divide al planeta en 14 biomas, ocho reinos biogeográficos y 867 ecoregiones terrestres (Olson, Dinerstein, Wikramayane, Burgess, Powell, Underwood et al., 2001). La intencionalidad original de esta herramienta es la de mejorar la planificación para la conservación a escala global y regional, lo que se promueve con la identificación de 142 regiones terrestres prioritarias para la conservación (Olson & Dinerstein, 1998). Una de estas regiones prioritarias es la de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica.

La Ecorregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica se distribuye desde el sur de Chiapas, en México, hasta el norte de Nicaragua. Esta ecorregión presenta bosques característicamente dominados por diferentes especies de pino y encino (*Pinus* spp. y *Quercus* spp.). Debido a la amplia escala de su delimitación (biogeográfica), se encuentra alta variabilidad en su distribución altitudinal, entre 600 y 2,300 msnm (Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, 2008). A escalas más finas, en el sistema climático de Holdridge se pueden identificar diez zonas de vida contenidas en la misma Ecorregión (De la Cruz, 1982), y por lo menos 25 ecosistemas terrestres en un sistema mixto que considera aspectos geológicos, fisiográficos y fisionómico-ecológicos de los ensambles vegetales (Meyrat, Vreugdenhil, Meerman, Gómez, & Graham, 2002).

#### 14.3. Impulso a la restauración ecológica en la localidad

Esta sección constituye el alcance aplicado de la investigación. Estos resultados provienen de la comprensión del ecosistema y los objetivos de desarrollo sociales, económicos y ambientales en la localidad, para que, utilizando el enfoque de ecosistemas, se materialicen directrices para la gestión de la diversidad biológica encaminada a la satisfacción de necesidades locales.

##### 14.3.1. Especies clave para la restauración

Se identificaron 16 especies clave para la restauración en el área, las cuales presentan, desde el punto de vista ecológico, alta proporción en la comunidad vegetal, y desde el punto de vista utilitario, diversos usos, considerados los más importantes por los habitantes de la Aldea Paxorotot. Estas especies fueron enlistadas, descritas y comentadas respecto a sus usos y requerimientos para su propagación y establecimiento en una guía titulada “Restauración y desarrollo sostenible en el ecosistema de pino-encino del Altiplano



Central: una propuesta para la gestión de paisajes forestales”. La guía fue diagramada, editada y reproducida con el apoyo del Fondo de Investigación de la Digi. Fue publicado un tiraje de 1,000 ejemplares.

#### 14.3.2. Vivero forestal

Se estableció un vivero con las especies clave identificadas en el proyecto, y se elaboró un manual práctico para el manejo de estas plantas en vivero, el cual se pretende sirva para otros esfuerzos semejantes en paisajes forestales del Altiplano de Guatemala (Apéndice 4).

#### 14.4. Modelo ecológico de restauración

El modelo ecológico de restauración corresponde a lo que se podría considerar la mezcla de un modelo ecológico conceptual y el marco del análisis multicriterio en la toma de decisiones, y su aplicación a problemas económicos y sociales (Ballesteros & Romero, 1998). En esta sección se presentan los diferentes modelos estudiados en esta investigación, y se definen los elementos más importantes para la toma de decisiones enfocados en la restauración, y contenidos en el marco analítico del paradigma actual de sostenibilidad basada en tres pilares: social-político, económico-financiero y ambiental-biológico (Managi & Kuriyama, 2017).

##### 14.4.1. Elementos del modelo de restauración

Según los resultados de la sección 14.1, los objetivos de desarrollo compartidos por los habitantes en la Aldea Paxorotot, como un paisaje forestal y agrícola rural, son explícitos y congruentes con el plan de desarrollo nacional. Estos constituyen los elementos sociales del modelo de restauración, ya que además de establecer objetivos sociales, se identificaron supuestos, oportunidades y amenazas a la gestión del territorio.

El segundo grupo de elementos del modelo de restauración fue identificado por medio del modelaje de un escenario de inversión financiera directa en un paisaje de vocación forestal. Se trató de llevar el flujo de caja a términos económicos, que según Castro y Mokate (2003), permitirían comparar la situación actual de territorio de estudio respecto a una situación hipotética, en este caso de restauración del paisaje forestal por medio de sistemas agroforestales. Esta forma de evaluación de proyectos se basa en el análisis del costo de oportunidad de los recursos (tierra, mano de obra, tecnología y capital), para aproximarse al

costo y beneficio que la sociedad percibe en según se aproxima o aleja a las metas de desarrollo propias. El ejercicio detallado se presenta en el Apéndice 5.

A partir de este ejercicio económico se lograron identificar los elementos para complementar el modelo de restauración del paisaje forestal propuesto. Desde la perspectiva del mercado, los sistemas agroforestales (SAF) son menos rentables que los usos de agricultura intensiva, aun cuando esta se practica con cultivos tradicionales en terrenos con suelos y pendientes no adecuadas. Este bajo rendimiento se relaciona con lo que se valora en la actualidad como producto de la gestión de los SAF: los productos agrícolas, la leña y la madera. Aun con la intervención de incentivos forestales como los establecidos en la Ley PROBOSQUE (Decreto 2-2015), la inversión no es financiera ni económicamente rentable. Esto se debe a que los beneficios ambientales, reflejados como servicios de los ecosistemas a las sociedades no han sido medidos, por lo tanto, no se reflejan en los flujos de caja del costo de oportunidad social. Una manera de hacer sostenibles los proyectos SAF, en términos económicos, sociales y ambientales, es el desarrollo de actividades productivas que utilicen al bosque como un activo fijo, es decir, por su valor en pie, no como leña o madera en el mercado. Dos de estas actividades, compatibles y sinérgicas con la restauración del paisaje forestal son la apicultura y el turismo comunitario en áreas naturales. Ambos representan el aprovechamiento económico de servicios de los ecosistemas, sin degradar notablemente los mismos. Una tercera forma, que constituye la tercera opción para ser considerada como un elemento del modelo de restauración intersectorial, es el establecimiento de un sistema de pagos y compensación por servicios de los ecosistemas.

El tercer grupo de elementos del modelo de restauración corresponde a los elementos ecológicos. Como se evidencia en la información biológica, existen en la Aldea Paxorotot los elementos necesarios para la gestión sostenible del paisaje: existen bosques, procesos ecológicos y servicios de regulación ambiental. Además, ante la degradación del bosque, la sucesión vegetal natural lleva al cambio en las especies de manera sucesiva, resultando en un ecosistema en transición, que aumenta en complejidad de composición y función, y de servicios de los ecosistemas (ver discusión en sección 15.1). Entre estos elementos se

incluye por lo tanto, el modelo de sucesión vegetal natural, la cual depende de la fertilidad de los suelos, relacionada con los macroinvertebrados presentes, y los procesos de dispersión de semillas, representados por las aves de la localidad. Adicionalmente se plantea la posibilidad de gestionar los paisajes utilizando especies clave, como las indicadas en la sección 14.3.

## 15. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para complementar los resultados expuestos, se presenta el análisis y discusión, en los que se interpretan las implicaciones de los hallazgos del proyecto, y su relación con otros procesos que ocurren en el paisaje forestal y agrícola de la Aldea Paxorotot y la Reserva Natural Los Laureles.

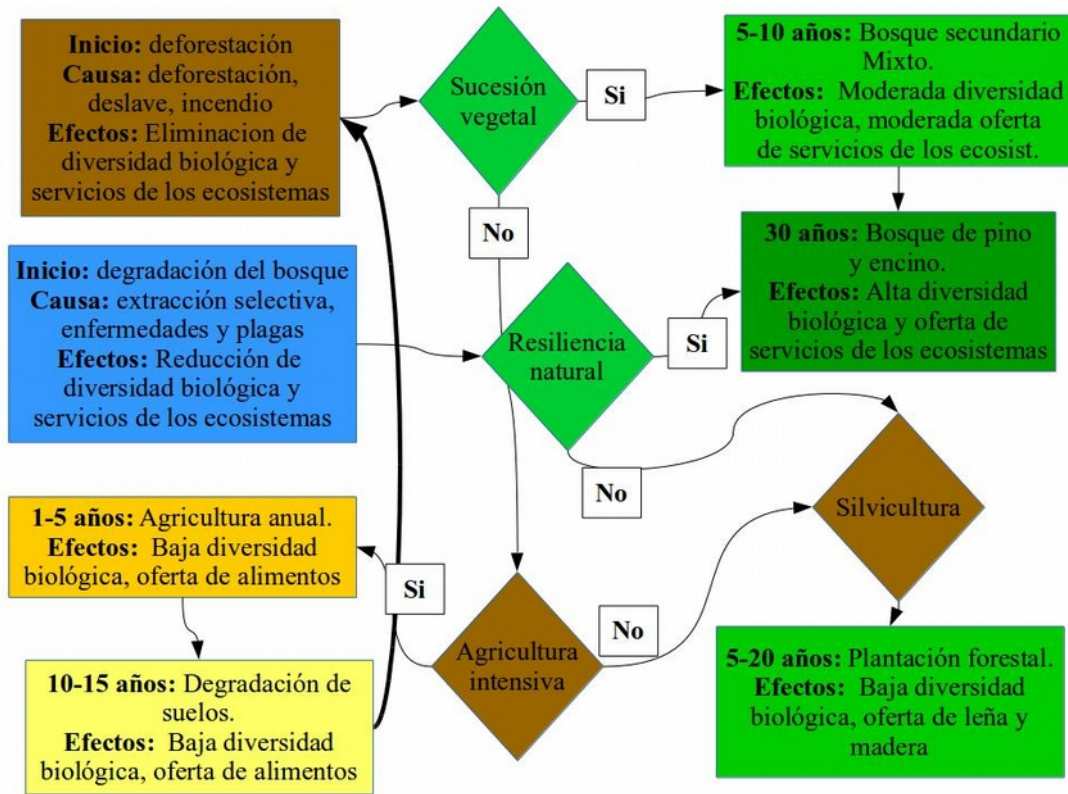
### 15.1. Caracterización del ecosistema degradado y el ecosistema de referencia

Los modelos, en ecología, constituyen representaciones simplificadas de la realidad. Aunque se trate de una simplificación, algunos de estos permiten hacer predicciones y tomar decisiones. La caracterización de los ecosistemas en el área de estudio tuvo la finalidad principal de brindar los elementos para la construcción de modelos ecológicos conceptuales útiles para la gestión de los paisajes forestales. Considerando los tres grupos taxonómicos estudiados, se puede interpretar una linealidad en la dinámica de la vegetación, lo que se puede considerar un fenómeno de sucesión vegetal, la cual puede ser modificada por diferentes estresantes o impulsores. A continuación se presenta, como una interpretación de los resultados de la Tabla 3, un grupo de modelos de sucesión vegetal, y su relación con servicios de los ecosistemas.

El modelo de la Figura 3 se puede entender como lo que se propone ocurre en un paisaje forestal, específicamente en tierras con vocación forestal, es decir con alta pendiente y/o poca profundidad del suelo (MAGA, 2001). Ante un evento de deforestación, se propone que las características del ecosistema permiten la recuperación de cobertura vegetal, suponiendo que existen fuentes de propágulos cercanas (semillas), y que no se instauraron especies vegetales exóticas invasoras, ni nuevos regímenes de perturbación, como incendios forestales.

En la localidad se han observado plantaciones forestales, con pinos o cipreses. Estos no constituyen ecosistemas naturales, sino rodales monoespecíficos, con baja diversidad biológica y limitaciones en los servicios de los ecosistemas que ofrecen (Martín-López, González, Díaz, Castro, & García-Llorente, 2007). Las plantaciones monoespecíficas, como cualquier otro cultivo ordinario, sufren de problemas asociados a la vulnerabilidad ante enfermedades, las cuales se propagan más rápidamente al encontrarse en altas

densidades. Además, la capacidad de mantener funciones naturales es limitada, por lo que la oferta de servicios de regulación, y la resiliencia en general de los ecosistemas es reducida.



**Figura 3.** Modelos ecológicos conceptuales de la sucesión vegetal como interpretación de la caracterización de los ecosistemas en la Reserva Natural Los Laureles, Tecpán, Chimaltenango, durante 2018.

En las tierras altas montañosas, con condiciones de vocación forestal, la agricultura presenta bajos rendimientos, y su producción es limitada en el tiempo, por lo que los suelos eventualmente estarán tan degradados que no permitirán la agricultura intensiva. El término “vocación forestal”, empleado al analizar la capacidad de uso de un territorio desde el punto de vista agronómico (MAGA, 2001), tiene sentido desde el enfoque de ecosistemas. Estas tierras deberían estar cubiertas de bosques, y los pobladores que mantienen estos

bosques, y desarrollan medios de vida locales adaptados a estas condiciones, deberían ser reconocidos por su contribución a la sociedad guatemalteca.

#### 15.2. Modelo ecológico de restauración

Según han encontrado otros estudios (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente [Iarna] e Instituto de Investigaciones y Gerencia Política [Ingep], 2009; Sierra, 2017), en el paisaje forestal y agrícola objeto de estudio de esta investigación, la sostenibilidad (social, económica y ambiental) se alcanzaría trabajando en dos vías principales: el fortalecimiento de la organización social y el desarrollo de actividades económicas sostenibles. Algunas de las ideas que se presentaban con frecuencia durante la formulación de la Estrategia Nacional de Restauración del Paisaje Forestal (ENRPF), de cuya argumentación fue testigo el coordinador de este proyecto, y que se relacionan con lo aseverado, incluyen: “debemos hacer de la restauración del paisaje forestal un buen negocio”, “la gente en condición de pobreza que vive en la parte alta de las cuencas (tierras con vocación forestal) no debería cargar con los costos de la restauración” y finalmente “con o sin incentivos forestales, la restauración del paisaje forestal ¡va!, porque es necesaria”.

Esto permite comprender, que aunque la mayor limitante encontrada para la implementación de la ENRPF fue la falta de certeza jurídica sobre la tierra (Mesa Nacional de RPF), esta afirmación se derivó del análisis a nivel nacional, por lo que en la localidad de estudio, la mayor limitante es la segunda, en importancia, encontrada por la formulación de la Estrategia: la falta de sostenibilidad económica ofrecida por los usos forestales sostenibles de la tierra, y las limitaciones en la institucionalidad civil y gubernamental. Ante estas observaciones se propone que, como principal aporte de un esquema de restauración del paisaje forestal, se debe fortalecer la organización social y la institucionalidad civil y gubernamental. Esta institucionalidad fortalecida que podría, por lo menos a escala local, tener el poder para lidiar con el principal problema de Guatemala, que es la impunidad, también llegaría hasta las medidas económicas necesarias para hacer autosostenible, o simplemente sostenible, la actividad forestal de la restauración del paisaje.

Los beneficiarios, por ejemplo, en el área de estudio de los servicios de regulación hídrica ofrecidos por el paisaje forestal serían, más que los pequeños agricultores locales, los habitantes de la Región Metropolitana de Guatemala, que reciben en cierto porcentaje agua transportada por el Acueducto Nacional, desde la zona de captación, en la parte alta de las cuencas de los Ríos Xayá y Pixcayá. La falta de reconocimiento de estos servicios de los ecosistemas, por los grandes agregados en zonas urbanas, y por todas las agroindustrias exportadoras que se benefician de los servicios de regulación hídrica, en las partes altas de las cuencas, constituye una forma de impunidad social (Sukhdev, Wittmer, & Miller, 2014). Se castiga a los pequeños agricultores de las partes altas por la deforestación que provocan, y se les obliga a producir cultivos anuales de subsistencia en tierras no aptas, sin reconocer que con un pequeño aporte monetario, específicamente orientado a la sostenibilidad forestal en las partes altas, sería suficiente para elevar los niveles de la calidad de vida local, y la disminución de costos para la sociedad guatemalteca en general, por ejemplo, en la provisión de agua por medios altamente costosos, y la reducción de costos derivados del asolvamiento y erosión.

Ante esta problemática, con base en la capacidad de los ecosistemas para recuperarse por sí mismos (resiliencia) o para iniciar procesos de sucesión forestal, y en el estudio financiero del establecimiento de sistemas agroforestales (Apéndice 5), se propone, que además de impulsarse la restauración con especies nativas, que proveen de servicios importantes en la localidad, o por simple restauración pasiva, se deben establecer sistemas económicos para lograr el impacto deseado.

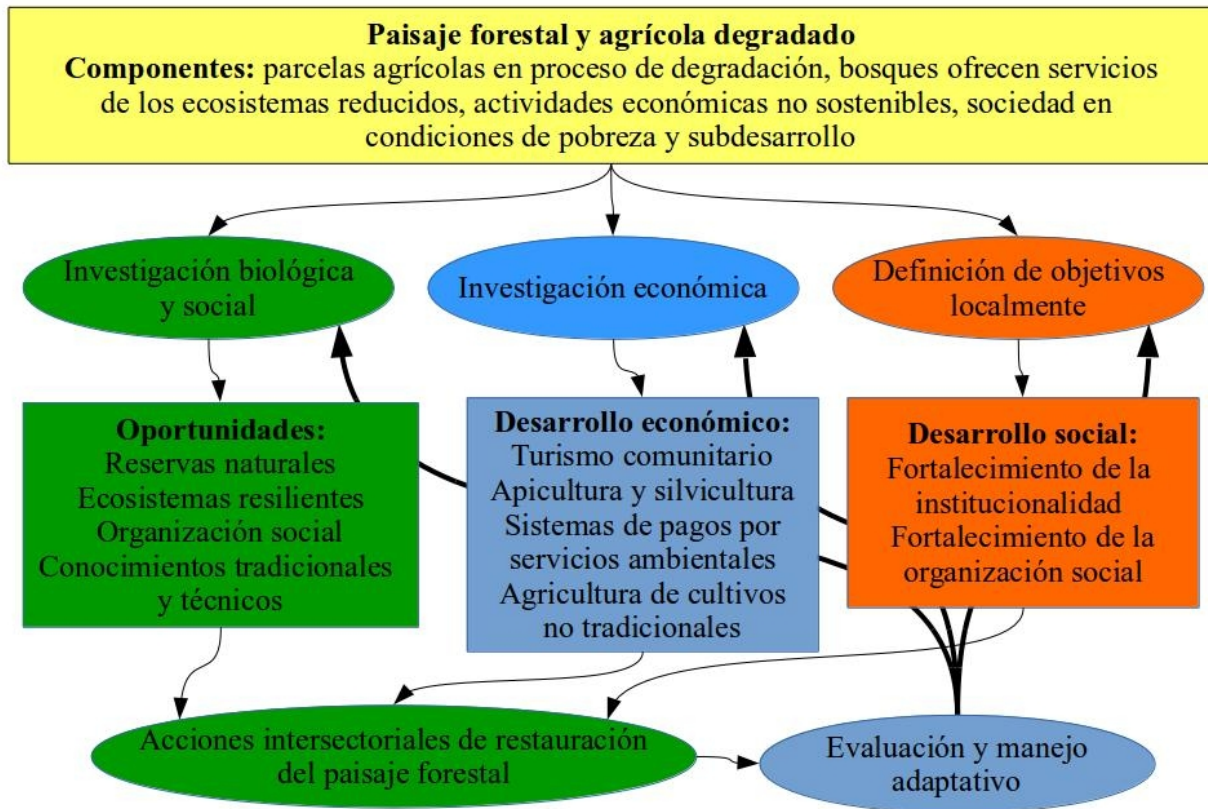
El modelo propuesto en esta investigación, aunque de validez general en los paisajes de la Región Fisiográfica de las Tierras Altas Volcánicas, resulta bastante específico para este tipo de configuraciones sociales, económicas y ambientales. La manera de implementar acciones de restauración en otros paisajes, aun así sean de la misma región fisiográfica, pero en otras altitudes o regímenes de precipitación, serían diferentes. Esto se debe, a que, como se ha propuesto por otros investigadores (Iarna e Ingep, 2009), la mayor cantidad de restricciones para las actividades económicas y sociales en un territorio las presentan las condiciones ambientales. Además, desde el punto de vista del paradigma general de la

sostenibilidad, adoptado por la Estrategia Nacional de RPF, las dimensiones social y económica son creaciones humanas, y se desarrollan en un ambiente preexistente; las dimensiones social y económica pueden ser modificadas en un plazo relativamente corto, por regímenes de gobierno o económicos, pero el ambiente, raramente puede ser modificado, significativamente, por la voluntad y organización humana.

Si el ambiente, que en la actualidad es producto de la relación de organismos vivos sobre materiales inertes (biósfera), desde el punto de vista de la sociedad y la economía se puede comprender como un conjunto de recursos y condiciones ambientales, es poco lo que la humanidad puede hacer sobre los recursos ya presentes (nutrientes del suelo, fotosíntesis, fijación de carbono [Carpintero, 2007]) y menos aun sobre las condiciones ambientales (temperatura, precipitación, estacionalidad, humedad relativa). Lo que la sociedad y la economía hacen en la actualidad, y han hecho durante miles de años, es adaptarse al ambiente, lo cual, finalmente se comprende como cultura. Así, las practicas, conocimientos y tecnologías tradicionales y ancestrales, ya sean morales, agrícolas o de otros tipos, que constituyen la cultura, son la mejor expresión de la adaptación de las civilizaciones humanas al entorno natural, al ambiente en el que viven. Debido a esto, a que las culturas son diferentes en Guatemala, según los diferentes paisaje en que se desarrollaron y adaptaron, diferentes deben ser por lo tanto los modelos de gestión del paisaje, en este caso, de restauración del paisaje. Es por esto, que aunque exista apoyo financiero, voluntad política y organización social, sin conocimiento sobre los ecosistemas, que constituyen la base en la que se fundan las dimensiones social y económica, es poco lo que se puede hacer para restaurar el paisaje. La Estrategia Nacional de RPF, de la misma manera que la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica, proponen que una de las actividades prioritarias, para la sostenibilidad en Guatemala, es proponer modelos de restauración adecuados para diferentes ecosistemas y paisajes. Esta es una tarea que debería ser atendida, para el desarrollo de la sociedad guatemalteca, desde la academia, especialmente, desde la Universidad de San Carlos de Guatemala, que tiene la capacidad para integrar diferentes disciplinas e impulsar la investigación. A continuación se presenta una síntesis gráfica del modelo propuesto (Figura 4), el cual además permitiría avanzar en la consecución de los objetivos locales de desarrollo, expuestos en la sección 14.1.



Como lo plantea la teoría básica de la restauración ecológica (Mansourian, Vallauri & Dudley, 2005; Temperton, Hobbs, Nuttle & Halle, 2004), y evidencia reciente (Mesa Nacional de RPF, 2018), la restauración del paisaje debería tener por lo menos cuatro etapas fundamentales. El principio de esta gestión consiste en la definición, participativa y local, de los objetivos de restauración. Estos objetivos deberían llevar a tener impactos en el bienestar de las personas (Aguado, Calvo, Dessal, Riechmann, González, & Montes, 2012). La siguiente etapa es la investigación, que permite proponer actividades en el campo, fortalezas, oportunidades y amenazas con relación al proyecto de restauración. La tercera etapa consiste en la implementación de acciones prioritarias, la cual es constante, a largo plazo, de manera semejante a la cuarta etapa, que consiste en la evaluación de los resultados y la proposición de modificaciones al modelo de gestión del territorio. Es por lo tanto la restauración ecológica, o restauración del paisaje forestal y agrícola, un ejercicio de manejo adaptativo, con ciclos de retroalimentación, la cual es urgente, por lo que no puede esperar a tener la información completa de un sistema biocultural, sino que necesita del emprendimiento de acciones.



**Figura 4.** Modelo conceptual para la gestión intersectorial de la diversidad biológica para la restauración del paisaje forestal, en paisajes forestales y agrícolas del Altiplano Central Guatemalteco, atendiendo a las metas, localmente definidas de desarrollo, aprovechando las potenciales de los ecosistemas y utilizando mecanismos de desarrollo económico pertinentes con la gestión sostenible y los medios de vida locales.

## 16. CONCLUSIONES

Se determinaron objetivos de desarrollo locales, de manera participativa, incluyendo los intereses de diferentes sectores, que se resumen así: mejorar la oferta, en cuanto a calidad y cantidad, del servicio de provisión de agua y regulación hídrica, específicamente por medio del incremento de la infiltración y disminución de la escorrentía superficial; mejorar la sostenibilidad de la oferta de leña y madera para consumo en la localidad; mejorar las capacidades de organización social en torno a la gestión ambiental; establecer un programa de sensibilización y capacitación en temas ambientales, con diferentes grupos de actores en la localidad; gestionar nuevas fuentes de financiamiento para impulsar la gestión sostenible del área.

Se identificó un ecosistema de bosque de pino y encino en el área, el cual cuenta con alta diversidad biológica y ofrece diferentes servicios a la sociedad guatemalteca. Además cuenta con capacidad para que ocurran procesos de sucesión vegetal en porciones deforestadas de los ecosistemas, y de resiliencia y recuperación, en porciones degradadas de los ecosistemas.

Se impulsó la restauración del paisaje forestal en el Altiplano Central de Guatemala, por medio de la publicación de una guía sobre indicadores de la restauración, y especies prioritarias propuestas para utilizar en actividades de restauración.

Se formularon y evaluaron modelos financieros, económicos y ecológicos para proponer finalmente un modelo innovador de gestión de la diversidad biológica, que permite reconocer la contribución de las reservas naturales privadas en las metas nacionales de restauración del paisaje forestal, que consisten en mejorar el bienestar de las personas.

## 17. IMPACTO ESPERADO

Durante esta fase del proyecto se levantó una línea base del estado actual del ecosistema degradado así como del ecosistema de referencia, y se realizó una comparación entre ambos ecosistemas. Así mismo se definieron las especies clave para la restauración del ecosistema degradado y se estableció un vivero con estas especies. Se planteó un modelo de restauración que se espera sea implementado en una segunda fase del proyecto, con el fin de impactar a la población de la Aldea Paxorotot y mejorar los medios de vida de la misma. Al finalizar el proyecto se realizaron dos curso-talleres con los siguientes temas: economía ambiental y la sociedad: gestión con enfoque de paisaje; y construcción de modelos innovadores para la gestión de la diversidad biológica: vinculando el enfoque de ecosistemas y el desarrollo social local. Durante estos talleres ocurrió un intercambio de conocimientos, entre especialistas de lo científico y lo tradicionales, y entre territorios semejantes, entre la parte baja del Municipio de Tecpán y el área de influencia del Cerro Balam' Juyu' en Patzún.

Se espera que la información generada tenga diferentes utilidades para la sociedad guatemalteca: la información biológica podrá servir como patrón de comparación de un ecosistema de referencia, para poder proponer modelos de sucesión vegetal en otros paisajes del Altiplano Central; la información sobre sociedad y economía permitirá validar observaciones de otros proyectos en otras localidades y estructuras sociales; el vivero y la guía publicada servirá como orientación y material para la implementación de acciones de restauración en la localidad; el modelo de restauración propuesto podrá funcionar como modelo de referencia para elaborar otros modelos específicos en otras configuraciones de paisaje en los bosques de pino y encino de Guatemala y Centroamérica.

## 18. REFERENCIAS

- Aguado, M., Calvo, D., Dessal, C., Riechmann, J., González, J., & Montes, C. (2012). La necesidad de repensar el bienestar humano en un mundo cambiante. *Papeles de Relaciones Ecosociales y Cambio Global*, 119, 49-76.
- Aronson, J., Milton, S. J., & Blignaut, J. N. (2007). *Restoring natural capital: science, business, and practice*. Washington: Island Press.
- Aronson, J., & Alexander, S. (2013). Steering towards sustainability requires more ecological restoration. *Natureza & Conservação*, 11(2), 127-137.
- Ballesteros, E. & Romero, C. (1998). *Multiple criteria decision making and its applications to economic problems*. New York: Springer.
- Barrera-Cataño, J., Contreras-Rodríguez, S., Garzón-Yepes, N., Moreno-Cárdenas, A., & Montoya-Villarreal, S. (2010). *Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital*. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente, Pontificia Universidad Javeriana.
- Beaton, R., & Maser, C. (2012). *Economics and ecology united for a sustainable World*. Florida: CRC Press.
- Begon, M., Townsend, C., & Harper, J. (2006). *Ecology: From individuals to Ecosystems* (4th ed.) Reino Unido: Blackwell Publishing.
- Carpintero, O. (2007). La apropiación humana de producción primaria neta (AHPPN) como aproximación al metabolismo económico. *Ecosistemas*, 16(3), 25-36.
- Castro, R. & Mokate, K. (2003). *Evaluación económica y social de proyectos de inversión*. 2ª. ed. Bogotá: Alfaomega.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2013). *Política Nacional de Diversidad Biológica, Estrategia Nacional de Diversidad Biológica y su Plan de Acción*. Guatemala: Autor.

- Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2016). *Decisión adoptada por la Conferencia de las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Restauración de los ecosistemas: plan de acción a corto plazo*. México: Autor.
- Cottam, C. & Curtis, J. T. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37, 451-460.
- Cruz De la, J. (1982). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Sexta edición. México: McGraw-Hill.
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, e Instituto de Investigaciones y Gerencia Política. (2009). *Gestión ambiental y gobernabilidad local*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- Janishevski, L., Santamaria, C., Gidda, S., Cooper, H., & Brancalion, P. (2015). Ecosystem restoration, protected areas and biodiversity conservation. *Unasylva*, 245(6), 19-27.
- Kessler, M. (2001) Maximum plant-community endemism at intermediate intensities of anthropogenic disturbance in Bolivian montane forests. *Conservation Biology*, 15, 634–641.
- Managi, S. & Kuriyama, K. (2017). *Environmental economics*. Londres: Routledge.
- Mansuorin, S., Vallauri, D., & Dudley, N. (2005). *Forest restoration in landscapes: beyond planting trees*. New York: Springer.
- Martín-López, B., González, J., Díaz, S., Castro, I., & García-Llorente, M. (2007). Biodiversidad y bienestar humano: El papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas*, 16(3), 69-80.
- Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala. (2015). *Estrategia de restauración del paisaje forestal: Mecanismo para el desarrollo rural sostenible de Guatemala*. Guatemala: Instituto Nacional de Bosques.

- Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala. (2018). *Oportunidades de restauración del paisaje forestal en Guatemala*. Guatemala: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- Metzger, J., & Brancalion, P. (2013). Challenges and opportunities in applying a landscape ecology perspective in ecological restoration: A powerful approach to shape neolandscapes. *Natureza & Conservação, 11*(2), 103-107.
- Meyrat, A., Vreugdenhil, D., Meerman, J., Gómez, L. D., & Graham, D. J. (2002). *Mapa de ecosistemas de América Central*. Washington: Banco Mundial y Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.
- Miller, J., Lowry, P., Aronson, J., Blackmore, S., Havens, K., & Maschinski, J. (2016). Conserving biodiversity through ecological restoration: the potential contributions of botanical gardens and arboreta. *Candollea, 71*, 91-98.
- Olson, D. M. & Dinerstein, E. (1998). The global 200: a representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology, 12* (3), 502–515.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramayane, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V., Underwood, E. C., ... Kassem, K. R. (2001). Terrestrial ecoregions of the World: A new map of Life on Earth. *BioScience, 55*(11), 933–938.
- Ordoñez, E. (2015). *Evaluación del potencial de los agroecosistemas como reservorios de biodiversidad de macroinvertebrados del suelo en San Pedro La Laguna y San Juan La Laguna, Sololá*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Biología).
- Palmer, M., & Filoso, S. (2009). Restoration of ecosystem services for environmental markets. *Science, 325*, 575-576.
- Pardo, P. (2007). *Estudio de la vegetación del Volcán San Pedro, Sololá*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Biología).

- Ponge, J. F., Gillet, S., Dubs, F., Federoff, E., Haese, L., Sousa, J. P., & Lavelle, P. (2003). Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. *Soil Biology & Biochemistry*, 35, 813-826.
- Ramírez, C. & Rodas, R. (2002). *Manual de campo para el Inventario Forestal Nacional de Guatemala*. Guatemala: INAB.
- Rey, J., Newton, A., Diaz, A., & Bullock, J. (2008). Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: A meta-analysis. *Science*, 325, 1121-1124.
- Sanchún, A., Botero, R., Morera, A., Obando, G., Russo, R., Scholz, C., & Spinola, M. (2016). *Restauración funcional del paisaje rural: Manual de técnicas*. Costa Rica: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- Sierra, C. (2017). *Factores determinantes para la sostenibilidad del manejo comunitario en áreas de Totonicapán, Petén y Escuintla bajo el modelo socio-ecológico*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar (Tesis de Ingeniería Ambiental).
- Souza De, M., Reverberi, L., Romitelli, I., & Metzger, J. (2013). Landscape ecology, perspective in restoration projects for biodiversity conservation: A review. *Natureza & Conservação*, 11(2), 108-118.
- Sukhdev, P., Wittmer, H., & Miller, D. (2014). La economía de los ecosistemas y la biodiversidad (TEEB): Desafíos y respuestas. In D. Helm & C. Hepburn (Eds.) *Nature in the balance: The economics of biodiversity*. Oxford: Oxford University Press.
- Tambosi, L., Martensen, A., Ribeiro, M., & Metzger, J. (2013). A framework to optimize biodiversity restoration efforts based on habitat amount and landscape connectivity. *Restoration Ecology*, 22(2), 169-177.
- Temperton, V. M., Hobbs, R. J., Nuttle, T., & Halle, S. (2004). *Assembly rules and restoration ecology: bridging the gap between theory and practice*. Washington: Island Press.



- Williams-Linera, G., Palacios-Ríos, M., & Hernández-Gómez, R. (2005). Fern richness, tree species surrogacy and fragment complementarity in a Mexican tropical cloud forest. *Biodiversity and Conservation*, *14*, 119–133.
- Young, D., Choi, V., Temperton, E., Allen, A., Grootjans, A., Halassy, M., ... Torok, K. (2008). Ecological restoration for future sustainability in a changing environment. *Ecoscience*, *15*(1), 53-64.

## 19. APÉNDICE

Apéndice 1. Lista de taxa vegetales registrados en el estudio de los ecosistemas.

	<b>Col.</b>	<b>No.</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Autores</b>
1	JJ	2913	Amaranthaceae	<i>Iresine diffusa</i>	Humb. & Bonpl. ex Willd.
2			Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i>	(Kunth) Decne. & Planch.
3	JJ	2917	Aspleniaceae	<i>Asplenium monanthes</i>	L.
4	BH	961	Asteraceae	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	(Kunth) H. Rob. & Brettell
5	JJ	2915	Asteraceae	<i>Calea ternifolia</i>	Kunth
6	BH	957	Asteraceae	<i>Eremosis leiocarpa</i>	(DC.) Gleason
7	JJ	2927	Asteraceae	<i>Fleischmannia pycnocephala</i>	(Less.) R.M. King & H. Rob.
8	JJ	2912	Asteraceae	<i>Fleischmannia pycnocephala</i>	(Less.) R.M. King & H. Rob.
9	JJ	2914	Asteraceae	<i>Fleischmanniopsis leucocephala</i>	(Benth.) R.M. King & H. Rob.
10			Asteraceae	<i>Gnaphalium brachypterum</i>	DC.
11	JJ	2943	Asteraceae	<i>Heliantheae</i>	
12			Asteraceae	<i>Montanoa sp.</i>	
13	JJ	2926	Asteraceae	<i>Roldana petasioides</i>	(Grenm.) H. Rob.
14	JJ	2930	Asteraceae	<i>Roldana schaffneri</i>	(Sch. Bip. ex Klatt) H. Rob. & Brettell
15	JJ	2936	Asteraceae	<i>Trixis inula</i>	Crantz
16	JJ	2923	Asteraceae	<i>Verbesina turbacensis</i>	Kunth
17	JJ	2938	Asteraceae	<i>Vernonia sp.</i>	
18	JJ	2929	Betulaceae	<i>Ostrya virginiana</i>	(Mill.) K. Koch
19	JJ	2941	Blechnaceae	<i>Blechnum appendiculatum</i>	L.
20	JJ	2910	Celastraceae	<i>Gyminda tonduzii</i>	Loes.
21	JJ	2931	Celastraceae	<i>Gyminda tonduzii</i>	Loes.
22	JJ	2925	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium caudatum</i>	(L.) Maxon

23	BH	969	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium feei</i>	(W. Schaffn. ex Fée) Faull
24	JJ	2940	Dryopteridaceae	<i>Polystichum ordinatum</i>	(Kunze) Liebm.
25	JJ	2920	Dryopteridaceae	<i>Polystichum ordinatum</i>	(Kunze) Liebm.
26			Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>	Kunth
27	BH	965	Fabaceae	<i>Calliandra grandiflora</i>	(L'Hér.) Benth.
28			Fabaceae	<i>Diphysa robinoides</i>	Benth.
29	BH	973	Fagaceae	<i>Quercus acatenangensis</i>	Trel.
30	BH	956	Fagaceae	<i>Quercus acatenangensis</i>	Trel.
31	BH	955	Fagaceae	<i>Quercus crassifolia</i>	Benth.
32	BH	952	Fagaceae	<i>Quercus crassifolia</i>	Benth.
33	BH	953	Fagaceae	<i>Quercus crispipilis</i>	Trel.
34	BH	950	Fagaceae	<i>Quercus peduncularis</i>	Née
35	BH	951	Fagaceae	<i>Quercus peduncularis</i>	Née
36	JJ	2921	Fagaceae	<i>Quercus peduncularis</i>	Née
37	BH	954	Fagaceae	<i>Quercus peduncularis</i>	Née
38	JJ	2911	Garryaceae	<i>Garrya laurifolia</i>	Hartw. ex Benth.
39	BH	966	Garryaceae	<i>Garrya laurifolia</i>	Hartw. ex Benth.
40	JJ	2939	Lamiaceae	<i>Hyptis mutabilis</i>	(Rich.) Briq.
41	JJ	2935	Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i>	Kunth
42	JJ	2928	Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i>	Kunth
43	BH	970	Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i>	Kunth
44	JJ	2924	Loranthaceae	<i>Struthanthus tacanensis</i>	Lundell
45	BH	964	Loranthaceae	<i>Struthanthus tacanensis</i>	Lundell
46	JJ	2942	Malvaceae	<i>Bastardia viscosa</i>	(L.) Kunth
47	BH	959	Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Cav.
48	JJ	2908	Onagraceae	<i>Fuchsia encliandra</i> ssp. <i>Tetradactyla</i>	(Lind.) Breedlove
49	BH	967	Orchidaceae	<i>Malaxis</i> sp.	
50	BH	963	Poaceae	<i>Piptochaetium</i> sp.	
51	BH	968	Poaceae		
52	JJ	2916	Polygalaceae	<i>Monnina xalapensis</i>	Kunth

53	JJ	2919	Polypodiaceae	<i>Campyloneurum angustifolium</i>	(Sw.) Fée
54	JJ	2900	Polypodiaceae	<i>Pecluma alfredii</i>	(Rosenst.) M.G. Price
55	JJ	2902	Polypodiaceae	<i>Pleopeltis furfuracea</i>	(Schltdl. & Cham.) A.R. Sm. & Tejero
56	JJ	2899	Polypodiaceae	<i>Pleopeltis polylepis</i> var. <i>interjecta</i>	(Weath.) E.A. Hooper
57	JJ	2898	Polypodiaceae	<i>Pleopeltis polypodioides</i> var. <i>polypodioides</i>	(L.) E.G. Andrews & Windham
58	JJ	2903	Polypodiaceae	<i>Pleopeltis remota</i>	(Desv.) A.R. Sm.
59	JJ	2901	Polypodiaceae	<i>Pleopeltis sanctae-rosae</i>	(Maxon) A.R. Sm. & Tejero
60	JJ	2918	Pteridaceae	<i>Adiantum andicola</i>	Liebm.
61	JJ	2634	Pteridaceae	<i>Myriopteris aurea</i>	(Poir.) Grusz & Windham
62	JJ	2904	Rosaceae	<i>Prunus capuli</i>	Cav.
63	BH	971	Rosaceae	<i>Rubus adenotrichos</i>	Schltdl.
64	JJ	2909	Rutaceae	<i>Zanthoxylum foliolosum</i>	Donn. Sm.
65	JJ	2906	Santalaceae	<i>Phoradendron quadrangulare</i>	(Kunth) Griseb.
66	JJ	2907	Solanaceae	<i>Cestrum</i> sp.	
67	JJ	2944	Solanaceae	<i>Lycianthes arrazolensis</i>	(J.M. Coult. & Donn. Sm.) Bitter
68	JJ	2944	Solanaceae	<i>Lycianthes orogenes</i>	Standl. & Steyerm.
69	JJ	2933	Solanaceae	<i>Solanum cervantesii</i>	Lag.
70	JJ	2932	Solanaceae	<i>Solanum fontium</i>	Standl. & Steyerm.
71	BH	962	Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis ficina</i>	Standl. & Steyerm.
72	JJ	2937	Verbenaceae	<i>Lippia myriocephala</i>	Schltd. & Cham.
73	JJ	2922	Verbenaceae	<i>Lippia myriocephala</i>	Schltdl. & Cham.

Apéndice 2. Lista de familias de macroinvertebrados registrados.

<b>No.</b>	<b>Familia</b>	<b>Abundancia</b>
1	Apidae	2
2	Asilidae	1
3	Blatellidae	57
4	Brentidae	4
5	Carabidae	223
6	Chordeumatida	1
7	Chrysomelidae	1
8	Curculionidae	2
9	Doratodesmidae	6
10	Drosophilidae	3
11	Eumastacidae	6
12	Forcullidae	1
13	Formicidae	8
14	Gryllacrididae	2
15	Ichneumonidae	7
16	Larva	6
17	Lucanidae	1
18	Muscidae	4
19	Platydesmida Mf 1	4
20	Platydesmida Mf 2	1
21	Pompilidae	1
22	Scarabidae	17
23	Sclerosomatidae	58
24	Scutigerae	8
25	Staphylinidae	114

Apéndice 3. Lista de especies de aves identificadas.

No.	Orden	Familia	Nombre Científico	Nombre en español
1	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma Ala Blanca
2	Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma Arroyera
3	Columbiformes	Columbidae	<i>Zentrygon albifacies</i>	Paloma Perdiz Cariblanca
4	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina inca</i>	Tortolita Cola Larga
5	Apodiformes	Trochilidae	<i>Hylocharis leucotis</i>	Colibrí Orejiblanco
6	Apodiformes	Trochilidae	<i>Campylopterus rufus</i>	Fandanguero Canelo
7	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla Cola Roja/ Ratonero Cola Roja
8	Accipitriformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Común
9	Strigiformes	Strigidae	<i>Buho virginianus</i>	Búho Cornudo/ Búho Americano
10	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Chordeiles acutipennis</i>	Chotacabras Menor
11	Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon mexicanus</i>	Trogón Mexicano
12	Coraciiformes	Momotidae	<i>Aspatha gularis</i>	Momoto Gorjazul/ Torogoyo
13	Piciformes	Picidae	<i>Colaptes auratus</i>	Carpintero de Pechera Común
14	Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rubiginosus</i>	Carpintero Olivo
15	Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero Bellotero
16	Passeriformes	Furnariidae	<i>Lepidocolaptes affinis</i>	Trepatroncos Corona Punteada
17	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	Mosquero Copetón
18	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax affinis</i>	Mosquero de los Pinos
19	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax minimus</i>	Mosquero Mínimo
20	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocitta stelleri</i>	Chara Copetona
21	Passeriformes	Hirundinidae	<i>Atticora pileata</i>	Golondrina Gorra Negra
22	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Saltapared Común
23	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cantorchilus modestus</i>	Cucarachero modesto
24	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus zona-</i>	Matraca Barrada

			<i>tus</i>	
25	Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus rufitorques</i>	Mirlo Cuello Rufo/ Cenzontle
26	Passeriformes	Turdidae	<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín Jilguero / Guardabarranco
27	Passeriformes	Fringillidae	<i>Coccothraustes abeillei</i>	Picogrueso Encapuchado
28	Passeriformes	Fringillidae	<i>Carduelis notata</i>	Jilgero Cabecinegra
29	Passeriformes	Parulidae	<i>Oreothlypis superciliosa</i>	Chipe Cejas Blancas
30	Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	Pavito Alas Negras
31	Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga petechia</i>	Chipe Amarillo
32	Passeriformes	Parulidae	<i>Mniotilta varia</i>	Chipe Trepador
33	Passeriformes	Emberizidae	<i>Aimophila rufescens</i>	Gorrión Rojizo/ Sabanero Rojizo
34	Passeriformes	Icteridae	<i>Dives dives</i>	Paloma Ala Blanca
35	Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Paloma Arroyera
36	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus wagleri</i>	Paloma Perdiz Cariblanca

Apéndice 4. Manual práctico para el manejo de plantas en vivero.

## **Protocolo de Implementación de Vivero Forestal de Plantas Nativas**

**Juan Zelada y BianKa Hernández**

### **Introducción:**

El presente documento busca ser un protocolo que guíe al propietario y personal de Reserva Natural Privada Los Laureles para la implementación de un vivero forestal con plantas nativas. Esto con la finalidad de proveer con material vegetativo para la restauración de áreas degradadas dentro de la reserva. El protocolo incluye una descripción de los materiales a utilizar y los pasos a seguir para favorecer la germinación de plantas nativas. Es importante mencionar, que dado que la mayoría de plantas acá mencionadas no presentan un valor comercial importante, han sido poco estudiadas respecto al proceso de germinación y crecimiento de plántulas, por lo mismo una de las principales conclusiones es que el vivero propuesto es en parte experimental.

### **Procesos en vivero forestal**

A continuación se describen algunas de las actividades para la implementación adecuada de un vivero forestal.

#### **Recolección de semillas:**

La temporalidad en la recolección de semillas depende de la especie que se busque reproducir, en el caso del encino, el cual es una de las especies dominantes en la reserva, la temporada ideal de recolección de semillas es de noviembre a febrero. La selección de árboles semilleros depende del objetivo del vivero, generalmente se recomiendan ciertas características ideales del árbol (copa frondosa, tallo recto, buen crecimiento, cantidad adecuada de frutos, entre otros). Sin embargo, también se recomienda mantener una adecuada diversidad genética, lo cual se logra colectando semillas de árboles con diferentes características fenológicas (no necesariamente las que se consideran ideales desde el punto de vista forestal).



## Selección de semillas

En la germinación hay que averiguar cuáles de las semillas son viables. En el caso de las semillas o bellotas de encino o roble las viables son aquellas que sumergiéndolas en agua no flotan. Las que flotan están vacías o podridas y no es probable que germinen por lo que se pueden desechar directamente. En la recolección las mejores semillas son aquellas con color parduzco, con cierto brillo al limpiarlas, que apretándola estén duras y que tengan el mayor tamaño de las que encontremos (Díaz-Pontones & Reyes-Jaramillo, 2009).

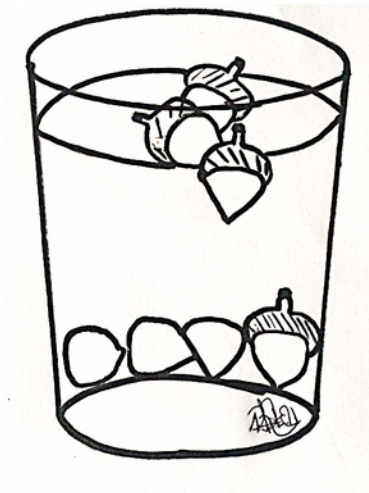


Figura 1: Ejemplificación de cómo seleccionar semillas de encinos

El método del recipiente con agua, para comprobar la viabilidad de las semillas es un método fácil de aplicar y con resultados instantáneos. Este se puede aplicar a cualquier semilla de las especies en lista para restaurar, ya que las semillas que se queden flotando suele ser porque no ha finalizado su desarrollo correctamente, lo que significa que en su interior puede no haber nada, o por el contrario puede haber un embrión que no ha terminado su desarrollo. En cualquiera de estos dos casos, el peso de esta semilla es ligeramente inferior al de una que es viable. Esta diferencia, aunque es realmente inapreciable, es suficiente para que una se quede flotando y la otra se hunda (Oliva, Vacalla, Pérez, & Tucto, 2014; Sánchez, 2017). Para la selección de semillas del resto de especies nativas con las que se recomienda restaurar, se tiene que ubicar los árboles en tiempo de fructificación, el sauco (*Sambucus canadensis*) se recomienda cuando los frutos estén de

color morado oscuro, para la recolección y selección se semillas. Para el Laurel (*Litsea glaucescens*) se recomienda colectar los frutos cuando estos estén de color negro.

### **Tratamientos pre- germinativos de las semillas.**

Existen diferentes tratamientos que se pueden aplicar dependiendo de la semilla, a continuación se mencionan algunos:

#### Con agua:

Las semillas se remojan en agua por un periodo de medio día hasta dos días. Durante el día se ponen las semillas a remojar y en la noche se dejan secar, al día siguiente se remojan de nuevo, cuidando de cambiar el agua diariamente para evitar que hongos infecten a las semillas. También se puede remojar por periodos alternados. Las semillas se pueden sembrar después de este tratamiento.

#### Con agua caliente:

Se debe de disponer de suficiente agua caliente para que cubra por lo menos dos veces más el volumen de las semillas. Después se deja el agua hervir, se retira del fuego y se deja enfriar hasta que apenas se pueda tolerar al tocarla con el dedo. Se meten las semillas y se dejan en el agua caliente hasta que llegue a la temperatura ambiente. Por último, se dejan las semillas en remojo como en el proceso con agua normal y se siembran después de este proceso (Alvarado, 2017 y Walle, 2003).

#### Con agua hirviendo:

Hervir suficiente agua para todas las semillas, al retirar el agua hirviendo del fuego inmediatamente se vierten las semillas por dos o tres minutos. Se retira el agua y se reemplaza con agua que este a temperatura ambiente, se dejan las semillas en remojo por un par de horas y se procede a la siembra. (Alvarado, 2017 y Walle, 2003).

Tratamiento mecánico:

Muchas semillas necesitan un tratamiento mecánico o escarificación. El objetivo de este tratamiento es raspar la testa, o cobertura de la semilla para que el agua pueda penetrarla y empiece a crecer. Esta actividad se puede hacer con una lima o papel lija, o encima de una superficie rugosa como cemento. Esto intenta quitar el lustre de la semilla para que se acelere el tratamiento con el agua (Alvarado, 2017 y Walle, 2003).

Elaboración de sustrato:

Para elaborar un sustrato adecuado para el semillero se deben de tomar las siguientes indicaciones (Anexo 1).

- Una parte de arena blanca o amarilla
- Dos partes de tierra negra
- Una parte de broza

Se deben de mezclar los materiales para obtener un sustrato homogéneo, la proporción adecuada de un sustrato que se utilizara en el vivero debe de ser 1-2-1.

Las proporciones del sustrato para llenar bolsas o bandejas deben ser:

- Dos partes de arena
- Una parte de tierra
- Una parte de broza

### **Llenado de Bolsas.**

Las bolsas se utilizan para la siembra de semillas y plantas directamente o para el trasplante de un semillero. Se recomienda que las bolsas que se utilicen sean nuevas y fuertes para

resistir todas las manipulaciones en las diferentes fases de producción en el vivero. Existen varias razones por las cuales las raíces pueden sufrir deformaciones y en esto influye también la bolsa y/o bandeja que se utilice.

Huecos demasiado pequeños en los cuales la raíz principal (pivotante) queda doblada y torcida es una situación muy común. La bolsa plástica misma también causa deformaciones en las raíces, pues las más largas que circulan dentro de la bolsa pueden enredarse entre ellas mismas. Se recomienda el tamaño de bolsa de 6x10x3. (Anexo 2 y 3).

### **Riego**

Durante todas las fases de crecimiento las plantas necesitan suficiente agua, desde la germinación, hasta su trasplante al campo definitivo. La cantidad adecuada de agua requerida depende de la edad de las plantas, la cantidad de hojas, su transpiración y factores como la cantidad de luz y la temperatura. El tipo de suelo o mezcla va a determinar la frecuencia para el riego de las plantas.

Para evitar enfermedades es aconsejable regar por las mañanas cuando el aire es fresco y el follaje puede secarse, dejando el suelo húmedo, en fases inicialmente las plantas no transpiran tanta agua, si el nivel de transpiración es mayor es necesario regar con mayor frecuencia (Alvarado, 2017).

### **Traslado a campo definitivo.**

Posterior a su cuidado en vivero, las plantas deberán de ser sembradas en áreas degradadas dentro de la Reserva Natural Privada. Algunos aspectos importantes a tomar en cuenta son:

- Los arboles deben de ser tomados de las bolsas o bandejas nunca del tallo.
- Evitar que los árboles se muevan bruscamente, así se evitan daños o pérdidas totales.
- No se debe de colocar más de un nivel de árboles en bolsa o bandeja.

## **Materiales:**

En resumen, los materiales necesarios para la implementación de viveros son los siguientes:

- Tierra, Arena y Broza (esta última se recomienda sea colectada del área de bosque).
- Pita de plástico
- Estacas para trazar los tablonos
- Cinta métrica
- Machete
- Azadón
- Pala
- Cernidor
- Carretilla
- Martillo y clavos
- Rastrillo
- Piocha
- Regadera para plantas

## **Plantas a germinar en vivero experimental**

En función a muestreos de vegetación realizados por parte del proyecto DIGI 9.06- 2018, se incluirán las siguientes especies en los procesos de germinación del vivero experimental:

**Cuadro 1.** Lista de especies nativas para la restauración en Finca los Laureles.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
Adoxaceae	<i>Sambucus canadensis</i>
Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i>
Asteraceae	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>
Betulaceae	<i>Ostrya virginiana</i>
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>
Fabaceae	<i>Diphysa robinoides</i>
Fagaceae	<i>Quercus acatenangensis</i>
Fagaceae	<i>Quercus crassifolia</i>
Fagaceae	<i>Quercus crispipilis</i>
Fagaceae	<i>Quercus peduncularis</i>
Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i>
Malvaceae	<i>Alnus acuminata</i>
Malvaceae	<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>
Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i>
Polygalaceae	<i>Monnina xalapensis</i>

## Referencias bibliográficas:

- Alvarado, M. (2017). *Manual para viveros forestales*. Guatemala: Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala.
- Díaz-Pontones, D., & Reyes-Jaramillo, I. (2009). Producción y almacenamiento de bellotas de *Quercus hintonii* Warburg (Fagaceae) de la Depresión del Balsas, México. *Polibotánica*, 27, 131-143.
- Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D., & Tucto, A. (2014). *Manual Recolección de semillas de Especies forestales nativas: Experiencia en Molinopampa, Amazonas – Perú*. Chachapoyas: The International Tropical Timber Organization, Ministerio de Agricultura y Riego, Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Instituto de investigaciones de la Amazonía Peruana.
- Sánchez, M. (2017). ¿Cómo saber si las semillas van a germinar?. Recuperado el 14 de noviembre de 2018 de <https://www.jardineriaon.com/como-saber-si-las-semillas-van-a-germinar.html>
- Walle, R. (2003) Módulo de Viveros. Proyecto Fortalecimiento e Integración de Educación Media a los Procesos de Desarrollo Rural Sostenible y Combate a la Pobreza en América Central. Proyecto SICA- Zamorano – Taiwan. Honduras.

## Anexos

Anexo 1: Recolección de broza como abono natural la cual es una mezcla de tierra y restos orgánicos de plantas principalmente, provenientes del bosque de la Finca los Laureles.



Anexo 2: Llenado de bolsas para la siembra de semilla





Anexo 3: Siembra de semillas





Apéndice 5. Evaluación económica de los sistemas agroforestales incentivados en Guatemala.

## INTRODUCCIÓN

En diferentes paradigmas del desarrollo sostenible, el ambiente forma uno de los pilares de la sostenibilidad. En los países con modelos productivos extractivistas, con altos índices de pobreza e inequidad, el ambiente subsidia todas las actividades económicas, y a la sociedad en general. El ambiente en Guatemala se encuentra altamente degradado en todos sus componentes: agua, suelo, aire y diversidad biológica.

Ante un ambiente degradado la solución planteada es la restauración. La restauración ecológica, aplicada a paisajes productivos se puede manifestar de diferentes maneras, haciendo que un uso de la tierra tradicionalmente manejado fuera del enfoque de ecosistemas, mejore en sus características y servicios hacia la sociedad. Por ejemplo, los sistemas agroforestales son considerados modelos de gestión más sostenibles que otros sistemas de producción.

En esta investigación se propone estudiar la rentabilidad financiera y económica de los proyectos de manejo de sistemas agroforestales en Guatemala, especialmente aquellos en tierras montañosas de vocación forestal. Este estudio de caso constituye también una crítica a una evaluación anterior, que no consideraba varios de los factores esperados como impactos de la restauración del paisaje forestal.

Se presenta al inicio la justificación y los objetivos de la evaluación. En la metodología se especifican las fuentes de información y los valores utilizados para el cálculo de los flujos financieros y económicos. Finalmente se concluye y se presentan las referencias utilizadas, de manera ordenada. Además, en los anexos pueden encontrarse los cuadros con la información que sustenta la evaluación económica.

## JUSTIFICACIÓN

Esta investigación es necesaria para Guatemala porque permite medir las necesidades de financiamiento para hacer sostenible el manejo forestal en tierras de vocación forestal degradadas. Como se podría esperar, la diversidad de ambiental y biológica de Guatemala requiere del planteamiento de modelos específicos para la gestión de diferentes territorios. En este caso, se analiza el flujo económico del establecimiento de un sistema agroforestal con cultivos anuales y ciprés. Este tipo de modelo para la gestión de paisajes forestales es el más común en el altiplano guatemalteco, lugar en que también se encuentra alta densidad de tierras forestales degradadas. Los sistemas agroforestales, además de proveer alimentos, proveerán madera para las actividades industriales y artesanales del futuro. Los servicios que los ecosistemas agroforestales brindarán a la sociedad guatemalteca son valiosos, y permitirán a los subsistemas económico y social continuar creciendo de manera estable durante las próximas generaciones.

## OBJETIVOS

### General

Analizar el flujo económico de la gestión de un sistema agroforestal hipotético en Guatemala.

### Específicos

Calcular el flujo financiero de la gestión de un sistema agroforestal en Guatemala.

Ajustar el flujo financiero con precios de cuenta para reflejar el flujo económico de la gestión de un sistema agroforestal en Guatemala.

Evaluar el impacto de los incentivos forestales en la sostenibilidad de los sistemas agroforestales en Guatemala.

Evaluar el impacto de otros pagos por servicios ambientales en la sostenibilidad de los sistemas agroforestales en Guatemala.

## METODOLOGÍA

Siguiendo la metodología empleada por la Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala (2018), se consideraron valores para el cálculo de los costos, rendimientos e ingresos brutos a partir de los siguientes documentos oficiales: El agro en cifras 2014 (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2014); Ciprés común, paquete tecnológico forestal (Instituto Nacional de Bosques [INAB], 2017); Valor de la Madera en Pie (INAB, 2014); y Actualización de los costos de producción de maíz en las zonas más representativas de Guatemala (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 2011).

Además se consideraron los montos de los incentivos derivados de la Ley PROBOSQUE (Acta JD 26.2017 del INAB). De estas fuentes se obtuvieron los siguientes datos para el maíz: en promedio el maíz blanco y amarillo tienen un rendimiento de 46.38 quintales por hectárea, lo que produce un ingreso bruto de Q. 6,354.29; los costos de la producción de maíz equivalen a un 65% del ingreso bruto, de los cuales el 60% corresponde a mano de obra no calificada, y el 40% restante a insumos varios, de los cuales el 75% son comercializables y el resto no comercializables.

El rendimiento del frijol negro es de 20.57 quintales por hectárea, lo que produce un ingreso bruto de Q. 7,239.51; los costos son semejantes a los del maíz. En tierras montañosas, las condiciones permiten tener cultivos anuales por tres años consecutivos, pero requieren que la tierra descanse por lo menos cinco años.

El ciprés tiene un rendimiento del 65% en forma de trozas y trocilla por metro cúbico en pie, por lo que al ser el precio de Q.290.00 por metro cúbico, una hectárea produce en bruto Q. 47,125.00 en el año 20 del establecimiento de la plantación. Los costos del establecimiento son de un 15% del ingreso bruto, de los cuales el 80% corresponde a mano de obra, de la cual el 50% es técnica y el 50% es no calificada. El 20% de los costos de establecimiento corresponden a otros insumos, comercializables en un 70% y no comercializables en un 30%.

El ciprés además permite el aprovechamiento de ramillas como leña, lo cual tiene un costo de Q.350.00 por hectárea, rindiendo, según el crecimiento de la plantación entre Q.650.00 y Q.1,600.00 por año. Los costos del aprovechamiento de la plantación son semejantes a los costos de establecimiento (ver anexos). Se consideró en este análisis la reinversión al final del período para volver a establecer de nuevo un sistema agroforestal, y mantener la producción.

Para la conversión a precios de cuenta se utilizó un FEC de 0.91, un factor de conversión del costo marginal de la mano de obra técnica de 0.82 y de la mano de obra no calificada de 0.52. La tasa de interés para calcular el valor actual neto, en el flujo financiero y en el flujo económico fue del 12%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró que el establecimiento de un sistema agroforestal podría impedir el establecimiento de cultivos anuales después del año cinco. Esto provocó beneficios netos negativos en la mayoría de años en la evaluación con y sin proyecto.

En la evaluación económica, con los flujos expresados en precios de cuenta, los resultados de los beneficios netos también fueron negativos, y en el beneficio incremental neto, el impacto atribuible al proyecto también lo fue. Esto concuerda con lo que había sido planteado antes por la Mesa Nacional para la Restauración del Paisaje Forestal en Guatemala (2018), que expresa que la única manera de hacer rentables los proyectos de sistemas agroforestales es produciendo maderas preciosas como la caoba. Desafortunadamente, la caoba es una especie de tierras bajas, en bosques húmedos y tropicales, por lo que su cultivo en las tierras forestales montañosas no es viable.

Por otra parte, la sostenibilidad de los proyectos de sistemas agroforestales mejora al considerar los montos de los incentivos otorgados por la Ley PROBOSQUE. Aun así, la mejora no permite tener impactos positivos en el beneficio incremental neto. Es por esto que se propuso implementar, a partir de los diez años de haber establecido la plantación, un sistema de compensación por servicios ambientales. El monto calculado para este programa

corresponde de entre el 25% y el 50% de los incentivos utilizados en otros países centroamericanos. Este tipo de esquemas logra hacer rentable el establecimiento de sistemas agroforestales.

## CONCLUSIONES

Los sistemas agroforestales son necesarios para su implementación en el país. Estos deben ser planteados de manera pertinente a las condiciones biofísicas de los diferentes territorios. La sostenibilidad económica de los sistemas agroforestales en Guatemala depende, además de la obtención de incentivos forestales, del establecimiento de un sistema de pagos por servicios ambientales.

## RECOMENDACIONES

Los beneficios indirectos que se desprenden de los sistemas de gestión agroforestal aun no pueden ser cuantificados. En esta investigación se consideran como ganancia para la sociedad solamente los ingresos generados por los cultivos anuales y el aprovechamiento de leña y madera. Otros beneficios deben ser explorados y valorados, para poder sustentar los sistemas agroforestales.

## REFERENCIAS

- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. (2011). Actualización de los costos de producción de maíz en las zonas más representativas de Guatemala. Guatemala: ICTA.
- Instituto Nacional de Bosques. (2015). Resolución número 06.28.2015, el valor de la madera en pie. Guatemala: INAB.
- Instituto Nacional de Bosques. (2017). Acta número 26.2017. Guatemala: INAB.
- Instituto Nacional de Bosques. (2017). Ciprés común, paquete tecnológico forestal. Guatemala: INAB.
- Mesa Nacional para la Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala. (2018). Oportunidades para la restauración del paisaje forestal en Guatemala. Guatemala: UICN.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2014). El agro en cifras 2014. Guatemala: MAGA.

## 20. EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

### Lista de todos los integrantes del equipo de investigación

Contratados por contraparte y colaboradores	
Estefany Ordoñez Sayle	Investigadora
Yorik Fernando Tenes	Auxiliar II

### Contratados por la Dirección General de Investigación

Nombre	Categoría	Registro de personal	Pago		Firma
			Si	No	
Jorge Jiménez Barrios	Coordinador	2007 1141	X		
Bianka Hernández Ruano	Auxiliar II	2017 0873	X		
Juan Antonio Zela-da	Auxiliar II	2011 0816	X		

Guatemala, 28 de noviembre de 2018

Ldo. Jorge Benjamín Jiménez Barrios  
**Coordinador proyecto de investigación**

Dra. Sandra Herrera Ruiz  
**Coordinadora del Programa de  
Investigación en Asentamientos Humanos**

Ing. Agr. MARN. Julio Rufino Salazar  
**Coordinador General de Programas**