



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD OAXACA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y
APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

**“Implicaciones sociales y ecológicas de la restauración
de áreas degradadas por helecho invasivo (*Pteridium
aquilinum*) en San Pedro Tlatepusco, Oaxaca, México”**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS**

**PRESENTA:
BIÓL. LICET OLGUÍN HERNÁNDEZ**

**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. ELVIRA DURÁN MEDINA**



Santa Cruz Xoxocotlán, junio 2017

AGRADECIMIENTOS

Al Insituto Politécnico Nacional (IPN) por mi formación académica, el apoyo económico mediante la beca BEIFI, la beca de movilidad y la beca tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento mediante la beca de estudios de posgrado y la beca mixta.

Al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR).

A la Dra. Elvira Durán Medina por su apoyo, asesoría y múltiples enseñanzas.

Al Comité de Bienes Comunes, al Consejo de Vigilancia de San Pedro Tlatepusco.

A la gente de San Pedro Tlatepusco que me permitió estar en su comunidad, que me brindó su amistad, sus experiencias y sabiduría.

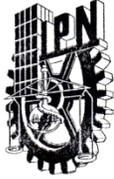
Al comité revisor: Dr. José Luis Chávez Servia, Dr. John N. Williams, Dra. Edna L. González Bernal, M. en C. Gladys I. Manzanero Medina, y a la M. en C. Laura Martínez Martínez.

Al M. en C. Luis Ricardo Murillo Hiller por compartir su experiencia, conocimiento y contagiarme su pasión por los lepidópteros.

Al proyecto SIP-20150962 “Resiliencia social-ecologica en los bosques comunitarios de Oaxaca, México” y SIP-20161084 “Estrategias para afrontar amenazas bióticas y abióticas a los bosques de comunidades y ejidos forestales en Oaxaca, México”.

A mi familia que en todo momento me ha apoyado.





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca siendo las 11:00 Horas del día 8 del mes de junio del 2017 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR OAXACA para examinar la tesis titulada:

Implicaciones sociales y ecológicas de la restauración de áreas degradadas por helecho invasivo Pteridium aquilinum) en San Pedro Tlatepusco, Oaxaca, México

Presentada por el alumno:

Olguín Hernández
Apellido paterno Apellido materno
Nombre(s) Licet

Con registro:

A	1	5	0	0	2	9
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesis

Dra. Elvira Durán Medina

Dra. Edna Leticia González Bernal

M.C. Gladys Isabel Manzanero Medina

Dr. John Newhall Williams

Dr. José Luis Chávez Servia

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez



CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D.F. el día 8 del mes de junio del año 2017, el (la) que suscribe OLGUÍN HERNÁNDEZ LICET alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES, con número de registro A1500029, adscrito(a) al **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca**, manifiesto(a) que es el (la) autor(a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del (de la, de los) **Dra. Elvira Dirán Medina** y cede los derechos del trabajo titulado **Implicaciones sociales y ecológicas de la restauración de áreas degradadas por helecho invasivo (*Pteridium aquilinum*) en San Pedro Tlapepusco, Oaxaca, México**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del (de la) autor(a) y/o director(es) del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones posgradoox@hotmail.com ó quimich@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

OLGUÍN HERNÁNDEZ LICET
Nombre y firma del alumno(a)



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.

Implicaciones sociales y ecológicas de la restauración de áreas degradadas por helecho invasivo (*Pteridium aquilinum*), en San Pedro Tlatepusco, Oaxaca, México

RESUMEN

La degradación por helecho invasivo (*Pteridium aquilinum*) es un problema recurrente en áreas tropicales de distintas regiones de México. La degradación por helecho suele relacionarse con áreas sujetas a perturbación (natural o antrópica) y a uso del fuego, especialmente en parcelas agrícolas de roza, tumba y quema. Esto ha causado una reducción en la capacidad productiva de los campesinos, quienes suelen abandonar las parcelas y abrir nuevas, lo que a su vez incrementa la presión sobre el bosque. Además de interrumpir los ciclos tradicionales de agricultura, la invasión de helecho también impide la sucesión natural y por tanto la recuperación del bosque.

Este trabajo aborda un estudio de caso en San Pedro Tlatepusco en la Región de la Chinantla en el estado de Oaxaca. Esta comunidad tiene un problema de invasión por *P. aquilinum* en alrededor de 500 ha, la mayor parte en su área agrícola. Ante esta problemática los campesinos han desarrollado estrategias de restauración activa a pequeña escala y a nivel familiar. Utilizan sistemas agroforestales como estados intermedios de la recuperación, lo que se conoce como restauración agro-sucesional. Los resultados de este trabajo muestran que esta restauración ha traído beneficios, como la producción y diversificación de comida (maíz que es el principal producto de subsistencia, así como otros alimentos como yuca, piña, entre otras frutas), leña y la disponibilidad de espacios para sus bestias de carga. En el aspecto ecológico ha permitido el restablecimiento de la sucesión natural y ha tenido implicaciones positivas en las características de la comunidad de lepidópteros diurnos que a ella está asociada (específicamente la riqueza de especies y la abundancia). Por lo cual, algunas especies y características de la comunidad pueden ser utilizados como indicadores de las actividades de restauración.

A pesar de que los campesinos cuentan con el conocimiento tradicional y la experiencia en la restauración de áreas invadidas por *P. aquilinum* esta actividad resulta un proceso difícil, que requiere gran cantidad de trabajo y tiempo y que genera pocos beneficios económicos. Esto influye en que no se realice a escalas mayores y pone a los campesinos frente a diversos dilemas. Estas dificultades se acentúan por el hecho de que la comunidad no considera la restauración como una actividad que deba realizarse de manera colectiva, ni reconoce la invasión de helecho como un problema de conservación de sus bosques. No obstante existe un cambio de percepción acerca del problema de invasión de helecho lo cual los hace más susceptibles a interesarse por la restauración. El éxito de la restauración dependerá del trabajo conjunto dentro de las comunidades, y con actores externos (dependencias, asociaciones civiles, academia), para ello deberá establecerse un diálogo horizontal, en un ambiente de reconocimiento y respeto mutuo, en el cual se valore el conocimiento tradicional y la experiencia de los campesinos, así como sus necesidades, su autonomía, su cultura e identidad.

Palabras clave: sistemas ecológicos-sociales, acción colectiva, agrosucesional, indicadores ecológicos, lepidópteros.

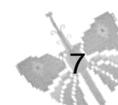


ÍNDICE

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO GENERAL DE LA TESIS	8
1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL.....	10
1.2. MARCO DE REFERENCIA	14
1.2.1. Comunidades/ejidos forestales como sistemas ecológicos sociales (SES)	14
1.2.2. Gobernanza, manejo participativo y adaptativo en comunidades/ejidos	14
1.2.3. Manejo y Sustentabilidad	17
1.2.4. Degradación ecológica: el caso de la invasión de <i>Pteridium aquilinum</i>	19
1.2.5. Restauración de áreas degradadas por <i>P. aquilinum</i>	21
1.2.6. Monitoreo e indicadores de restauración.....	24
1.3. OBJETIVO GENERAL	27
1.4. OBJETIVOS PARTICULARES	27
1.5. ÁREA DE ESTUDIO	28
1.5.1. Localización y medio físico	28
1.5.2. Contexto ecológico y usos del suelo	29
1.5.3. Contexto social.....	30
1.5.4. Iniciativas locales de conservación.....	31
1.6. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA	31
1.7. ESTRUCTURA DE LA TESIS	33
1.8. LITERATURA CITADA	34
Capítulo 2. Restauración participativa agro-sucesional en áreas invadidas por <i>Pteridium aquilinum</i> en Oaxaca, Mexico	41
2.1. INTRODUCCIÓN	41
2.2. MÉTODOS	42
2.3. RESULTADOS.....	44
2.3.1. Percepción y conocimiento sobre la invasión helecho invasivo.....	44
2.3.2. Estrategias de restauración	47
2.3.3. Factores que influyen en la restauración.....	49
2.3.4. Beneficios de la restauración	51
2.4. DISCUSIÓN	52
2.4.1. Percepción y conocimiento sobre el problema del helecho invasivo.....	52
2.4.2. Estrategias de restauración	55
2.4.3. Factores que influyen en la restauración.....	56
2.4.4. Beneficios sociales de la restauración.....	56



2.5. LITERATURA CITADA.....	58
CAPÍTULO 3. Lepidópteros diurnos como indicadores ecológicos de restauración agro-sucesional en áreas afectadas por <i>Pteridium aquilinum</i> en Oaxaca, México.....	63
3.1. INTRODUCCIÓN	63
3.2. MÉTODOS	64
3.2.1. Muestreo de lepidópteros diurnos.....	64
3.2.2. Análisis estadístico.....	65
3.3. RESULTADOS.....	66
3.3.1. Estructura y composición de la comunidad de lepidópteros en SPT.....	66
3.3.2. Lepidópteros como indicadores de la restauración agro-sucesional.....	70
3.4. DISCUSIÓN	71
3.4.1. Estructura y composición de la comunidad de lepidópteros diurnos en SPT	72
3.4.2. Lepidópteros como indicadores de la restauración productiva	74
3.5. LITERATURA CITADA	76
CAPÍTULO 4. Restauración agro-sucesional como estrategia de manejo comunitario para afrontar degradación por <i>P. aquilinum</i>: estudio de caso en una comunidad Chinanteca en Oaxaca, Mexico.....	84
4.1. INTRODUCCIÓN	84
4.2. MÉTODOS	86
4.3. RESULTADOS.....	86
4.4. DISCUSIÓN	90
4.5. LITERATURA CITADA	93



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Ocho principios de la buena gobernanza de los bienes comunes según Ostrom (2000).....	17
Tabla 1.2.	Ficha técnica del helecho	20
Tabla 1.3.	Principales enfoques para la restauración (Ehrendfeld, 2000).....	22
Tabla 2.1.	Variables discriminates con mayor aporte (Inercia) a la variación del conjunto de datos disponibles. Estas variables fueron utilizadas en las regresiones logísticas multinomiales.....	44
Tabla 2.2.	Variables relacionadas significativamente con el grupo de campesinos que hizo restauración de parcelas en SPT.....	50
Tabla 3.1.	Características del muestreo en cada transecto y principales descriptores de la comunidad de lepidópteros.....	70
Tabla 3.2.	Indicadores propuestos para la restauración de SPT.....	74
Tabla 4.1.	Factores que promueven e inhiben la restauración. 89	
Tabla 4.2.	Beneficios y desventajas de la restauración a nivel individual/familiar y de forma colectiva comunitaria.	92



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Conexión entre los ciclos de agricultura tradicional, la invasión de helecho y la restauración agro-sucesional.....	13
Figura 1.2. Modificado de AGRUCO (2011). El MTC se inserta en un complejo contexto de la vida cotidiana, el cual incluye aspectos materiales, sociales y espirituales.	16
Figura 1.3. A) Modelo de los tres contextos del desarrollo sostenible (Meffe et al. 2002). B) Modelo anidado (Giddings et al. 2002).....	19
Figura 1.4. Ubicación del núcleo agrario de San Pedro Tlatepusco, así como las áreas invadidas por helecho y sitios restaurados (modificado de Berget et al. 2015)	30
Figura 2.1. Opiniones sobre los factores que promueven la proliferación e invasión de <i>P. aquilinum</i> en las parcelas agrícolas en SPT.....	46
Figura 2.2. Rutas y pasos de la restauración que han implementado los campesinos de SPT. 1) rozar el helecho, 2) quema controlada del helcho, 3) siembra (y cosecha), 4) control manual de helecho, 5) cuidar las especies que aparecen por sucesión natural de especies o bien plantar algunas de estas especies para que aceleren el proceso de recuperación.....	49
Figura 2.3. Motivaciones por las cuales se restauraron parcelas de helecho en San Pedro Tlatepusco.....	50
Figura 2.4. Resultado de los esfuerzos de restauración.....	51
Figura 3.1. Gráficos de rango-abundancia donde se muestran la abundancia relativa de las especies en las diferentes condiciones: restauración, bosque y helecho.....	67
Figura 3.2. Especies registradas en las tres condiciones y sus diferentes abundancias....	68
Figura 3.3. Curvas de rarefacción para cada condición basada en individuos.	69
Figura 4.1. Formas de capital social y su vinculación con el logro de la acción colectiva (Ostrom y Ahn, 2003).....	85



CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO GENERAL DE LA TESIS

1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

Los bosques albergan una gran diversidad biológica, son reguladores del clima y del ciclo hídrico, reservorios de carbono (Toledo-Aceves et al. 2011). Asimismo, son fuente de sustento, servicios ambientales y materias primas (Lamb et al. 2005; Rey-Benayas et al. 2009; Toledo-Aceves et al. 2011). México se caracteriza por tener la mayor extensión de bosques en propiedad social del mundo, los cuales se localizan dentro de núcleos agrarios (NA) de ejidos y comunidades (Bray et al. 2003). A nivel nacional, el 70% de los bosques están en propiedad de comunidades y ejidos agrarios (Merino y Martínez, 2014). En Oaxaca, el 82% de los bosques pertenecen a 850 ejidos y 714 comunidades indígenas (Durán et al. 2012). Estos campesinos han logrado mantener extensas áreas boscosas en buen estado de conservación (Durán et al. 2012) y sistemas productivos tradicionales (como la milpa de roza-tumba y quema, agosistemas y cafetales) que son importantes en la seguridad alimentaria y las economías locales (Moguel y Toledo, 1999; Toledo et al. 2003). En predios de propiedad social, la estrecha relación entre la gente, los bosques y los sistemas productivos, hace que estos puedan ser reconocidos como sistemas ecológico-sociales (SES) (Berkes et al. 2003; Folke et al. 2010). Una de las principales características de estos SES es la resiliencia (capacidad de mantenerse a través del tiempo y de recuperarse ante disturbios o amenazas (Berkes y Folk, 1998; Walker et al. 2002). La resiliencia de las comunidades y ejidos forestales de Oaxaca, les han permitido adaptarse a nuevas condiciones de su entorno y a la vez, seguir siendo una fuerza modeladora de sus paisajes (Boege, 2008).

Sin embargo, los territorios forestales de propiedad social están y han estado sujetos a distintas presiones; entre ellas destacan las amenazas de tipo biótico (p.e. plagas, defaunación y especies invasivas), abiótico (p.e. alteraciones climáticas, fuego, contaminación) (Ceccon 2013; Trumbore et al. 2015) y socio-económicas (monetarización de economías locales, migración, infraestructura, pérdida de autosuficiencia alimentaria).

La invasión de especies destaca como un factor de degradación ecológica, y se ha reportado como la segunda amenaza a la diversidad a nivel mundial (Ceccon, 2013). El helecho *Pteridium aquilinum* es una especie nativa que se comporta como invasiva (Cuadro 1), y que afecta principalmente a zonas tropicales desprovistas de cobertura y expuestas a fuegos recurrentes (Suazo-Ortuño et al. 2015). Las parcelas agrícolas de roza-tumba y quema y sitios

perturbados o de pastoreo son los más susceptibles a esta invasión (Edouard et al. 2004; Schneider y Geoghegan, 2006; Ramírez-Trejo et al. 2007; Douterlungne et al. 2013). Sin embargo, este problema no solo tiene implicaciones en la capacidad productiva, en los modos de vida y manejo tradicional de las milpas, también tiene serias consecuencias en la conservación y la biodiversidad del bosque. Los campesinos tienden a abandonar las parcelas invadidas y desmontan nuevas zonas de bosque (o acahuals maduros) para continuar con sus actividades productivas (Schneider y Geoghegan, 2006; Berget et al. 2015; Suazo-Ortuño et al. 2015). Es así como el helecho incrementa de manera indirecta la presión sobre el bosque e incide en su transformación. No obstante, en el medio rural de nuestro país se están adoptado diferentes estrategias de restauración de áreas invadidas por *P. aquilinum*, que en su mayoría, se basan en el manejo tradicional en conjunción con recomendaciones técnicas (Edouard et al. 2004; Douterlungne et al. 2013). La restauración que hacen los campesinos se caracteriza por centrarse en el aspecto productivo o funcional, lo que contrasta con la visión técnica/académica que va más enfocada a aspectos ecológicos (DellaSala et al. 2003; Lambd et al. 2005; Choi, 2007). El enfoque productivo de la restauración se basa en manejar un área degradada de tal forma que recobre la capacidad de proveer productos de autoconsumo o venta, y/o servicios ambientales. En este tipo de restauración (designada técnicamente por Vieira et al. (2009) como agro-sucesional) los sistemas productivos son una fase intermedia o de transición en la recuperación del bosque. Esta fase se puede prolongar por largos períodos de tiempo, lo cual ofrece diversas ventajas como la obtención de productos agrícolas de consumo que representan un incentivo para la gente local involucrada, aminorar los costos de la restauración e incrementar la probabilidad de transitar de estados degradados a condiciones ecológicamente más deseables. La importancia de reconocer y analizar las técnicas de manejo tradicionales utilizadas en la restauración es importante, ya que constituyen un cúmulo de aprendizajes sociales de como la gente local ha venido enfrentando problemas de degradación que amenazan a sus bosques (Berkes et al. 2000). A su vez, estas pueden ser enriquecidas, complementadas, fortalecidas y dotadas de herramientas de diferentes ramas académicas (ecología, agronomía, agroecología). De esta forma, las iniciativas a pequeña escala de restauración efectuadas por campesinos pueden ser la base para acciones a mayor escala y planificadas para afrontar los problemas productivos y de degradación ecológica que la invasión de *P. aquilinum* ha ocasionado.

Por lo anterior, este trabajo abordó un caso de estudio en la comunidad chinanteca de San Pedro Tlatepusco (SPT), Oaxaca, Mexico, donde los campesinos realizan restauración agro-sucesional a nivel de pequeñas parcelas. El modelo de restauración agro-sucesional de SPT

(Figura 1.1), resume décadas esfuerzos, manejo empírico y acumulación de conocimiento tradicional. No obstante, hasta ahora no se ha realizado un análisis sistemático de los beneficios sociales (Capítulo 2) y ecológicos (Capítulo 3) que genera este tipo de restauración, ni se ha abordado el contexto comunitario en el cual se desarrollan dichas estrategias (Capítulo 4). Por lo anterior, la meta de la tesis es documentar el proceso del manejo participativo de la restauración agro-sucesional y reconocer el conocimiento local enfocado a recuperar la capacidad productiva y contrarrestar la degradación ecológica, Asimismo, resaltar su potencial y las limitaciones que enfrentan los campesinos al implementar dicha estrategia de restauración como acción colectiva a nivel del predio comunal. También se espera contribuir para el diseño de programas estatales o nacionales enfocados a la restauración de zonas tropicales afectadas por esta especie invasiva.

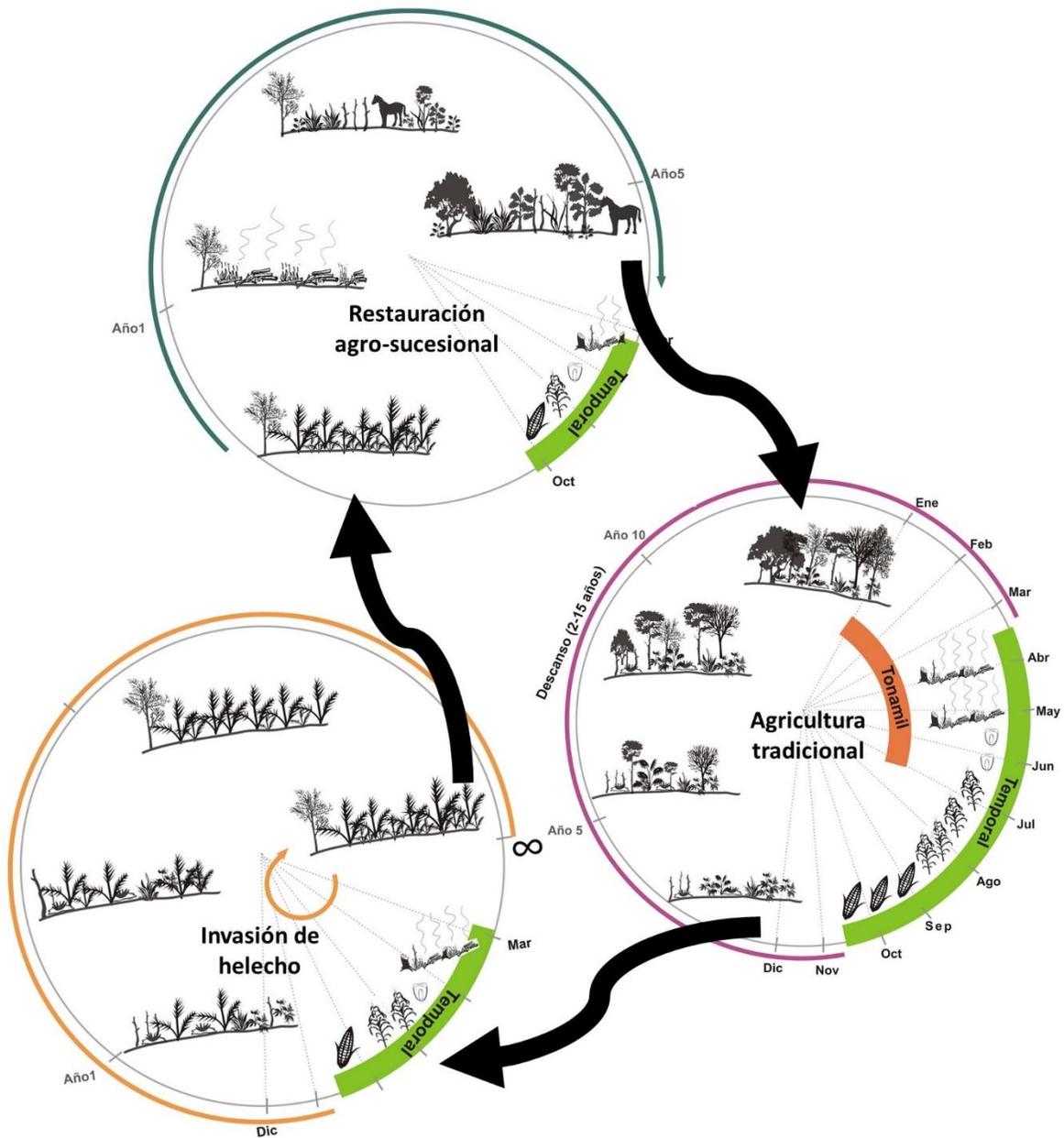


Figura 1.1. Conexión entre los ciclos de agricultura tradicional, la invasión de helecho y la restauración agro-sucesional. Representan tres unidades del SES de SPT, cuyos estados y transiciones dependen del manejo, los procesos naturales y disturbios dentro del sistema, entre otros factores. A) Agricultura tradicional con capacidad de autorecuperación; b) Ruptura del ciclo de agricultura cuando inicia la proliferación de helecho y no se toman medidas para su control, lo cual conduce a la invasión (*P. aquilinum*) y dominio del espacio, combinado con las propiedades alelopáticas de sus frondas que no permiten el desarrollo de otras plantas. Esto hace que la invasión persista indefinidamente si no hay una intervención de manejo). C) Restauración agrosucesional, que permite que se reestablezca la sucesión natural y por tanto el ciclo tradicional agrícola, además de la producción.

1.2. MARCO DE REFERENCIA

1.2.1. Comunidades/ejidos forestales como sistemas ecológicos sociales (SES)

En los paisajes forestales de México, prevalece la propiedad social a manera de comunidades/ejidos, los cuales operan como unidades de manejo (Bray, 2013). Los sistemas ecológicos-sociales (SES) son un enfoque unificador, en el cual se reconoce la compleja interacción e interdependencia entre sistemas naturales y sistemas sociales, y en la cual su separación se considera arbitraria y artificial (Berkes et al. 2003; Folke et al. 2010). Las comunidades/ejidos forestales en nuestro país constituyen ejemplos de SES, ya que existe una estrecha relación entre los pobladores y el bosque, los cuales se han adaptado a su entorno y a la vez han sido una fuerza modeladora de la naturaleza (Boege, 2008). El bosque influye en las estrategias de sobrevivencia de las familias, a su vez este es configurado por las acciones de manejo de los pobladores. El manejo, junto con la gobernanza y el conocimiento tradicional son claves para promover y mantener la resiliencia social-ecológica, esto es, la capacidad del SES de autorregularse, autorrenovarse y recuperarse de los disturbios o amenazas de distinto tipo (Berkes y Folk, 1998; Walker et al. 2002; Toledo, 2008; Folke et al. 2010), lo cual les ha permitido permanecer durante varios siglos en su territorios, tal es el caso de SPT (Bevan, 1987).

1.2.2. Gobernanza, manejo participativo y adaptativo en comunidades/ejidos

La gobernanza se refiere al proceso de construcción de acuerdos, la formulación de reglas de gestión y formación de los espacios colectivos de organización comunitaria, para el manejo de la propiedad social (Merino y Martínez, 2014). El manejo es un proceso de intervención encaminado al logro de ciertos objetivos, e implica una continua toma de decisiones y las acciones para lograrlo (Meffe et al. 2002). En el contexto comunitario, el manejo involucra la regulación del uso, protección y gestión de los bienes de uso común, lo que implica la participación activa de los miembros y las instituciones locales (asambleas, tequios, cargos, etc.) (Bray et al. 2012), su mayor potencial radica en la capacidad para implementar trabajo colectivo y comúnmente no remunerado (denominado tequio o fatiga) y mano vuelta (intercambio trabajo entre familias; Legarreta, 2010). A través de estos mecanismos, las comunidades disponen de labor disponible para resolver asuntos de carácter público y privado. Este tipo de participación también fortalecen el capital social, definido como condiciones de confianza y normas de reciprocidad, redes y formas de participación civil y reglas o instituciones tanto formales como informales (Ostrom y Ahn, 2003).

En las comunidades/ejidos la máxima autoridad es la asamblea, y también el espacio para la toma de acuerdos. Mientras que, el comisariado de bienes comunales (formado por un presidente, secretario y un tesorero) y el de consejo de vigilancia (integrado por un presidente, un primer y segundo secretario) (Bray et al. 2008) son figuras de representación legal del núcleo agrario ante las entidades de gobierno y en general al exterior de la comunidad. Al interior de la comunidad, el comisariado y el consejo de vigilancia son los responsables de ejecutar los acuerdos originados dentro de la asamblea, para ello, se conforman comités o comisiones con los cuales se coordinan. Debido a que las implicaciones del MTC van más allá del ámbito local (es el caso del manejo de bosques), es frecuente la participación a múltiples niveles, lo cual involucra la participación y coordinación con actores externos (públicos o privados), como instituciones académicas, gubernamentales, asociaciones civiles, u otras comunidades (Bray et al. 2012).

Los actores principales en MTC son los campesinos y sus grupos domésticos-familiares, los cuales tendrán incidencia en la toma de decisiones colectivas relacionadas con la producción agrícola y los recursos naturales (Sabás et al. 2009). Los campesinos toman decisiones en el espacio que conforma su parcela utilizando de manera combinada sus conocimientos tradicionales y aquellos derivados de observación y de prueba y error, además monitorean continuamente el proceso y hacen ajustes en la marcha. Todo ello lo hace un manejo flexible que reconoce la complejidad y la imposibilidad de controlar a la naturaleza, lo cual lo hace adaptativo (Berkes et al. 2000; Meffe et al. 2002).

Entender el MTC no solo se limita al sistema organizativo comunitario y la gobernanza de bienes de uso común, subyacente a esto, están los aspectos culturales (identidad) e ideológicos, así como la realidad campesina la cual posee múltiples relaciones e interrelaciones que generan estrategias de acuerdo con sus condiciones endógenas y exógenas (Gerritsen, 2010). De ahí que, entender las prácticas de comunidades/ejidos en el manejo de los recursos naturales y la manera de cómo perciben y enfrentan sus relaciones con el medio ambiente, natural y social implica considerar múltiples aspectos, que inciden tanto del hogar como en la comunidad (Sabás et al. 2009; Gerritsen, 2010;).

Las decisiones y acciones de manejo se dan en un complejo contexto de la vida cotidiana (Figura 1.2 a partir de conocimiento tradicional, la experiencia de los usuarios de los recursos (particularmente de los expertos locales) (corpus), las prácticas culturales, la cosmovisión (cosmos, visión integrada y holística que una sociedad maneja para explicarse el origen y sentido, histórico y actual, de su mundo (Monroe, 2014)) y el conjunto de prácticas productivas

(praxis) y por las realidades específicas de cada comunidad (Berkes, et al, 1995, Berkes y Folke, 1998; Berkes et al. 2000; Toledo, 2000).

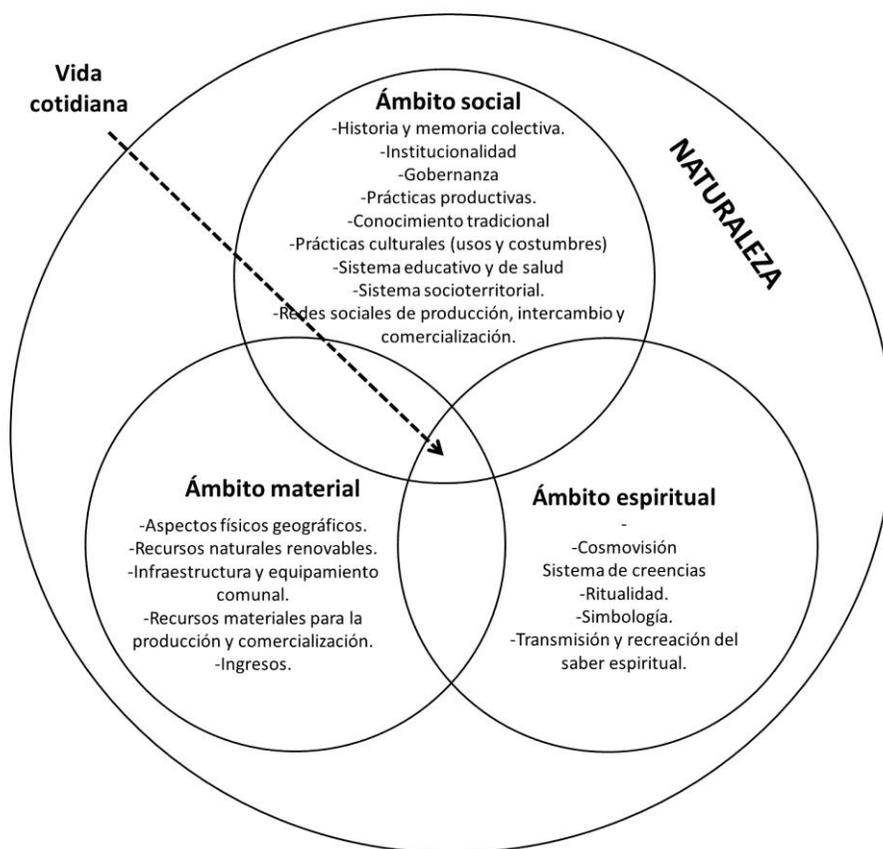


Figura 1.2. Modificado de AGRUCO (2011). El MTC se inserta en un complejo contexto de la vida cotidiana, el cual incluye aspectos materiales, sociales y espirituales.

El MTC puede ser analizado desde lo que plantea Ostrom (2000). Contrario a lo que planteó Hardin (1968), acerca de que cada individuo busca maximizar su ganancia y por tanto la “libertad” de los bienes comunes es la ruina para todos, en el MTC los recursos son propiedad colectiva y existe evidencia de estos esquemas son sustentables (Bray et al. 2013). Ostrom (2000) señala que es posible autoorganizarse para gobernar y administrar los bienes de uso común sin que esto signifique su pérdida, lo cual ocurre cuando se cumplen ocho principios que suelen estar presentes en el MTC: 1) límites claramente definidos, 2) reglas que regulen la apropiación y provisión, 3) participación en la construcción de reglas, 4) supervisión o monitoreo, 5) sanciones graduadas, 6) mecanismos de resolución de conflictos, 7) derechos de organización y 8) entidades incrustadas.

Tabla 1.1. Ocho principios de la buena gobernanza de los bienes comunes según Ostrom (2000).

Principio	Núcleos agrarios (comunidades/ejidos)	SPT
Límites definidos	La unidad de administración territorial es el polígono del núcleo agrario, cuya propiedad colectiva está regulada por una normatividad establecida en la Ley Agraria, donde se reconoce como dueños legales a comuneros/ejidatarios y a la asamblea, como el órgano máximo de toma de decisiones.	Carpeta básica y padrón de comuneros
Reglas	Reglas de apropiación (restricción del tiempo, el lugar y las cantidades de uso) y provisión (trabajo, material, dinero) y las condiciones locales. De esto dependerá que el recurso se mantenga.	Reglamento comunitario
Participación en construcción de reglas	Adecuar o modificar las reglas a las circunstancias mediante el consenso de la mayor parte de los individuos afectados por las reglas operativas previamente establecidas.	Acuerdos en Asamblea.
Supervisión o monitoreo	Supervisión o monitoreo del estado de los recursos y el cumplimiento de las reglas.	Consejo de vigilancia, comités.
Sanciones graduadas	Sanciones graduadas para los que violen las reglas dependiendo de la gravedad de la infracción y del contexto por medio de un control interno.	Reglamento comunitario y sanciones morales.
Mecanismos para resolución de conflictos	Mecanismos para la resolución de conflictos	Discusiones y consensos en Asamblea.
Derechos de organización	Reconocimiento mínimo de derechos de organización, a fin de que las comunidades/ejidos puedan constituir sus propias organizaciones sin ser cuestionados por organizaciones gubernamentales externas,	Formación de CORENCHI.
Entidades incrustadas.	Múltiples niveles de organización	Participación en UMAFORES; CORENCHI

1.2.3. Manejo y Sustentabilidad

Existen diferentes interpretaciones acerca de lo que significa el desarrollo sostenible, en su forma clásica se refiere a cubrir las necesidades presentes sin poner en riesgo a las futuras generaciones y sus necesidades (WCED, 1987; Giddings et al. 2002). No obstante ha recibido numerosas críticas debido a su ambigüedad y a que ha servido para justificar el paradigma de crecimiento económico ilimitado (Fuente, 2012), olvidándose de que la naturaleza posee límites físicos, lo que ha ocasionado gran parte de los problemas ambientales y la sobreexplotación de recursos. Si bien, reconoce la importancia de los contextos social, ecológico y económico, en su representación gráfica están representados por tres anillos interconectados (Figura 1.3, la crítica central de este modelo es que los considera como entidades separadas no unificadas, pasando por alto las conexiones estrechas que existen entre ellos (Giddings et al. 2002), y reforzando la idea de que la dimensión económica no está limitada ni restringida a la ecológica. Ante ello, el modelo alternativo anida los tres contextos (Figura 1.3), en él la economía es dependiente de la sociedad, y ambas se encuentran sostenidas por la dimensión ambiental o naturaleza. Además, en esta propuesta alternativa se reconoce la diversidad cultural, social y económica, no solo un tipo de sociedad oficial o unificada (Giddings et al. 2002) e incorporan básicos como la equidad intergeneracional, justicia social (equidad intra-generacional), responsabilidad transfronterza (equidad geográfica), equidad procesal, equidad inter especies (importancia de la biodiversidad) (Haughton, 1999). Debido a esto se ha propuesto el término sustentabilidad en lugar de desarrollo sostenible.

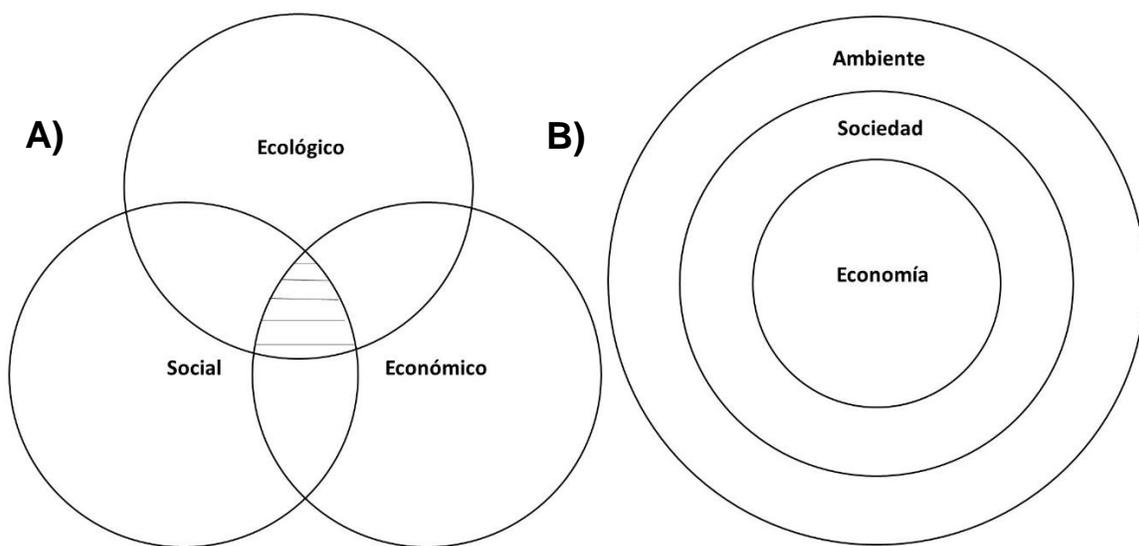


Figura 1.3. A) Modelo de los tres contextos del desarrollo sostenible (Meffe et al. 2002). B) Modelo anidado (Giddings et al. 2002).

Esto es particularmente importante en el contexto comunitario, en el cual existen ejemplos de sociedades sustentables. De esta forma el MTC ha resultado en muchos casos sustentables al mantener los recursos ecosistémicos (con implicaciones regionales y nacionales), al aportar métodos y técnicas propias para afrontar problemas sociales y ecológicos, lo cual se ha evidenciado en su participación en programas de conservación y restauración, ordenamiento territorial comunitario, establecimiento de áreas voluntarias para la conservación, manejo de cuencas y microcuencas como acción colectiva, manejo forestal y agroforestal comunitario, conservación *in situ* de la agrobiodiversidad (Boege, 2008; Bray, 2010; Duran, et al. 2011), a la vez que mantiene sistemas productivos y de abastecimiento para las familias. Cabe señalar, que las comunidades indígenas tradicionales, en general, no ven a los elementos de la naturaleza solo como recursos de los cuales hacen uso, sino como entidades con las que se relaciona (Monroe, 2014).

El MTC, por sus características: participativo, adaptativo y sustentable, combinado con el conocimiento tradicional y la capacidad de resiliencia ecológica-social puede afrontar distintas presiones a las que los territorios forestales de propiedad social están y han estado sujetos; entre ellas destacan las amenazas de tipo biótico (p.e. plagas, defaunación y especies invasivas), abiótico (p.e. cambio climático, fuego, contaminación) (Ceccon 2013; Trumbore et al. 2015;) y factores socio-económicos (monetarización de economías locales, migración, infraestructura, pérdida de autosuficiencia alimentaria) (Toledo, 2008).

1.2.4. Degradación ecológica: el caso de la invasión de *Pteridium aquilinum*

Las amenazas bióticas destacan entre los factores que afecta a los SES (comunidades/ejidos forestales) en Oaxaca (Duran y Poloni 2014; Berget et al. 2015). Una de ellas es la degradación ecológica ocasionada por la invasión de *Pteridium aquilinum*, un helecho nativo que actúa como invasor bajo circunstancias de disturbio (Cuadro 1). *P. aquilinum* impide el crecimiento de otras plantas, a través del secuestro del espacio físico, la producción de sustancias químicas (efectos alelopáticos), y la acumulación de densas masas de frondas secas en los sitios donde se desarrolla (este material se degrada lentamente y es altamente inflamable). Douterlungne et al. (2013) mencionan que en una localidad en Chiapas las frondas muertas de *Pteridium* formaban una capa de 0.5 a 1 m de profundidad, y los helechos vivos alcanzaban más de dos metros de alto. El éxito ecológico y la capacidad de invasión de

este helecho se debe en gran parte a su reproducción mediante esporas que se producen en gran cantidad, así como a su resistencia al fuego gracias a los rizomas subterráneos que se ramifican indefinidamente y a largas distancias (Ramírez-Trejo et al. 2007). Esto influye para que ninguna de las prácticas comunes para el combate de malezas sean efectivas (Douterlungne et al. 2013). Lo que se suma, en muchos lugares a que los agricultores desconocen cómo se reproduce y cómo evitar su propagación (Schneider, 2013). Por tanto, su control es difícil, requiere mucho tiempo, trabajo y dinero.

Los sitios más propensos a ser invadidos por este helecho son áreas con disturbio antrópico, en las que generalmente se desarrollan actividades productivas como pastoreo y agricultura (especialmente sitios abiertos donde se usa el fuego de manera recurrente tal es el caso de los sitios de roza-tumba y quema), también se presenta en sitios con disturbios naturales como derrumbes (Schneider y Geoghegan, 2006; Douterlungne et al. 2013). La principal afectación es productiva ya que interrumpe el ciclo tradicional agrícola. No obstante, también representa un serio problema para la conservación al impedir la sucesión secundaria y por tanto la posibilidad de regeneración del bosque (Schneider y Geoghegan, 2006; Ramírez-Trejo et al. 2007). Además, la degradación de los ambientes producto de la invasión de especies también tiene efectos negativos en las comunidades de fauna y flora nativa (Shea et al. 2004), al modificar los hábitats puede generar cambios en dominancia y composición, reduce el tamaño de las poblaciones y la diversidad, además puede incrementar el riesgo de extinción, entre otras alteraciones (Maass, 1995).

Tabla 1.2. Ficha técnica del helecho

Especie: *Pteridium aquilinum*



Nombre común: helecho, copetate

Familia: Dennstaedtiaceae

Distribución: cosmopolita, desde los bosques deciduos templados de Norteamérica y Europa hasta regiones tropicales de Centro y Sudamérica.

Indicador de disturbio de los bosques: ante disturbios como quemas y tala, actúa como especie invasora.

Hábitat: tolera condiciones de luz y sombra parcial, crece en laderas, colinas en suelos ricos y con poca humedad. Se encuentra en zonas tropicales y templadas, Puede crecer en regiones con inviernos fuertes con nieve, así como en lugares con lluvia frecuente y altas temperaturas durante todo el año.

Reproducción: por esporas y rizomas.

Otras características: posee efectos alelopáticos que inhibe el desarrollo de otras plantas.

Tóxico para el ganado y con sustancias potencialmente cancerígenas. Rizomas llegan a profundidades de hasta 1 m debajo del suelo.

En México *P. aquilinum* se ha reportado como planta invasiva en las zonas agrícolas y bosques de diferentes lugares, tal es el caso de la Península de Yucatan, Chiapas, Veracruz y Oaxaca (Edouard et al. 2004; Schneider, 2004; Schneider, 2006; Schneider y Geoghegan, 2006; Schneider y Fernando, 2010; Douterlungne et al. 2013; Berget et al. 2015; Williams-Linera et al. 2016), aunque, se desconoce la superficie total que está invadida.

En el caso de la Península de Yucatán, Schneider (2013) documentó la expansión del helecho entre 1970, lo cual se asocia a la implementación del programa nacional de desmonte durante la presidencia de Luis Echeverría. Schneider y Geoghegan (2006) estimaron que entre 1980-2001 la superficie cubierta por el helecho se cuadruplicó. En el ejido Nicolás Bravo del municipio de Othón Blanco, Quintana Roo, se estimó que habían casi 5000 hectáreas afectadas por *P. aquilinum* (Schneider, 2013). En la localidad de Lacanjá Chansayab, Chiapas, los agricultores lacandones refieren que la invasión data de hace 30 años (Douterlungne et al. 2013). En Oaxaca, se reportan zonas invadidas por helecho en la región de la Chinantla en la Sierra Norte. Edouard et al. (2004) estudiaron el caso de San Juan Lalana, en la Chinantla Baja, la cual tiene un alto nivel de deforestación, y en la cual el helecho se ha propagado de manera extensa desde los 80's. Otros casos con problemas de helecho en la microcuenca del río Santiago, en la se reportan alrededor de 500 ha invadidas por *Pteridium*, la mayor parte en zonas agrícolas (Berget et al. 2005).

1.2.5. Restauración de áreas degradadas por *P. aquilinum*

El concepto tradicional de restauración plantea como meta regresar un ecosistema degradado a su "estado original" o anterior a la perturbación (Lambd et al. 2005). Sin embargo, esto es ampliamente discutido y considerado poco realista, ya que muchas de las alteraciones son irreversibles (Choi, 2007) y porque no siempre es posible saber cuál era el estado original de un sistema. Aunque en ocasiones áreas no-degradadas del entorno a un sitio afectado constituyen legados ecológicos de lo que prevaleció antes de la degradación (Jogiste et al.

2017). Por otra parte, la literatura sobre restauración ecológica no reconoce la propiedad social, y se centra más en el ámbito ecológico (DellaSala et al. 2003). La idea de promover colaboración para la restauración, no prevee que existe un profundo conocimiento tradicional, y que la restauración puede ser un mecanismo de conferir resiliencia social y empoderamiento local, así como inducir aprendizajes para la protección de bosques y áreas productivas contra amenazas bióticas, como la que representan las especies invasivas. Cabe señalar, que no existe un concepto unificado o paradigma de restauración (Tabla 1.3), y que esta se concibe y tiene metas distintas, desde distintos enfoques; aunque en todos los casos se planteado la necesidad de manejar o intervenir para reestablecer los sistemas naturales o al menos disminuir su degradación (Ehrendfeld, 2000).

Tabla 1.3. Principales enfoques para la restauración (Ehrendfeld, 2000).

ENFOQUE	META
Biología de la conservación	La restauración busca recuperar las condiciones naturales (hábitat) de especies o comunidades que sean raras o amenazadas. Contribuye al cuidado, rescate y mantenimiento de diversas especies, sin embargo, no considera procesos a gran escala lo que puede perjudicar a otras especies (Bullock et al. 2011).
Ecología de paisaje	Este enfoque posee una visión más integral, ya que considera la restauración en el contexto de paisajes más amplios, generalmente las cuencas. Reconoce que la viabilidad de las poblaciones de especies, incluidas raras y en peligro, dependen del mantenimiento de procesos ecológicos a gran y pequeña escala. El problema es que los paisajes no siempre están claramente definidos, y pueden tener diferentes interpretaciones (Ehrendfeld, 2000).
Servicios ambientales	El pago por servicios ambientales es un incentivo que promueve las acciones de restauración (Bullock et al. 2011). La desventaja es que el proceso puede ser lento e incompleto (Bullock et al. 2011), y que depende de los precios del mercado y corre el riesgo de que cambios en la tecnología, la economía o la sociedad puedan cortar el valor del servicio (Ehrendfeld, 2000).
Aprovechamiento de recursos naturales	Se enfoca en la restauración productiva y tiene como objetivo restablecer funciones ecosistémicas, reconoce la importancia de aprovechar los recursos o productos generados, de manera que el sistema pueda seguir proveyéndolos. Considera esencial el bienestar económico de la gente que hace la restauración; por lo que da prioridad a especies con una función socioeconómica además de ecológica (agroecosistemas), de esta forma se generan productos aprovechables y se contribuye a la rehabilitación de áreas degradadas (Montagnini et al. 2008; Rey-Benayas et al. 2009).
Agroecología	Restauración agro-sucesional, incorpora técnicas agroecológicas, agroforestales y la experiencia de los campesinos manejando sus parcelas. Este tipo de estrategia se caracteriza por tener sistemas productivos (cultivos, árboles frutales o maderables) como fase inicial o de transición de la restauración, durante la cual se promueve el establecimiento de especies nativas. Esta etapa puede prolongarse por varias décadas (Vieira et al. 2016).

El problema de degradación provocada por el helecho invasivo *P. aquilinum* ha sido afrontado de diversas maneras. Douterlungne et al. (2013) señalan tres grandes formas mediante las cuales se ha combatido el helecho a nivel mundial: la primera está basada en el daño físico

de las frondas y rizomas a través del uso de maquinaria pesada como tractores. El segundo grupo se basa en el uso de sustancias químicas (Maren et al. 2008). Estas dos estrategias son raramente aplicadas en contextos rurales, porque requieren grandes inversiones económicas por prolongados periodos de tiempo (que generalmente exceden 10 años), además, las condiciones abruptas del terreno y la vegetación no lo permitirían. El tercer tipo de medidas, son las más adecuadas y utilizadas en el contexto las zonas tropicales rurales como las que existen en México, se basan en remover manualmente el helecho para favorecer los procesos ecológicos como la competencia y la sucesión natural (Edouard 2004; Schneider y Geoghegan, 2006; Douterlunge et al. 2013; Berget et al. 2015; Suazo-Ortuño et al. 2015).

El control del *P. aquilinum* por medio de remoción y siembra de plantas nativas de rápido crecimiento, que con su sombra compiten y limitan el desarrollo de los helechos, ha sido practicado en Lacanjá Chansayab en Chiapas. En esta comunidad los agricultores lacandones utilizan el árbol balsa (*Ochroma pyramidale*) como competidor natural. Douterlunge et al. (2013) evaluaron este método y encontraron que conforme el tamaño de los árboles aumentaba, disminuía la intensidad de la luz en el sotobosque y la cantidad de rizomas en el suelo, además, se incrementaba la cubierta de hojarasca, lo cual mejoró la fertilidad y recuperación del suelo y dio oportunidad al desarrollo de otras plantas. Otro caso es la comunidad de San Juan Lalana en Oaxaca (Edouard et al. 2004), donde se aprovechó la experiencia de los campesinos, se sembraron pastos, frijol, piña, lo que dio oportunidad al establecimiento de árboles, cuya sombra ayudó a controlar el helecho. Cuatro años después del inicio de las actividades, más de 200 parcelas (que habían sido dominadas por *P. aquilinum*) tenían gran diversidad de cultivos y especies forestales, entre ellos cítricos, plátano, maíz, la malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) y yuca (*Manihot esculenta*). En San Pedro Tlatepusco y Santiago Tlatepusco, también en la Región de la Chinantla, después de la remoción manual del helecho, se han utilizado cultivos de yuca o piña, y algunas especies forestales, para inducir sombra e impedir la proliferación del helecho en lugares previamente invadidos (Berget et al. 2015). A pesar de ser muy laborioso, el corte constante de frondas ha sido la actividad principal para el control del helecho (Lowday 1987; Hartig y Beck, 2003 Douterlunge et al. 2013; López-Barrera et al. 2017).

A diferencia de la visión clásica de restauración ecológica, los campesinos se enfocan principalmente en recuperar la productividad de las áreas invadidas por helecho, esto constituye restauración productiva, en la cual le dan prioridad al uso de especies útiles, como cultivos, árboles frutales y/o maderables) (Ceccon, 2013; Celentano et al. 2014). No obstante, la restauración va más allá de únicamente centrarse en la productividad. En la restauración

agro-sucesional que realizan los campesinos, se busca tener sistemas productivos que aporten beneficios económicos y a la vez cumplan funciones ecológicas (con implicaciones positivas para la biodiversidad) como fase intermedia o de transición a la recuperación de bosques (Vieira et al. 2016), la etapa productiva puede prolongarse por largos periodos. La restauración agrosucesional, también se caracteriza por ser participativa e incorporar el conocimiento y manejo tradicional, el cual se combina con técnicas agroecológicas y agroforestales. Las ventajas de este tipo de restauración son, la posibilidad de reducir los costos iniciales, prolongar el tiempo de manejo y mantener motivados a los campesinos para continuar con las actividades (Vieira et al. 2016).

Todo ello es de gran relevancia ya que el desarrollo y éxito de la restauración depende en gran medida de los factores sociales y económicos que interactúan con las variables ecológicas, esto incluye el conocimiento de la gente acerca de los árboles, el uso del suelo, la propiedad de la tierra y la organización social (Choi, 2007; Montagnini et al. 2008; Bullock et al. 2011).

1.2.6. Monitoreo e indicadores de restauración

Hay que tener presente que no todos los casos de restauración son exitosos o benéficos (DellaSala et al. 2003) y que la restauración no necesariamente sigue un camino único hacia un fin único, más bien tiene múltiples trayectorias hacia múltiples finales, los cuales pueden ser impredecibles (Choi, 2007). Debido a esto, es necesario realizar un monitoreo, el cual implica hacer una evaluación antes, durante y después del manejo (la cual incluirá indicadores) (Kremen, 1992; Meffe et al. 2002). Esto permitirá saber si se está logrando que el sistema se encamine hacia el estado propuesto, detectar lo que va mal, tomar medidas emergentes para solucionarlo, así como generar aprendizajes (Kremen, 1992; Meffe et al. 2002; Rey-Benayas et al. 2009). Dichos conocimiento pueden ayudar a replicar a futuro estrategias en otros lugares o circunstancias.

Los indicadores de la restauración son características del sistema (físicas, biológicas/ecológicas o sociales) que muestran tendencias y permiten evaluar la condición o cambio al que ha se conducido, para ello suele usarse un sistema de referencia el cual se considera un estado histórico o un estado natural del ecosistema a restaurar (Bullock et al. 2011). Los indicadores pueden y deben proveer señales tempranas de cambio, por lo que son herramientas importantes del monitoreo.

1.2.7. Indicadores ecológicos

Algunas condiciones generales que deben cumplir especies que se usan como indicadores ecológicos o ambientales son (Ferris y Humphrey, 1999):

- Fáciles de evaluar, incluso por no especialistas.
- Taxonomía bien conocida y fácil identificación.
- Deben ser repetibles (aún por diferentes observadores).
- Costos accesibles, generar datos relevantes a costos aceptables.
- Deben ser ecológicamente significativos y proveer datos que sean fáciles de interpretar.
- Tener diversidad taxonómica y ecológica amplia (especies en cada hábitat o sistema).
- Relación estrecha con las condiciones o respuestas de otras especies.
- Abundancia relativa alta y tamaños estables de poblaciones (ser siempre fáciles de localizar en campo).
- Buena cantidad de información disponible acerca del grupo (ecología, biogeografía, conducta, etc.).
- Su importancia dentro de los ecosistemas debe ser entendida.
- Grandes muestras aleatorias deben abarcar toda la variación de especies posibles.

Los artrópodos han sido utilizados como indicadores por ser de los primeros organismos en responder a cambios ecológicos y ambientales (Waltz y Covington, 2001), entre ellos se encuentran los lepidópteros.

Los lepidópteros poseen alta sensibilidad a cambios ambientales (Kremen, 1992), como temperatura, humedad, nivel de luminosidad, exposición al viento, cobertura vegetal, entre otros parámetros que típicamente se alteran con la perturbación y degradación del hábitat lo que los ha llevado a ser propuestos como buenos indicadores (Dover y Settele, 2009). También contribuyen en procesos esenciales dentro de los ecosistemas como polinización y dentro de las cadenas tróficas al ser alimento de otros animales (Borror et al. 1992; Fleishman et al. 2005).

Las características de las comunidades de mariposas (diversidad, riqueza, abundancia, composición) pueden presentar cambios en función de la disponibilidad de recursos (Waltz y Covington, 2001), a la dinámica del ecosistema (Nelson, 2003), a la heterogeneidad del paisaje (Weibull et al. 2000). Lo que se conjuga con características particulares de las especies, tal es el caso de sus hábitos (cosmopolitas, generalistas, especialistas) (Raguso y

Bousquets, 1990; Koh et al. 2004), la especialización a la planta hospedera cuando son larvas y al hábitat cuando son adultos (Kremen, 1992; Koh et al. 2004; Lomov et al. 2006), a su distribución y rangos geográficos (Balam-Ballote y León-Cortés, 2010) entre otros.

Como indicadores pueden utilizarse especies o grupos de diferentes niveles taxonómicos (Nelson, 2003; Lomov et al. 2006) dependerá del caso específico que se esté abordando. No obstante, se reconoce la gran dificultad que existe para establecer generalizaciones, se ha visto que las mismas especies pueden responder de formas distintas en diferentes localizaciones geográficas, como intentando ajustarse a las condiciones locales (Dover y Steler, 2009). Esto se suma a la complejidad de los ecosistemas tropicales, el poco entendimiento de la ecología de algunas especies y el corto tiempo con el que generalmente se cuenta al realizar trabajos con grupo tan amplio (Bonebrake et al. 2010). Sin embargo, estos inconvenientes no les quita el gran potencial como indicadores y su uso recomendado en programas de monitoreo de restauración (Lomov et al. 2006).

1.2.8. Indicadores sociales

Los indicadores ecológicos no reflejan la dimensión social en el contexto de SES. En el caso de comunidades/ejidos de origen indígena, se pueden monitorear los impactos de actividades de conservación o restauración en sus medios de subsistencia tradicionales y modos de vida y a partir de una "línea de base", monitorear a intervalos regulares las dinámicas socioecológicas para poder definir las prioridades de acción comunitaria y de conservación (Van Oudenhoven et al. 2010). Entre estos indicadores están:

- Retención y adquisición de conocimiento tradicional ecológico, transmisión, difusión, adquisición, documentación del conocimiento.
- Uso de lenguas indígenas locales (número de hablantes, educación en lenguas locales, porcentaje de niños aprendiendo la lengua, medios de comunicación locales en la lengua, diversidad lingüística asociada con la conservación)
- Demografía (número de generaciones que interactúan con el paisaje, migración de los territorios tradicionales).
- Valores culturales (tradiciones asociadas con plantas y animales del sitio, prácticas culturales relacionadas a la agricultura y otros usos de la biodiversidad: ceremonias, danzas, plegarias, canciones, existencia de sitios sagrados).
- Leyes, instituciones sociales y autonomía (existencia y continuación de la tenencia de la tierra, gobernanza, acceso a tierra, existencia de marcos legales).

- Soberanía alimenticia y autosuficiencia (disponibilidad en cantidad y calidad de alimentos, nutritivos y culturalmente adecuados, abundancia y uso de comida tradicional, semillas, medicinas en el sistema local de producción, intensidad de fertilizantes artificiales, insecticidas o herbicidas en tierras agrícolas, contribución de las actividades de subsistencia a la economía de las comunidades indígenas).
- Uso múltiple de tierra, animales y plantas (diversidad cultivada, diversidad de comida de origen silvestre, número de cultivos tradicionales, uso múltiple de especies (comida, materia, nutrición para el suelo, sombra), uso de medicina tradicional, diversidad de sistemas agrícolas).
- Complejidad e intensidad de interacciones con el ecosistema (diversidad de componentes del paisaje utilizados y mantenidos por las comunidades).
- Conservación de recursos (tasas de degradación y conversión, prevención de agotamiento de recursos, monitoreo de la abundancia de los recursos y cambios en el ecosistema, conservación de agricultura y biodiversidad, mecanismos para protección total o parcial de especies y hábitats, restricciones de aprovechamiento).

La percepción de la gente local sobre un problema de degradación ecológica es importante ya que permite entender el por qué de sus acciones y de sus decisiones. La percepción depende del nivel y la calidad de la información que se posee, los esquemas culturales que la seleccionan, interpretan e incorporan, los conocimientos previos y los valores personales estables de cada persona (Monroe, 2014). Cambios en la percepción inciden en la actitud de la gente hacia una problemática y la forma en cómo la afrontan. Ambos atributos, fueron documentados en este estudio.

1.3. OBJETIVO GENERAL

- Documentar la percepción y las acciones realizadas por los campesinos de San Pedro Tlatepusco (SPT) para restaurar parcelas invadidas por helecho y analizar las implicaciones sociales y ecológicas asociadas a dicha restauración; esto a fin de proponer estrategias de restauración colectiva en núcleos agrarios afectados por dicha especie.

1.4. OBJETIVOS PARTICULARES

Capítulo 2

- Conocer la percepción social sobre el problema del helecho invasivo en SPT.
- Documentar las estrategias locales de restauración en áreas degradadas por helecho invasivo y analizar los factores que la han motivado.
- Reconocer los beneficios sociales de la restauración.

Capítulo 3

- Reconocer las implicaciones ecológicas de la restauración usando como indicadores a los lepidópteros diurnos
- Determinar y comparar la diversidad, riqueza y composición de lepidópteros diurnos en tres condiciones: áreas degradadas por helecho, áreas restauradas (acahuales y agrícolas) y áreas de bosque.
- Reconocer especies o grupos de especies de mariposas que sean indicadores contrastantes en condiciones de degradación y restauración.

Capítulo 4

- Analizar las ventajas y limitantes para transitar de una restauración implementada como iniciativa familiar y de pequeña escala a una restauración colectiva con impacto a nivel del núcleo agrario.
- Emplear la restauración agro-sucesionales realizada en SPT y los factores que intervienen en la toma de decisiones para acción colectiva, como base para proponer una estrategia de manejo comunitario para la restauración de áreas afectadas por helecho invasivo.

1.5. ÁREA DE ESTUDIO

1.5.1. Localización y medio físico

San Pedro Tlatepusco (SPT) es un núcleo agrario de 6875 hectáreas, se ubica en el municipio de San Felipe Usila, en la región Sierra Norte de Oaxaca, México (Figura 1.11). Este territorio comunal se encuentra en la microcuenca Río Santiago, el cual es tributario de la subcuenca Río Usila o Santa Rosa (CONAGUA, 2007), que a su vez es parte de la Cuenca del Río Papaloapan en la región hidrológica del Papaloapan RH28. Fisiográficamente, SPT se ubica en la subprovincia Sierras Orientales, dentro de la provincia Sierra Madre del Sur, las cuales se caracterizan por los paisajes montañosos y abruptos. La humedad en la zona se debe en gran medida a la influencia de los vientos alisios húmedos del Golfo de México (González-

Espinosa et al. 2012). Los tipos de suelo son Leptosoles, Alisoles y Cambisoles (de Teresa-Ochoa y Hernández-Cárdenas, 2011).

1.5.2. Contexto ecológico y usos del suelo

SPT se encuentra en la ecorregión Chinantla, considerada prioritaria debido a la riqueza de sus ecosistemas y a su significativa integridad ecológica (CONANP 2005; Van Vleet et al. 2016). La Chinantla contiene, por extensión e importancia, la tercera masa de selvas húmedas del país después de la Selva Lacandona y de los Chimalapas (de Teresa-Ochoa y Hernández-Cárdenas, 2011). Asimismo, La Chinantla forma parte del *Área de Importancia para la Conservación de las Aves Sierra Norte* y de la Region terrestre Prioritaria Sierra del Norte de Oaxaca-Mixe (RTP-130; Arriaga et al. 2000). Se ubica dentro de uno de los dos corredores biológicos del estado, el cual se extiende desde la región del Istmo, y a lo largo de la Sierra Norte hasta la Cañada (Koleff y Urquiza-Haas, 2011). Este corredor conecta las poblaciones de fauna de la costa del Pacífico, Chiapas, América Central y la Sierra Madre Oriental, se considera parte de los corredores de jaguar en Mesoamérica (Salom et al. 2010).

Específicamente, en el polígono de SPT la vegetación prevalente es el bosque mesófilo de montaña la mayoría en buen estado de conservación (Bray et al. 2012), y en menor extensión se presenta selva alta perennifolia y parches de bosques de encino.

Sin embargo, en SPT existe un problema de degradación ecológica derivado de la invasión de helecho en aproximadamente 500 ha (Berget et al. 2015), conforme el OTC la mayor parte afectada se encuentra en las áreas agrícolas (Figura 1.11). Dicha invasión ha afectado la capacidad productiva local, interrumpido el manejo tradicional y ha frenado la sucesión secundaria. También ha ocasionado que los campesinos tengan que desplazarse mayores distancias a sus campos de cultivo (Berget et al. 2015). Sin embargo, existen esfuerzos de restauración que han logrado recuperar sus terrenos y restituir su capacidad productiva.

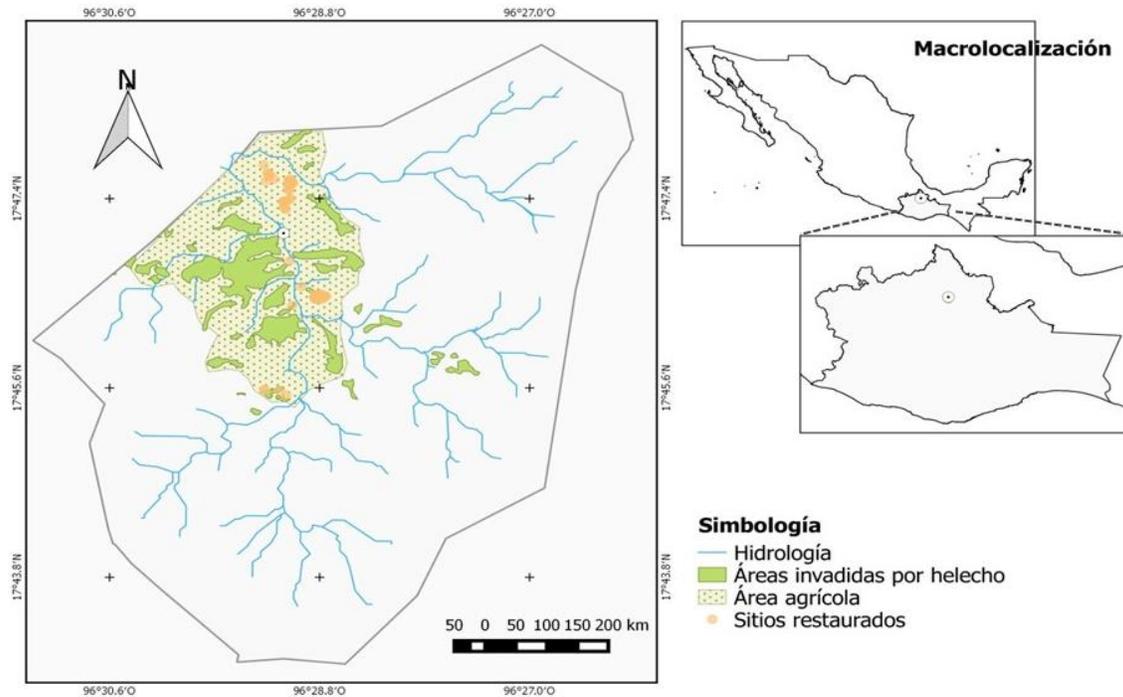


Figura 1.11. Ubicación del núcleo agrario de San Pedro Tlatepusco, así como las áreas invadidas por helecho y sitios restaurados (modificado de Berget et al. 2015)

1.5.3. Contexto social

SPT es una comunidad indígena de la etnia chinanteca, se trata de un asentamiento que data de tiempos prehispánicos. SPT tuvo una gran población a finales del siglo XIX y principios del XX, era considerada cabecera municipal y contaba con alrededor de 790 habitantes, en la actualidad hay alrededor de 250 habitantes. En 1928 la comunidad fue abandonada después de una gran tromba que arrasó con el pueblo, en 1945 las personas regresaron y refundaron el pueblo (Escalante y Romero, 1998). En 1986, obtiene su carpeta básica y se reconoce legalmente por la Secretaría de la Reforma Agraria con una dotación de 6875 hectáreas (Escalante y Romero, 1998). No existe conflicto de linderos con ninguna comunidad. Al momento del estudio estaban registrados aproximadamente 50 comuneros (Berget, 2012).

En SPT la densidad poblacional es de 2.9 habitantes/km² (Berget, 2012) y se considera de alta marginación socio-económica. Hasta ahora, no cuenta con camino de acceso vehicular, por lo que el trayecto a la cabecera municipal de San Felipe Usila implica alrededor de seis horas a pie para los pobladores.

La principal actividad económica de los habitantes es la agricultura de subsistencia, siendo los principales cultivos el maíz, el frijol, la yuca y la piña. El cultivo de maíz se realiza bajo el

sistema de roza, tumba y quema (RTQ) en acahuales que dejan descansar de 5 a 7 años. También se dedican a la producción de café, el cual fue la base de la economía local durante la década de los 80's del siglo pasado. Además del café, la comunidad cultiva cacao y produce miel. En las últimas décadas, el ingreso externo de las familias tomó relevancia ya sea por empleos fuera de la comunidad (sobre todo los jóvenes), remesas de los migrantes y los apoyos a través de programas gubernamentales (PROGRESA, OPORTUNIDADES) (De Teresa, 2011).

1.5.4. Iniciativas locales de conservación

Desde noviembre de 2004 SPT certificó ante la CONANP el 73% de su territorio comunal (5050 hectáreas) como Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación con una vigencia de 25 años (Bray et al. 2012). Así mismo el 43% de su territorio está sujeto al Pago por Servicios Hidrológicos. Sin embargo, y considerando que el 98% de su superficie está cubierto por bosques en buen estado de conservación (Velasco-Murguía et al. 2014) la comunidad ya realizaba acciones de protección a su ambiente y un adecuado manejo de sus recursos.

Otras de las Acciones de Conservación que la comunidad decidió llevar a cabo de manera "oficial" (con la aprobación de la Asamblea) son (Duran, et al. 2011):

- Formación de una asociación civil intercomunitaria: CORENCHI A.C. con otras cinco comunidades Chinantecas.
- Establecimiento de una Red de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación con las otras comunidades.
- Ordenamiento territorial comunitario (OTC) que incluyen la delimitación de zonas de uso agrícola y la prohibición de desmonte del bosque.
- Prohibición de cacería de animales silvestres.
- Reglamentos de vida comunitaria con cláusulas a favor de la conservación (manejo del fuego de RTQ).

1.6. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA

Este estudio dio continuidad al trabajo iniciado por E. Duran en 2009, sobre el problema de invasión de helecho (*P. aquilinum*) en dos comunidades de la microcuenca del río Santiago, en el municipio de San Felipe Usila, Oaxaca. Dicho trabajo fue abordado de manera

sistemática por Berget (2012) y Berget et al. (2015), quienes documentaron el conocimiento y percepción de la gente local sobre la presencia del helecho, así como las acciones de restauración que los campesinos de las dos comunidades de dicha microcuenca han implementado (Santiago Tlatepusco y San Pedro Tlatepusco). En el presente trabajo, se consideró solo a la comunidad de San Pedro Tlatepusco como estudio de caso, para ello:

- 1) Se obtuvo el Consentimiento Libre e Informado. Se presentó en proyecto de tesis a las Autoridades Comunales y en la Asamblea.
- 2) Se hicieron visitas prospectivas a la comunidad y recorridos en campo, con apoyo de guías locales, durante los cuales se realizaron las siguientes actividades:
 - Pláticas informales con personas que han restaurado áreas con helecho.
 - Visitas prospectivas a sitios degradados por helecho y sitios restaurados, acompañadas (entrevistas informales con los “propietarios”) y áreas de bosque.
- 3) Se hizo un estudio piloto para el monitoreo de mariposas, durante el cual se probaron cebos, trampas y otros aspectos logísticos para un posterior muestreo.
- 4) Se realizaron dos talleres participativos, en los cuales se reunieron a aquellos interesados en la restauración o los que hubieran realizado dichas actividades. De esta forma se exploraron los intereses e inquietudes de los campesinos y diferentes aspectos del conocimiento y experiencia local.
- 5) Se aplicaron entrevistas a 41 campesinos (38 hombres y 3 mujeres; de los cuales 39 fueron comuneros) con edades de 19 a 70 años durante 2015 y 2016. Para ello, previamente se elaboró formato de entrevista estructurada de 127 preguntas, dividida en seis secciones:
 - Datos generales (edad, su lugar de nacimiento, si es comunero o no, cargos, etc.).
 - Conocimiento y percepción del helecho invasivo (recopiló conocimiento de los pobladores sobre la historia de vida del helecho, sus usos, beneficios y perjuicios; incluye preguntas acerca de la invasión que existe en los terrenos de la comunidad [hace cuánto está presente, qué superficie abarca, etc.]).
 - Acciones de recuperación de áreas invadidas por helecho (trato de obtener una descripción detallada de las actividades para el control del helecho y los cultivos/cosechas y cría de animales en zonas donde hubo helecho; así como beneficios y desventajas de restaurar).

- Género (abordó la participación de mujeres en las actividades de restauración de áreas afectadas por helecho).
 - Incentivos para la restauración de sitios invadidos por helecho. Se explora la opinión acerca de incentivos económicos para las acciones de restauración, y el valor monetario que debe asignarse a dichas actividades.
 - Concepto de Restauración (se preguntó si habían escuchado o conocían esa palabra).
- 6) Se establecieron transectos para monitorear lepidópteros diurnos en tres condiciones de manejo: 1) bosques conservados (acahuales maduros de ~25 años), 2) áreas con *P. aquilinum* y 3) áreas restauradas con cultivos en producción o acahuales producto de restauraciones (≤ 10 años). En cada condición se instalaron tres unidades de muestreo (que en conjunto tuvieron una longitud de 1550 m) separadas entre sí por al menos 500 m y en un rango altitudinal de entre 400 y 110 msnm. Cada unidad de muestreo consistió en un transecto linear fijo (Pollard, 1977) con trampas Van Someren-Rydon (DeVries, 1987) cada 50 m.
- 7) Durante todo el estudio (febrero de 2015 a noviembre de 2016), se realizó observación participante.

1.7. ESTRUCTURA DE LA TESIS

Esta tesis está integrada por cuatro capítulos:

- Capítulo 1. Generalidades de la tesis
- Capítulo 2. Restauración participativa agro-sucesional en áreas invadidas por *Pteridium aquilinum* en Oaxaca, Mexico
- Capítulo 3. Lepidópteros diurnos como indicadores ecológicos de restauración agro-sucesional en áreas afectadas por *Pteridium aquilinum* en Oaxaca, México
- Capítulo 4. Restauración agro-sucesional como estrategia de manejo comunitario.

Los capítulos 2, 3 y 4 están preparados como artículos científicos, por lo que pueden leerse de manera independiente; esto hace que resulten repetitivos en algunas temáticas y en la literatura citada.

En el capítulo 1 se abordan los temas de sistemas sociales-ecológicos y sus problemas de degradación, se hace énfasis en el problema de especies invasivas, tal es el caso del helecho *Pteridium* y la restauración como una estrategia para combatir la degradación. En el Capítulo

2, se desarrolla el tema de la restauración en San Pedro Tlapeusco, dónde y cómo se realiza, así como beneficios sociales de dicha actividad. En el Capítulo 3 se evalúan la respuesta de las mariposas ante tres panoramas distintos (áreas con helecho, áreas restauradas (acahuales y agrícolas) y áreas de bosque) y se plantea la posibilidad de que sean indicadores ecológicos de restauración. En el capítulo 4 se analiza la restauración en SPT, la toma de decisiones y el contexto comunitario desde la teoría de manejo de recursos naturales. La última sección corresponde a las Consideraciones Finales, donde se hacen énfasis en las principales conclusiones y se hacen recomendaciones para dar continuidad al estudio e intentar su implementación en la comunidad de SPT o en otra área afectada con características comparables.

1.8. LITERATURA CITADA

AGRUCO. 2011. Plan Rector de la fase IX. Documento de trabajo. Cochabamba, Bolivia.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coord.). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.

Balam-Balote, R. y J.L. León-Cortés. 2010. Forest management and biodiversity: a study of an indicator insect group in southern Mexico. *Interciencia* 35(7):526-533.

Berget, C. 2012. Invasion of bracken fern in southern Mexico: local knowledge and perceptions in two indigenous communities in the Chinantla Region, Oaxaca, Mexico. Master Thesis, Environmental Studies. Florida International University, E.U.

Berget, C. E. Durán y D.B. Bray. 2015. Participatory restoration of degraded agricultural areas invaded by bracken fern (*Pteridium aquilinum*) and conservation in the Chinantla Region, Oaxaca, Mexico. *Human Ecology* 43:547-558.

Berkes F. y C. Folke. 1998. Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. En: Berkes F. y Folke (Eds.). Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge University Press.U.K.

Berkes, F. C. Folke y M. Gadgil. 1995. Traditional ecological knowledge biodiversity, resilience and sustainability. *Biodiversity Conservation* 281-299.

Berkes, F., J. Colding y C. Folke. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications* 10(5):1251-1262.

Berkes, F., J. Colding y C. Folke. 2003. Navigating social-ecological systems. Building resilience for complexity and change. Editorial Cambridge University Press.

Bevan, B. 1987. Los chinantecos y su hábitat. Serie Antropología Social No. 75. Instituto Nacional Indigenista, México.

Binu, T., U.M., U. M. Chandrashekara, A. Rajendran y K.M.Prabhukumar. 2014. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. (Dennstaedtiaceae) - An effective ecological indicator. *Botanical Report* 3(1):8-9.

Boege, E. 2008. El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: hacia la conservación *in situ* de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas. Instituto Nacional de Antropología e Historia-Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.

Bonebrake, T. C., L.C. Ponisio, C.I. Boggs y P. R. Ehrlich. 2010. More than just indicators. A review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological Conservation* 143:1831-1841.

Bray, D.B. 2010. Toward 'post-REDD+landscapes' México's community forest enterprises provide a proven pathway to reduce emissions from deforestation and forest degradation. *CIFOR Infobriefs* 3:1-8.

Bray, D.B., L. Merino-Pérez, P. Negreros-Castillo, G. Segura-Warnholtz, J.M. Torres-Rojo y H.F.M. Vester. 2003. Mexico's community-managed forests as a global model for sustainable landscapes. *Conservation Biology* 17(3): 672–677.

Bray, D., E. Durán y O. Molina-González. 2012. Beyond harvest in the commons: multi-scale governance and turbulence in indigenous/community conserved areas in Oaxaca Mexico. *International Journal of the Commons* 6(2):151-178.

Bray, D. 2013. When the State Supplies the Commons: Origins, changes, and design of Mexico's common property regime. *Journal of Latin American Geography* 12(1):33-55

Brenes, C.C. 2010. Comunidades Rurales. Criterios y herramientas para su diagnóstico. EUNED. Costa Rica.

Bullock, J.M., J. Aronson, A.C. Newton, R.F. Pywell y J.M. Rey-Benayas. 2011. Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. *Trends Ecology and Evolution* 26(10):541-549.

Ceccon, E. 2013. Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. Ediciones Díaz de Santos/UNAM. México.

Celentano, D. G.X. Rousseau, V. L. Engel. C. Lima Façanha, E. Moreira de Oliveira y E. Gomes de Moura. 2014. Perceptions of environmental change and use of traditional knowledge to plan riparian forest restoration with relocated communities in Alcântara, Eastern Amazon. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*. 10 (11):1-14.

Choi, Y. 2007. Restoration Ecology to the future: a call for a new paradigm. *Restoration Ecology* 15(2): 351-353.

CONANP, 2005. Estrategias de conservación. Región Prioritaria para la Conservación de la Chinantla, Oaxaca. CONANP-SEMARNAT



De Teresa-Ochoa, A. 2011. Siglo XX. Poblamiento del área chinanteca. En: de Teresa-Ochoa, A. Quia-Na. La selva Chinanteca y sus pobladores. Universidad Autónoma Metropolitana, Juan Pablo Editor. México.

DellaSala, D.A., A. Martin, R. Spivak, T. Schulke, B. Bird, M. Criley, C. van Daalen, J. Kreilick, R. Brown y G. G. Aplet. 2003. A citizen's call for ecological forest restoration: forest restoration principles and criteria. *Ecological Restoration* 21(1):14-23.

DeVries, P. 1987. The Butterflies of Costa Rica and their natural history. Princeton University Press.

Douterlunge, D., E. Thomas y S. I. Levy-Tacher. 2013. Fast-growing pioneer tree stands as a rapid and effective strategy for bracken elimination in the Neotropics. *Journal of Applied Ecology* 50(5):1257-1265.

Durán, E., Priciliano, R. Figel J. y D. Bray. 2011. Presencia del jaguar y sus presas en comunidades chinantecas del municipio de San Felipe Usila, Oaxaca. En: Briones-Salas, M., A. Sánchez, A. Aquino, T. Palacios y Y. Martínez (Eds). Estudios del Jaguar en Oaxaca. Gobierno del Estado de Oaxaca, Secretaria de las Culturas y Artes de Oaxaca, Acciona, PRECONJAGUAR.

Duran E., J. Robson, M. Briones, F. Berkes y D. Bray. 2012. Wildlife conservation on community conserved lands: experiences from Oaxaca, southern Mexico. En: Dudley N. y S. Solton (Eds.). Protected Landscapes and Wild Biodiversity, Volumen 3, Protected Landscapes and Seascapes Series. IUCN, Gland, Switzerland.

Duran E. y A. Poloni. 2014. Escarabajos descortezadores: diversidad y saneamientos en bosques de Oaxaca. CONABIO. *Biodiversitas* 11:7-12.

Edouard, F., J. Jiménez y M. Cid. 2004. Restauración de áreas invadidas por copetate en la región de la Chinantla, Oaxaca, México. *Revista de Agroecología* 34-37.

Ehrendfeld, J.G. 2000. Defining the limits of restoration: the need for realistic goals. *Restoration Ecology* 8(1):2-9.

Escalante, J.M. y F.L. Romero. 1998. San Pedro Tlapepusco, el pueblo que se inundo. Tesis para obtener el grado de Licenciado en Antropología Social. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

Ferris, R. y J.W. Humphrey. A review of potential biodiversity indicators for application in british forest. 1999. *Forestry* 72(4):313-328.

Folke, C., S.R. Carpenter, B. Walker, M. Schefer, T. Chapin e I.J. Rockströml. 2010. Resilience thinking: integrating resilience adaptability and transformability. *Ecology and Society* 15(4):20

Fuente, M.E. 2012. La comunalidad como base para la construcción de resiliencia social ante la crisis civilizatoria. *Polis Revista Latinoamericana*. 33:1-19.

George, A. L. y A. Bennett 2005. Case studies and theory development in the social sciences. MA: MIT Press. Cambridge.

- Gerritsen, P. 2010. Perspectivas campesinas sobre el manejo de los recursos naturales. Mundiprensa-Universidad de Guadalajara-Centro Universitario de la Costa Sur.
- Giddings, B., B. Hopwood y G. O'Brien. 2002. Environment, economy and society: fitting them together into sustainable development. *Sustainable Development*. 10:187-196.
- Hardin, G. 1968. The Tragedy of Commons. *Science*. 162:1243-1248.
- Hartig, K. y E. Beck. 2003. The bracken fern (*Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) maxon) dilemma in the Andes of southern Ecuador. *Ecotropica*. 9:3-13.
- Haughton G. 1999. Environmental justice and the sustainable city. *Journal of Planning Education and Research* 18(3): 233–243.
- Jogiste, K., H. Korjus, J.A. Stanturf, I.E. Frelich, E. Baders, J. Donis, A. Jansons, A. Kangur, K. Köster, D. Laarmann, T. Maaten, V. Marozas, M. Mestlaid, K. Nigul, O. Polyachenko, T. Randveer y F. Vodde. 2017. Hemiboreal forest: natural disturbances and the importance of ecosystem legacies to management. *Ecosphere*. 8(2):1-20.
- Koh, L.P., N.S. Sodhi y B.W. Brook. 2003. Ecological Correlates of Extinction Proneness in Tropical Butterflies. *Conservation Biology*. 18(6):1571-1578.
- Koleff, P. y T. Uquiza-Haas. 2011. Conservación de la diversidad terrestre: planeación, reflexiones y lecciones aprendidas. En: Koleff, P. y T. Uquiza-Haas (coor.). Planeación para la conservación de la Biodiversidad terrestre en México: retos de un país megadiverso. CONABIO-CONANP-SEMARNAT.
- Kremen, C. 1992. Assessing the Indicator Properties of Species Assemblages for Natural Areas Monitoring. *Ecological Applications*. 2(2):203-217.
- Kremen, C. 2014. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecological Applications*. 2(2):203-2017.
- Lamb, D. P. D. Erskine y J.A. Parrotta. 2005. Restoration of Degraded Tropical Forest Landscapes. *Science*. 310:1628-1632.
- Legarreta, P. 2010. Miradas sobre la Integración. El Tequio y la Gestión de Tierras en la Chinantla Media, Oaxaca, México 1928-1950. *RURIS*. 3(2):125-150.
- Lomov, B., D.A. Keith, D.R. Britton y D.F. Hochuli. 2006. Are butterflies and moths useful indicators for restoration monitoring? A pilot study in Sydney's Cumberland Plain Woodland. *Ecological Management Restoration* 7(3): 204-210.
- López-Barrera, F., M. Bonilla-Moheno y T. Toledo-Aceves. 2017. Restauración del bosque de niebla con un enfoque de paisaje. *Agroproductividad*. 10(1):29-36.
- Lowday, J. E. 1987. The effects of cutting and asulam on number of frond buds and biomass of fronds and rhizomes of bracken *Pteridium aquilinum*. *Annals of Applied Biology*. 110:175-184.

Maren, I.E., V. Vandvik y K. Ekelund. 2008. Restoration of bracken-invaded *Calluna vulgaris* heathlands: effects on vegetation dynamics and non target species. *Biological conservation*. 141: 1034-1044.

Maass, J.M. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. En: Bullock, S.h., Mooney H.A. y E.Medina (Eds.). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press.

Meffe, G., L. Nielsen, R. Knight y D. Schenborn. 2002. *Ecosystem Management. Adaptive, community-based, conservation*. Island Press.

Merino-Pérez, L. y A. E. Martínez. 2014. A vuelo de pájaro: las condiciones de las comunidades con bosques templados en México. CONABIO.

Moguel, P. y V.M. Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13(4): 11-21.

Molina, O. A. 2011. Análisis de las instituciones de gobernanza multi-escala para la acción colectiva de conservación de la biodiversidad en La Chinantla, Oaxaca, México, tesis de Maestría, CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca, México.

Monroe, J. 2014. Procesos sociales y la construcción de tecnología. Las experiencias de soluciones prácticas. *Apuntes de InvestigAcción*. 2:1-14.

Montagnini, F., A. Suárez-Islas y M.R. Araujo-Santana, 2008. Participatory approaches to ecological restoration in Hidalgo, México. *Bois et Forests des Tropiques*. 295(1):5-20.

Nelson, S. M. 2003. The Western Viceroy butterfly (Nymphalidae: *Limenitis archippus obsoleta*): an indicator for riparian restoration in the arid southwestern United States? *Ecological Indicators*. 3:203–211.

Ostrom, E. y T. Ahn. 2003. Una perspectiva del capital social desde las ciencias sociales: capital social y acción colectiva. *Revista Mexicana De Sociología*. 65(1):155-233.

Ostrom, E. 2000. El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva. UNAM-Fondo de Cultura Económica.

Pollard, E. 1977. A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biological Conservation*. 12(2):115-134.

Ramírez-Trejo, M.R. B. Pérez y A.D. Orozco. 2007. Helechos invasores y sucesión secundaria post-fuego. *Ciencias*. 85:18-25.

Raguso, R.A. y J. Llorente-Bousquets. 1990. The Butterflies (Lepidoptera) of the Tuxtlas Mts., Veracruz, Mexico. Revisited: species-richness and habitat disturbance. *Journal of Research on the Lepidoptera*. 29(1-2):105-133.

Rey-Benayas, J.M., A.C. Newton, A. Díaz y J. Bullock. 2009. Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological Restoration: A Meta-Analysis. *Science*. 325:1121-1124.

Sabás A.V., I. Vizcarra-Bordi, E. Quintanar y B. Lutz. 2009. Heterogeneidad en las prácticas agrarias como estrategia de adaptación a los procesos globales. Caso de Santa Cruz (Chilapa, Guerrero, México). *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales*. 50:79-109.

Salom-Pérez, R., Polisar, J., Quigley, H. y K. Zeller. 2010. Iniciativa Corredor del jaguar: un corredor biológico y un compromiso a largo plazo para la conservación. *Mesoamericana* 4(3):25-34.

Schneider Tillman, H. y M.A. Salas. 1994. Nuestro congreso: manual de diagnóstico rural participativo. PRODAF. Costa Rica.

Schneider, L.C. 2004. Bracken Fern Invasion in Southern Yucatán: A Case for Land-Change Science. *Geographical Review*. 94(2): 229-241.

Schneider, L. C. 2006. Invasive species and land-use: the effect of land management practices on bracken fern invasion in the region of Calakmul, Mexico. *Journal of Latin America Geography* 5:91-107.

Schneider, L.C. y J. Geoghegan, 2006. Land abandonment in an agricultural frontier after a plant invasion: the case of bracken fern in Southern Yucatán, Mexico. *Agricultural and Resource Economics Review*. 35(1):167-177.

Schneider, L.C. y D.N. Fernando. 2010. An Untidy Cover: Invasion of Bracken Fern in the Shifting Cultivation Systems of Southern Yucata'n, Mexico. *Biotropica* 42(1): 41–48.

Schneider, L. 2013. Helechos “malhechos” en sistemas agrícolas. *Ecofronteras*. 47:4-6.

Shea, K., Roxburgh, S.H. y E.S.J. Rauschert. 2004. Moving from pattern to process: coexistence mechanisms under intermediate disturbance regimes. *Ecology Letters*. 7:491-508.

Slocum M. G., Aide, T. M., Zimmerman, J. K., y Navarro L. 2004. Natural regeneration of subtropical montane forests after clearing fern thickets in the Dominican Republic. *J. Trop. Ecol.* 20: 483-486.

Suazo-Ortuño, I. L. Lopez-Toledo, J. Alvarado-Díaz y M. Martínez-Ramos. 2015. Land-use Change Dynamics, Soil Type and Species Forming Mono-dominant Patches: the Case of *Pteridium aquilinum* in a Neotropical Rain Forest Region. *Biotropica*. 47(1): 18–26.

Toledo, V.M., B. Ortiz-Espejel, L. Cortés, P. Moguel y M.J. Ordoñez. 2003. The multiple use of tropical forest by indigenous peoples in Mexico: a case of adaptative management. *Conservation Ecology*. 7(3):9.

Toledo, V.M. 2008. Metabolismos rurales: hacia una teoría económica-ecológica de la apropiación de la naturaleza. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*.7:1-26.

Toledo-Aceves, T., J. Meave, M.González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial. 2011. Tropical montane cloud forests: Current threats and opportunities for their conservation and sustainable management in Mexico. *Journal of environmental management*. 92:974-981.

Turner, B.L., W.B. Meyer y D. L. Skole. 2009. Land-use/land cover change: towards an Integrated study. *Ambio*. 23(1):91-95.

Trumbore, S., P. Brando y H. Hartmann. 2015. Forest health and global change. *Science*. 349:814-818.

Upreti, Y., H. Asselin, Y. Bergeron, F. Doyon y J.F. Boucher. 2012. Contribution of traditional knowledge to ecological restoration: practices and applications. *Ecoscience*. 19(3):225-237.

Van Vleet E., D.B. Bray y E. Durán. 2016. Knowing but not knowing: Systematic conservation planning and community conservation in the Sierra Norte of Oaxaca, Mexico. *Land use Policy* 59: 504–515.

Vela, F.P. 2001. Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista cualitativa. En: Tarrés, M.L. (coord.). *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. Porrúa-Colegio de México-FLACSO México. 409 pp.

Velasco-Murguía, A.R., E. Duran, Rivera y D. B. Bray. 2014. Cambios en la cobertura arbolada de comunidades indígenas con y sin iniciativas de conservación, en Oaxaca, México. *Investigaciones Geográficas-UNAM* 83:55-73.

Velázquez, A., E. Durán, I. Ramírez, J.F. Mas, G. Bocco, G. Ramírez y J.L. Palacio. 2003. Land use-cover change processes in highly biodiverse areas: the case of Oaxaca, México. *Global Environmental Change*. 13:175-184.

Vieira, D.L.M., K.D. Holl y F.M. Peneireiro. 2009. Agro-Successional Restoration as a Strategy to Facilitate Tropical Forest Recovery. *Restoration Ecology*. 17 (4):451–459.

Walker, B., S. Carpenter, J. Anderies, N. Abel, G. Cumming, M. Janssen, L. Lebel, J. Norberg, G. D. Peterson, R. Pritchard. 2002. Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach. *Conservation Ecology* 6(1): 14.

Walker, B. y D. Salt. 2012. *Resilience practice*. IslandPress.

Waltz, A.E.M y W.W. Covington. 2001. Butterfly response and successional change following ecosystem restoration. *USDA Forest Service Proceedings*.

Weibull, A.C., J. Bengtsson y E. Nohlgren. 2000. Diversity of butterflies in the agricultural landscape: the role of farming system and landscape heterogeneity. *Ecography*. 23:743-750.

Williams-Linera, G., C. Álvarez-Aquino, M.A. Muñoz-Castro y R.A. Pedraza. 2016. Capítulo 3. Evaluación del éxito de restauración de bosque nublado en la región de Xalapa, Veracruz. En: Ceccon, E. y C. Martínez-Garza (coord.). *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas*. UNAM-UAEM-CONABIO.

Capítulo 2. Restauración participativa agro-sucesional en áreas invadidas por *Pteridium aquilinum* en Oaxaca, Mexico

2.1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales factores de degradación ecológica de los bosques y de reducción de la biodiversidad en el mundo es la invasión de especies (Lowe et al. 2000). Entre las plantas invasoras más exitosas del mundo se encuentra *Pteridium aquilinum* (Suazo-Ortuño et al. 2015; Schneider 2013). Este helecho habita de manera natural el bosque en densidades relativamente bajas, no obstante, en áreas abiertas y perturbadas su expansión es extremadamente rápida (Dolling, 1999). Algunas características que lo hacen un invasor exitoso es su capacidad de formar una amplia red de rizomas debajo del suelo, los cuales soportan el fuego y son imposibles de eliminar con herbicidas (Hartig y Beck, 2003). Además, inhibe el desarrollo de otras plantas a través de sustancias alelopáticas y por secuestro del espacio (sus frondas al caer y acumularse en el suelo forma gruesas capas que impiden el paso de la luz). La invasión de este helecho detiene la sucesión natural e impide la regeneración del bosque, pero también interrumpe el ciclo tradicional agrícola (Schneider y Geoghegan, 2006; Ramírez-Trejo et al. 2007; Suazo-Ortuño et al. 2015). Esto representa un serio problema para el bosque y los campesinos, ya que la mayoría de ellos tienden a abandonar la parcela invadida y desmontar nuevas áreas agrícolas o pecuarias, en ocasiones a distancias cada vez mas alejadas de los asentamientos humanos (Hartig y Beck, 2003; Berget et al. 2015; Suazo-Ortuño et al. 2015).

En México, se sabe de la presencia de *P. aquilinum* en al menos 13 estados del centro y sur del país (Duran et al. en prep.), sin embargo, no se sabe con certeza la superficie total afectada (Schneider, 2004; Ramírez-Trejo et al. 2007; Schneider, 2013). En su mayoría son áreas agrícolas de propiedad social, en las que se realiza agricultura de roza-tumba y quema, en tierras que originalmente tuvieron bosques tropicales (Ramírez-Trejo et al. 2007; Douterlungne et al. 2013; Schneider, 2013; Berget et al. 2015; Suazo-Ortuño et al. 2015). Ante esta problemática los campesinos han adoptado diferentes estrategias de restauración activa para recuperar la productividad de sus parcelas (Edouard 2004; Douterlungne et al. 2013; Berget et al. 2015). Uno de los métodos frecuentemente utilizado, a pesar de ser muy laborioso, es la remoción manual del helecho, el cual es combinado con la reforestación con plantas nativas, pioneras y de rápido crecimiento, cuya sombra ayuda a controlar el desarrollo

de los helechos (Lowday 1986; Hartig y Beck, 2003, Slocum et al. 2006; Douterlunge et al. 2013). Como la restauración que hacen los campesinos está ligada a la producción de bienes y servicios (Celentano et al. 2014), comunmente se establecen cultivos y árboles frutales y/o maderables (Edouard 2004; Berget et al. 2015). Vieira et al. (2016) denomina a este tipo de manejo como restauración agrosucesional, la cual se caracteriza por tener sistemas agroforestales o cultivos como fase intermedia o de transición, y tienen como propósito producir alimentos y otros productos de autoconsumo o venta (p.e. leña, materiales de construcción, etc.). Posteriormente, en las etapas subsecuentes se pretende encauzar el proceso de regeneración natural. Las ventajas de este tipo de restauración son: la posibilidad de reducir los costos iniciales, prolongar el tiempo de manejo y generar incentivos para que los campesinos continúen con las actividades. Además, combina técnicas agroecológicas y agroforestales a la experiencia de los campesinos en el manejo de sus parcelas. Todo ello es de gran relevancia ya que, diversos trabajos han revelado que los factores sociales y económicos, incluyendo el conocimiento de la gente acerca de los árboles, el uso del suelo, la propiedad de la tierra y la organización social, interactúan con las variables ecológicas en el desarrollo y éxito de la restauración (Choi, 2007; Montagnini et al. 2008; Bullock et al. 2011). De esta forma, el conocimiento empírico y tradicional puede contribuir con métodos efectivos para manejar y mitigar los impactos de las especies invasoras (Uprety et al. 2012; Douterlunge et al. 2013). No obstante hasta el momento, han sido poco abordados los beneficios sociales y ecológicos de la restauración agro-sucesional de parcelas degradadas por *P. aquilinum*. Por ello, este capítulo analizo sistemáticamente un caso de restauración agro-sucesional de parcelas invadidas por helecho *Pteridium* en SPT, Oaxaca. Los objetivos fueron: 1) conocer la percepción social sobre el problema del helecho invasivo, 2) documentar las estrategias locales de restauración, 3) analizar los factores que la motivan y y 4) reconocer los beneficios sociales de dicha intervención.

2.2. MÉTODOS

a) Recopilación de información

Para conocer la percepción social sobre el helecho invasivo, el conocimiento sobre éste y las estrategias y beneficios de la restauración de áreas invadidas en SPT, se elaboró una entrevista semiestructurada. Dicha entrevista consistió de 127 preguntas, distribuidas en seis secciones: datos generales del entrevistado, conocimiento y percepción sobre el helecho, acciones de restauración y quien las realiza, beneficios sociales de la restauración, y flora y fauna en áreas invadidas. Se entrevistó a 41 campesinos de SPT, cuyas edades estuvieron

entre 19 a 70 años. Las entrevistas se aplicaron en sus hogares entre 2015 y 2016, y tuvieron una duración de 60 a 90 minutos. Las entrevistas fueron oportunistas, a aquellos habitantes que aceptaron participar (George y Bennett, 2005); todos fueron campesinos, el 80% fueron comuneros. A los entrevistados que realizaron restauración de áreas invadidas con *P. aquilinum* se le pidió que dieran un narrativo detallado de las actividades realizadas.

Además de las entrevistas se complementó con información obtenida mediante entrevistas informales, dos talleres participativos, recorridos en campo en las áreas restauradas y observación participante en las parcelas y durante asambleas u otros espacios dentro de la comunidad.

b) Análisis de datos

La información obtenida de las entrevistas se concentró en una hoja de cálculo de Excel, y fue complementada con información de las otras fuentes (talleres, entrevistas informales, etc.). Se realizaron análisis descriptivos sobre la percepción social, los conocimientos locales sobre el helecho, las estrategias para restaurar y las motivaciones que las promueven.

Específicamente, para determinar si existe relación entre alguna de las características o motivaciones de los entrevistados con el hecho de que restauraran o no, se utilizó un análisis logístico multinomial (MLR; multinomial logistic regression) (Hosmer, 2002). Para ello, se utilizaron 38 variables categóricas pertenecientes a cinco grupos: información general, percepción, acciones de restauración, participación de género e incentivos (estas fueron obtenidas a partir de la entrevista) (Anexo 1) y la información de 29 casos (solo se consideraron en el análisis aquellos campesinos que tuvieran parcelas invadidas de helecho, se excluyeron aquellos campesinos que manifestaron nunca haber tenido problema de helecho en sus parcelas y por tanto nunca han decidido si restaurar o no, así como tres casos en los cuales se registraron datos perdidos para las variables elegidas, por lo cual no fueron incluidos). Previo al MLR se realizó un análisis de correspondencias múltiples (ACM) para identificar las variables con mayor poder explicativo (discriminantes), es decir aquellas con la mayor contribución a la variación global (se escogieron aquellas con valores mayores al promedio global de cada grupo). Así, de las 37 variables originales, se redujo a un subconjunto de 18 variables, las cuales se utilizaron para el MLR. Con estas 18 variables resultantes se realizaron cinco MLR (una por cada grupo, información general: 5 variables; percepción: 4 variables; acciones de restauración: 3 variables; participación de género: 3 variables e incentivos: 3 variables) (Tabla 2.1.), en todos los casos la variable dependiente siempre fue la restauración (con dos categorías posibles: 1=sí o 2=no). La relación entre la variable

dependiente y las variables independientes en cada MLR se evaluó a partir de una prueba chi-cuadrada. Mientras que, la prueba de Wald se utilizó para determinar si cada una de las variables independientes era capaz estadísticamente de diferenciar los dos grupos de respuesta de la variable dependiente (sí restauró de no restauró) (Bayaga, 2010). Todos los análisis se realizaron en el programa SPSS 22.

Tabla 2.1. Variables discriminates con mayor aporte (Inercia) a la variación del conjunto de datos disponibles. Estas variables fueron utilizadas en las regresiones logísticas multinomiales.

Variables	Dimensión				Inercia total
	1	2	3	4	
INFORMACIÓN GENERAL					
Años viviendo en SPT	.186	.515	.688	.384	1.774
Dónde migró	.724	.278	.451	.084	1.536
Tiempo fuera de la comunidad (años)	.705	.711	.470	.081	1.967
Años de ser comunero	.885	.742	.372	.437	2.436
Tipo de cargo	.801	.672	.212	.159	1.845
PERCEPCIÓN					
Vida del helecho (años)	.485	.379	.439	.300	1.603
Tiene enemigos naturales	.553	.836	.207	.012	1.607
Enemigos naturales del helecho	.889	.871	.653	.536	2.950
Uso del helecho	.637	.067	.597	.036	1.337
ACCIONES DE RESTAURACIÓN					
Número de parcelas invadidas	.446	.297	.427	.432	1.602
Estado anterior a la invasión	.616	.660	.637	.372	2.285
Razón de la invasión	.746	.450	.317	.581	2.094
PARTICIPACIÓN DE GÉNERO					
Número de mujeres participantes	.754	.870	.314	.110	2.049
Menor edad	.747	.868	.412	.184	2.211
Máxima edad	.746	.869	.339	.232	2.187
INCENTIVOS					
Fuente de pago de incentivos	.825	.120	.521	.442	1.909
Forma de pago de incentivo	.823	.646	.627	.502	2.598
Cantidad de incentivo	.831	.647	.458	.679	2.614

2.3. RESULTADOS

2.3.1. Percepción y conocimiento sobre la invasión helecho invasivo

El 97.4% de los campesinos entrevistados consideró que la invasión de *P. aquilinum* en la comunidad de SPT es un problema. De estos, el 39% reconoció que dificulta el trabajo agrícola (lo hace más difícil e implica más tiempo), el 37% mencionó que afecta la fertilidad del suelo y el 21% restante consideró que es muy peligroso debido al riesgo de incendio cuando se intenta removerlo.

Sobre la dificultad de rozar parcelas invadidas por helecho el 84% del total de los entrevistados opinó que es más difícil rozar helecho que acahual y bosque (aunque hicieron la aclaración de actualmente en SPT no está permitido rozar bosque). Esto lo atribuyen a que los helechales son muy cerrados densos y el helecho es difícil de cortar,, lo que hace que el rozo avance lento. Por otra parte, es peligroso porque los peciolos lignificados de las frondas que se cortan con machete dejan expuestas puntas afiladas que pueden herir manos o pies de los campesinos. Además, debido a las múltiples capas acumuladas de frondas secas son refugio de serpientes venenosas (*Bothrops asper*, *Atropoides sp.*, *Agkistrodon sp.*) y no dejan visibilidad al momento del rozo. Finalmente, ante la carencia de cobertura, las áreas con helecho registran altas temperaturas, que hacen más difícil trabajar en ellas.

En cuanto a la historia de la presencia del helecho en SPT, el 63% de los entrevistados dijo que la invasión de helecho data de hace más de 100 años, 21% opinó que lleva entre 50 y 100 años y 15.8% que era un problema de menos de 50 años. El 58% opinó que la superficie afectada por helecho en la comunidad ha aumentado, 24% cree que no ha cambiado y 18.4% dijo que percibe que ha disminuido. En cuanto a la superficie total invadida, el 39% opinó que son más de 400 ha, el 37% que son entre 100-300 ha y el 24% señaló que son menos de 100 ha.

Sobre restaurar áreas afectadas por helecho, el 70% de los entrevistados opinó que no es posible restaurar todas las zonas invadidas, particularmente aquellos lugares con pendientes abruptas y de difícil acceso, donde creen que el helecho invadió porque hubieron derrumbes. No obstante, las dificultades reales o las de percepción, el 97% de los entrevistados señaló que en lugar de helecho le gustaría ver bosque o cultivos. Específicamente, el 37% mencionó su deseo de que crezcan ocotes (*Pinus chiapensis*) en esas áreas, ya que son útiles y “los hijos los podrán aprovechar”.

A partir del número de parcelas invadidas por helecho que reconocieron tener los entrevistados (90% dijo tener de 1 a 4 parcelas), se estimó un total de 85 parcelas, cuyos tamaños oscilan entre 0.25 a 5 ha. De acuerdo a los “propietarios”, algunas llevaban hasta 40 años invadidas, y las más recientes llevaban un año. De estas parcelas, el 76% fueron

milpas antes de ser invadidas, el 17% eran potreros o cafetales y el 7% estaban siendo cultivadas.

Al preguntar por las causas de la proliferación de *P. aquilinum* en las parcelas agrícolas de SPT, el 48% de los entrevistados la atribuyeron al uso recurrente del fuego (sobre todo antes de que participaran en programas de conservación) y al tipo de suelo (Figura 6). Un 17% de los entrevistados mencionó que el helecho invade por cuando el campesino no arranca el helecho antes de que se desarrolle el acahual. El 14% consideró que el helecho ha proliferado en SPT por remover vegetación arbórea o arbustiva, el 7% señaló al uso de herbicidas (que no afectan al helecho pero sí a las plantas del acahual que compiten con él); y el 3.4% lo atribuyó a los deslaves de laderas. El 10% restante, dijo no saber a qué se debe.

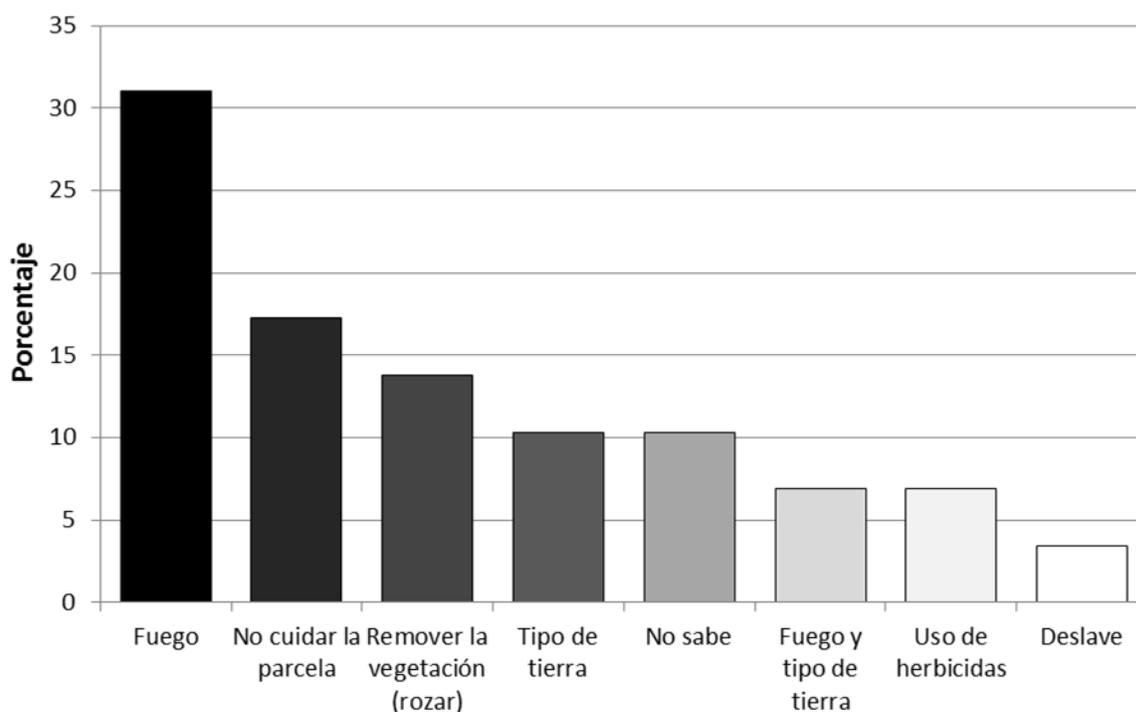


Figura 2.1. Opiniones sobre los factores que promueven la proliferación e invasión de *P. aquilinum* en las parcelas agrícolas en SPT.

Sobre el conocimiento sobre la manera en que se reproduce el helecho, el 66% señaló que debajo del suelo se encuentra una red de “raíces” (rizomas), y a partir de ellas se desarrollan nuevos helechos. Un solo entrevistado mencionó (haciendo alusión a las esporas) que el helecho “*produce un polvito en sus hojas que se riega por todas partes y de ahí nacen nuevos individuos*”.

El 66% de los entrevistados consideró que el helecho no tiene enemigos naturales, el 25% restante mencionó que el helecho es controlado por vacas, mulas y animales silvestres como el temazate (*Mazama americana*) cuando consumen las frondas tiernas y un 13% señaló que la sombra de los árboles provoca la muerte del helecho o reduce su vigor. La mayoría (7%) no conoce ningún uso para el helecho, mientras que el resto de los entrevistados mencionó que sirve para curar a las mulas cuando no pueden orinar, que es forraje para el ganado (frondas jóvenes) y que con las frondas maduras hacen “techos” para almácigos de café.

2.3.2. Estrategias de restauración

Conforme a los entrevistados, los criterios centrales para seleccionar las parcelas para restauración son lugares con poca pendiente y “buena tierra” (suelos negros y de textura franca).

El manejo para restauración de una parcela invadida por helecho se resume en cinco pasos (figura 9):

Paso 1. Rozo del helecho (corte de las frondas a nivel del suelo). Opcionalmente, puede acumularse el material vegetal (frondas recién cortadas y frondas secas) al centro de la parcela.

Paso 2. Quema controlada. Ssi la parcela está rodeada de otras áreas invadidas con helecho es indispensable la guardarraya (área de 2-5 m de ancho donde se remueve totalmente el material vegetal) o borde de protección contra la propagación del fuego. Esta actividad puede ser la más riesgosa del proceso de restauración, ya que requiere del conocimiento campesino sobre el manejo y control del fuego, la quema se hace entre varias personas y la estrategia varía dependiendo del tamaño de la parcela, la cantidad de materia vegetal, el relieve y el microclima (temperatura, intensidad y orientación del viento, etc.).

Paso 3. Siembra del cultivo. En parcelas donde hubo helecho, los campesinos suelen sembrar yuca y/o piña, lo cual preparará la tierra para sembrar maíz años después. No obstante la necesidad de producir maíz hace que se siembre inmediatamente después del helecho (“es mejor producir poco o regular a no producir nada de maíz”, o bien experimentan con diferentes variedades).

Paso 4. Control manual del helecho durante todos los meses posteriores al desarrollo de la yuca, piña o maíz. En la medida que arbustos y arboles se desarrollen (50 a 100 cm), no se



dejará de conrtar las frondas de helecho que vayan surgiendo. Específicamente para milpa, se requieren 3 a 4 cortas de helecho, o hasta que la planta alcanza mas de 1 men especial si se trata de milpa. Después de la cosecha debe limpiarse ocasionalmente hasra lograr el desarrollo del acahual. Este paso es crucial, porque determinará si la restauración se logra (si se desarrolla acahual) o no (si el helecho recupera su espacio en la parcela).

Paso cinco. Reforestacion o cuidado de la regeneración natural. El proceso se puede acelerar cuando el campesino reforesta (normalmente lo hace con arboles frutales o maderables) o ayuda al desarrollo de plantas nativas de algunas especies de rápido crecimiento o de valor utilitario. Alternativamente, el control del helecho puede hacerse con el pastoreo de mulas.

La restauración de parcelas afectadas por helecho es altamente demandante de labor; por ello, en SPT en el 78% de los casos fue una actividad colectiva a nivel familiar donde participaron esposas(os) e hijos(as) y/o otros miembros de la familia (hermanos, primos, padres). El 95% de los entrevistados reconocieron la participación de mujeres de entre 14 y 70 años en la restauración, principalmente esposas e hijas; aunque también mencionaron a madres, hermanas, primas, tías y cuñadas. Aunque ellas suelen estar en todo el proceso (Figura 9), su participación fue menor en los pasos 1 y 2. En el 11% de las parcelas restauradas participaron vecinos(as) a cambio de recibir parte de la cosecha o mediante el sistema “mano vuelta” (que implica retornar posteriormente el trabajo recibido). Sólo una sola persona mencionó que pagó jornales para rozar helecho.

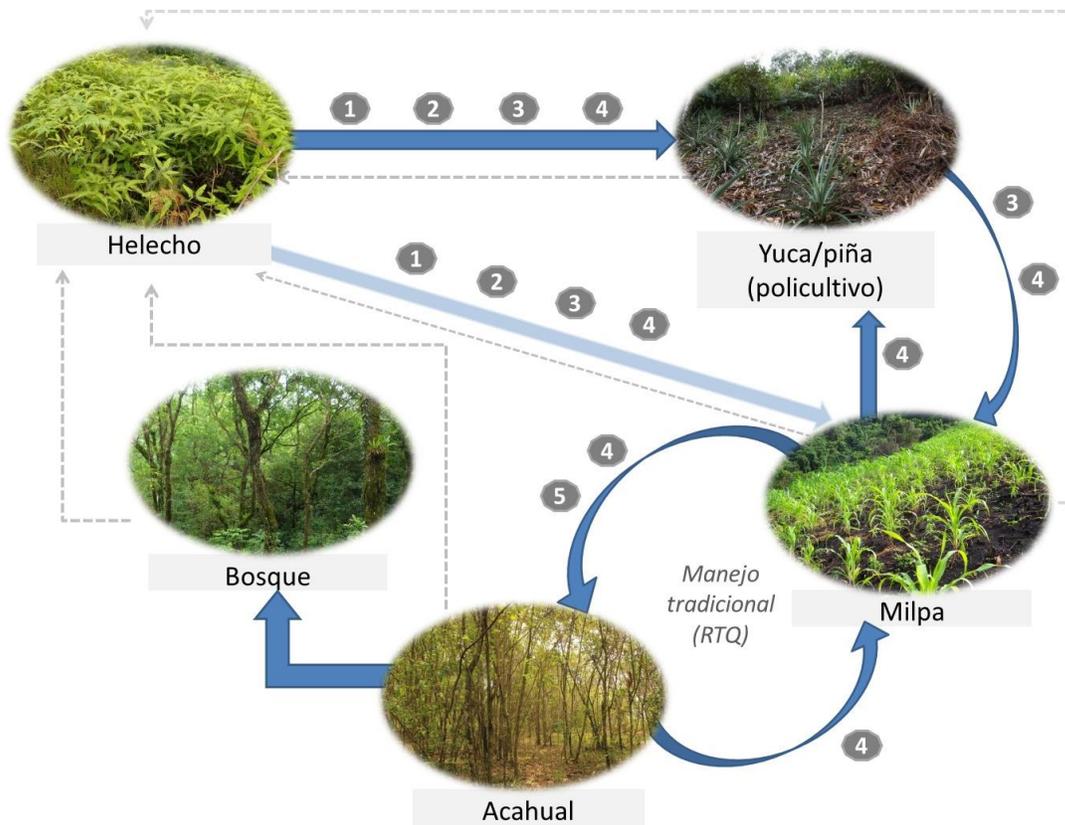


Figura 2.2. Rutas y pasos de la restauración que han implementado los campesinos de SPT. 1) rozar el helecho, 2) quema controlada del helcho, 3) siembra (y cosecha), 4) control manual de helecho, 5) cuidar las especies que aparecen por sucesión natural de especies o bien plantar algunas de estas especies para que aceleren el proceso de recuperación.

El rozo del helecho fue considerado el paso que requiere mayor esfuerzo durante la restauración y que es de mayor riesgo; por lo que es realizado principalmente por hombres (92%). De acuerdo a los entrevistados, el rozo de una hectárea de helecho podría llevar un mes de trabajo a una sola persona. Por lo que al no ser una actividad de importancia primaria, como el rozo de las milpas, el tiempo varía dependiendo de las condiciones del lugar, el número de participantes y la frecuencia con que se realice el trabajo. Sin embargo, el control de helecho (el cual consiste en arrancarlo manualmente) debe continuar en todas las etapas y allí las mujeres son clave.

2.3.3. Factores que influyen en la restauración

El 90% de los entrevistados reconoció tener parcelas invadidas con helecho. De este total, el 80% las ha intentado restaurar. Las principales motivaciones para restaurar fueron la necesidad de tener tierras para cultivar (74%) y para pastoreo de mulas (26%; Figura 2.3).

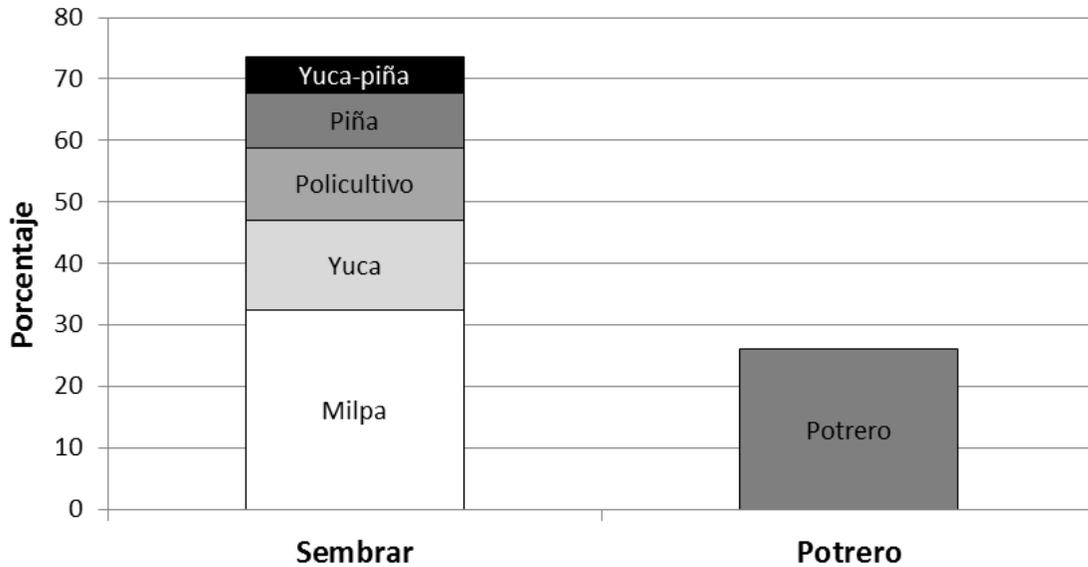


Figura 2.3. Motivaciones por las cuales se restauraron parcelas de helecho en San Pedro Tlatépusco.

Del total de personas que han restaurado, solo dos personas dijeron que no lograron controlar el helecho. Las superficies restauradas fueron relativamente pequeñas (100 m² a 2.5 ha). Aquellos que no han restaurado (10%), mencionaron que no lo han hecho porque el suelo ya no es bueno para cultivar, porque no tienen necesidad ya que disponen de acahuales donde sembrar, por que carecen de tiempo y tendrían que contratar gente que les ayude. Dos personas reconocieron que temen que al tratar de limpiar su parcela provoquen un incendio.

Del conjunto de variables acerca de características y motivaciones, solo 18 fueron reconocidas como factores discriminantes (Tabla 2.1.). De las cuales los años viviendo en la comunidad, los años fuera de la comunidad, los años de ser comunero, el tipo de cargo que han tenido y el conocimiento sobre las causas de invasión del helecho tuvieron valores estadísticamente significativos ($p < 0.05$) lo cual implica que están relacionados con la restauración (Tabla 2.2). Sin embargo, con respecto a la prueba de Wald, ninguna de las variables tuvo valores significativos, por lo cual no es posible construir un modelo con las características del grupo de campesinos que restauró y de aquellos que no lo hicieron.

Tabla 2.2. Variables relacionadas significativamente con el grupo de campesinos que hizo restauración de parcelas en SPT.

Variable	-2 log verosimilitud	χ^2	GI	Sig.
Años viviendo en SPT	19.358	19.358	2	0.000*
Tiempo fuera de la comunidad (años)	5.545	5.545	1	0.019*
Años de ser comunero	12.081	12.081	4	0.017*
Tipo de cargo	13.630	13.630	3	0.003*
Razón de la invasión	19.877	12.042	5	0.034*

* p<0.005

2.3.4. Beneficios de la restauración

La restauración agro-sucesional de SPT, usa los cultivos como etapas de transición para reestablecer la sucesión secundaria, y formar acahuales. Los acahuales pueden permanecer así varios años y después reintegrarse al ciclo de agricultura tradicional (figura 9).

El beneficio directo de la restauración fue la recuperación de la capacidad productiva de las parcelas invadidas. El 89% de los entrevistados logró la conversión de helecho y sus parcelas están en diferentes fases: 46% están ya como acahuales, el 29% aun están como parcelas en la etapa de cultivo y 14% están como sitios de pastoreo. Un porcentaje menor tuvo re-invasión (11%) (Figura 2.4).

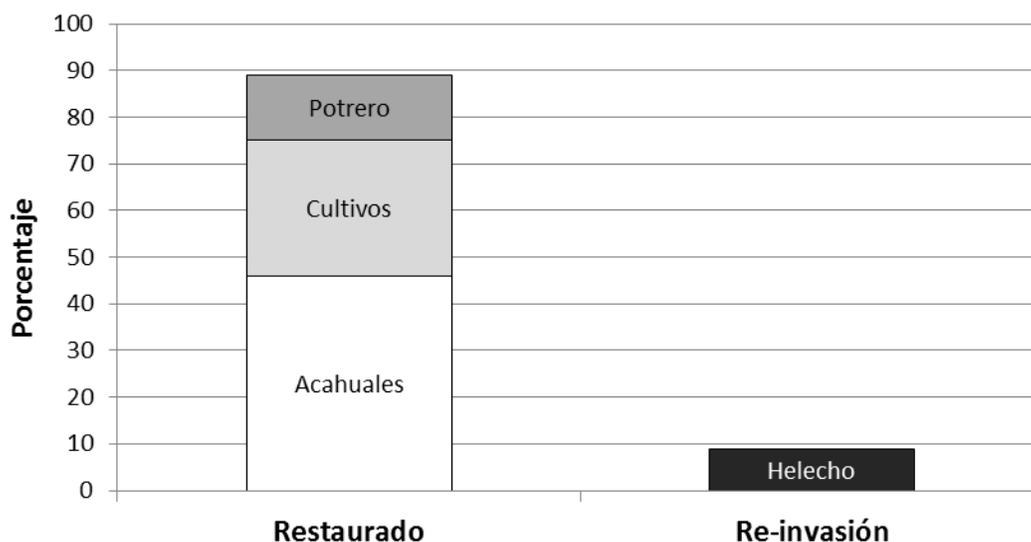


Figura 2.4. Resultado de los esfuerzos de restauración.

En el 44% de las parcelas restauradas mediante agro-sucesión se sembró milpa, en el 32% se sembró yuca y/o piña, y el resto hicieron policultivos (frijol, calabaza, tepejilote, plátano,

aguacate chinene, naranja, lima, nanche, mango, caña, cacao, café, pinos cedro). El 71% de los entrevistados que sembraron maíz opinó que la primera cosecha fue mala o regular, en relación a la que se obtiene de rozos de acahuales o bosque. En contraste, el 80% de los entrevistados que restauraron con yuca y piña reconocieron que la cosecha fue buena o muy buena. Hubo consenso que el frijol y el platano no se desarrollaron bien en sitios restaurados.

Además de los cultivos, se obtuvieron otros productos de las parcelas restaurada como leña, quelites y ocasionalmente carne de monte (principalmente de pecarí, tejón y tepezcuintle), La mayoría de dichos productos fueron para autoconsumo (71%), el 9.5% los compartió con familia y vecinos y 9.5% los vendió (sobre todo yuca y piña).

Otros beneficios de restaurar áreas degradadas con helecho, señalados por los entrevistados fueron: más terrenos donde sembrar, parcelas de cultivo cercanos al pueblo, disponibilidad de potreros donde pueden comer las mulas (pueden comer el helecho tierno según los entrevistados). Sin embargo, estos beneficios son a mediano y largo plazo.

Por otra parte, se mencionó que la restauración puede traer beneficios ambientales como el desarrollo de más árboles que sombreen los alrededores de la comunidad y que favorezcan la captación de agua; así como el hábitat para distintas plantas y animales silvestres.

2.4. DISCUSIÓN

En el caso de estudio que aborda este trabajo, los campesinos de SPT han logrado recuperar la productividad de parcelas invadidas por helecho *P. aquilinum* a través del conocimiento tradicional y empírico que poseen, lo cual les ha permitido establecer rutas para la restauración a través de la agro-sucesión. Estas acciones han traído múltiples beneficios a las familias, sin embargo han sido estrategias de manejo familiar y a pequeña escala lo que limita los beneficios. Aunado a que la invasión de helecho no está reconocida como un problema que afecte la conservación de sus bosques (el cual constituye un bien de manejo común) y por tanto no se ha considerado un asunto que deba abordarse de manera colectiva, y a nivel de toda la comunidad.

2.4.1. Percepción y conocimiento sobre el problema del helecho invasivo

Este trabajo encontró que ha ocurrido un cambio de percepción entre los campesinos en SPT con respecto al problema del helecho invasivo, ya que en el año 2010, Berget (2012) y Berget et al. (2015) documentaron en SPT y en otra comunidad aledaña, que los campesinos lo consideraban algo natural y estático (en su mayoría, no creían que hubiera aumento de las

áreas invadidas) y desconocían el proceso de invasión. A diferencia de Berget et. al (2015), en este trabajo, los campesinos mostraron una comprensión general de la dinámica y factores que originan la invasión de helecho *P. aquilinum*, atribuyendo la invasión de parcelas agrícolas a malas prácticas de manejo, no a eventos naturales o aleatorios. La mayor parte de entrevistados consideró que es algo que va en aumento. Esto podría estar relacionado a la influencia que ha tenido el trabajo que se ha desarrollado desde 2010 hasta ahora (la problemática se ha explicado en la Asamblea de la comunidad y en conversaciones con los campesinos).

La percepción que tenían los campesinos acerca del helecho mostró un cambio, esto es relevante ya que la percepción depende de la capacidad propia de entender y medir los eventos, de los conocimientos previos, de los valores personales, de la experiencia individual y social que han adquirido, del acceso y cantidad de información de la cual disponen (Monroe, 2014). El hecho de que ya no consideren la invasión de helecho en sus parcelas algo natural y que comprendan los factores que desatan esta invasión, los hace más proclives a interesarse en la restauración (la mayor parte de los entrevistados preferiría ver bosque o cultivos en vez de lugares llenos de helecho, y la mayor parte de ellos realiza restauración en alguna de sus parcelas invadidas). Este cambio de perspectiva puede estar relacionado con otra diferencia encontrada con el trabajo de Berget et al. (2015), en el cual el 65% de las parcelas restauradas se re-inviadieron, en cambio, en este actual trabajo solo 11% de los campesinos entrevistados reportó reinvasión en sus parcelas restauradas. Esto significa que 89% logró recuperar la productividad de su parcela y desplazar al helecho.

En lo que no hay certeza ni consenso es en la superficie invadida por helecho dentro del NA de SPT, las opiniones varían en un amplio rango que va desde menos de 100 ha a más de 400 ha. Berget et al. (2015) estimaron que la superficie invadida dentro de la microcuenca del río Santiago es de alrededor de 500 ha, no obstante, cálculos recientes (Duran en prep.) apuntan que tan solo en el NA de SPT existen 500 ha invadidas (más del 8% del NA), lo cual indica que la dimensión de la invasión es mayor de lo que se pensaba. Sin embargo, la superficie afectada es pequeña comparada con la reportada para ejidos de la península de Yucatán (Scheider, 2006; Schneider, 2013). No obstante, las condiciones difieren grandemente a las de SPT. En la Península de Yucatán la disponibilidad de tierras donde cultivar es mayor que en SPT, por lo cual la presión de los campesinos de encontrar lugares propicios y accesibles para sembrar es menor (Scheider, 2006; Schneider, 2013).

En SPT las áreas disponibles para cultivo están limitadas por varias razones, principalmente la complejidad del terreno, la pendiente, las distancias y la inaccesibilidad. Aunado a la auto-restricción de áreas para cultivo por el OTC y el establecimiento de ADVC (Berget et al. 2015). Esto también puede relacionarse con que la mayor parte de campesinos que tienen parcelas invadidas en SPT las siguen trabajando (aunque solo trabajen una pequeña porción del total de la parcela que fue invadida). Solamente 15% de todos los entrevistados deciden no trabajar parcelas invadidas con helecho y 10.5% no las trabajan porque no tienen ese problema en sus terrenos. El resto de entrevistados desarrolla actividades de restauración en sus parcelas invadidas, aunque la proporción que logran trabajar (restaurar) es mucho menor a la superficie original del acahual que se invadió. La limitante en estas actividades es la inversión de trabajo y tiempo. Esta es mucho mayor en lugares afectados por helecho que en acahuales; si quisieran trabajar mayor superficie invadida tendrían que contratar jornaleros o bien invertir mayor cantidad de tiempo. Esto implicaría destinar recursos económicos con los cuales no cuentan o bien quitarle ese tiempo a su milpa o a otras actividades que les generen ingresos económicos (café o emplearse como albañiles o ayudantes dentro del pueblo).

La amenaza de invasión del helecho es algo con lo que han coexistido las comunidades agrícolas desde épocas prehispánicas (Turner y Sabloff, 2012) y en algunos casos, su control ha sido parte del manejo tradicional (Douterlunge et al. 2013). Sin embargo, la expansión de la invasión de helecho en las comunidades/ejidos de nuestro país parece ser relativamente reciente (de los últimos 30 o 50 años) (Edouard et al. 2004; Schneider, 2006; Douterlunge et al. 2013). Lo cual se ha asociado a los cambios en las técnicas tradicionales de cultivo (la adopción agroquímicos, monocultivos), la intensificación de la agricultura, el uso desmedido de los recursos, los programas que promovieron el desmonte y la ganadería, la migración, el incremento de población (Schneider y Geoghegan, 2006; Schneider, 2006; Douterlunge et al. 2013; Schneider, 2013; Edouard et al. 2004). En SPT no se sabe con exactitud cuándo comenzaron los problemas de invasión de helecho, sin embargo la mayor parte de los campesinos sugiere que tiene más de 100 años. A diferencia de lo que sucede en otros lugares, en SPT la dinámica poblacional ha sido inversa. SPT tuvo una gran población a finales del siglo XIX y principios del XX, era considerada cabecera municipal y contaba con alrededor de 790 habitantes (Escalante y Romero, 1998) (en la actualidad hay alrededor de 250 habitantes), lo cual aumentaba la presión sobre áreas de cultivo (debieron haber requerido mayores extensiones para sembrar que las que actualmente usan). En 1928 la comunidad fue abandonada después de una gran tromba que arrasó con el pueblo (Escalante y Romero, 1998), las personas que regresaron en 1945 contaron a sus hijos que los cerros habían

quedado desgajados y de color naranja, es ahí donde el helecho proliferó (com. pers. Don Felipe excomisariado), de esta forma explican parte de las áreas invadidas, aquellas con pendientes abruptas que no fueron objeto de manejo agrícola.

2.4.2. Estrategias de restauración

Los campesinos han establecido estrategias de restauración con base en la combinación de sus conocimientos sobre la estructura y elementos de la naturaleza (como relieve, vegetación, suelos, entre otros) y su experiencia. En algunos casos las parcelas restauradas son experimentos que hacen los campesinos, para saber si sus estrategias funcionan o no y si pueden obtener beneficios de ellas. Todo esto conlleva una planeación y una respuesta adaptativa basada en la prueba y error y el seguimiento de su estrategia, este manejo puede durar varios años o décadas. A pesar de que cuentan con esta experiencia otros factores influyen en el manejo, principalmente las realidades sociales y económicas (lo cual se analizará más adelante).

Las estrategias que han utilizado los campesinos en diferentes lugares del país (las pocas que han sido documentadas) coinciden en aspectos generales como el corte constante de las frondas de helecho, el uso de especies de árboles nativos de rápido crecimiento que compiten de manera natural con el helecho (Douterlungne et al. 2013). El corte frecuente de las frondas, ayuda a la disminución no solo de la cobertura del helecho, también con los rizomas debajo del suelo ya que impide que se almacenen reservas producto de la fotosíntesis de las frondas (Aguilar-Dorantes et al. 2014).

También hay casos en los cuales se han usado sistemas agroforestales o cultivos (Edouard et al. 2004; Berget et al. 2015) con aparentes buenos resultados. Este es el caso de SPT, donde los campesinos realizan acciones de restauración basadas en la agro-sucesión, esto implica el uso de cultivos (principalmente piña y yuca) como pasos previos para la recuperación de los acahuales y restitución del ciclo agrícola tradicional.

El uso de los cultivos tiene varias finalidades, una es producir comida a corto plazo, otra es mejorar el terreno afectado por el helecho. Con respecto a los efectos del helecho en el suelo, algunos trabajos han demostrado que el establecimiento del helecho invasor altera las características del suelo y la posterior regeneración (Johnson-Maynard et al. 1997), aunque también se ha visto que el helecho está asociado a suelos ácidos con baja fertilidad (Suazo-Ortuño et al. 2015). En el caso de SPT, hubo consenso que el helecho afecta el suelo, porque lo compacta y disminuye su fertilidad aunque también puede desarrollarse en suelos "malos".

La estrategia de los campesinos de SPT consiste en la elección de las parcelas a restaurar con base en la aptitud del suelo para la agricultura (ya que el helecho puede desarrollarse en suelos buenos o malos). Los pueblos chinantecos poseen una clasificación de los suelos basada en texturas, color y aptitud para la agricultura, lo cual sirve a los campesinos para hacer su elección (Weitlader, 1973). Así mismo consideran la pendiente, siendo esta una condición limitante debido a que en SPT el terreno es abrupto.

El tamaño de la parcela dependerá de la disponibilidad de mano de obra (número de participantes y tiempo que invertirán, considerando que es una actividad principalmente familiar).

2.4.3. Factores que influyen en la restauración

Las principales razones que manifestaron los campesinos para restaurar fueron la necesidad de producir comida (sembrar) y tener potreros (las mulas tienen gran importancia en el pueblo debido a la falta de camino por el cual puedan transitar vehículos). Lo cual relacionaron con la disponibilidad de acahuales.

Aquellos que no han restaurado manifestaron contar con suficientes acahuales. El análisis (regresión logística multinomial o MLR) que se realizó para determinar cuáles fueron los factores que intervenían en restaurar o no, no fue concluyente. A pesar de que el análisis mostró la influencia de algunos factores (como la migración, los años siendo comunero, el origen y los años viviendo en SPT, entre otros), no fue posible, a partir de estas características, discriminar satisfactoriamente entre el grupo de los que sí restauran y los que no. Sin embargo, el análisis permitió distinguir algunas tendencias: los que restauraron en su mayoría son personas que nacieron y han vivido siempre en la comunidad. Más de la mitad de ellos tienen entre 11 y 40 años de comuneros. Además, tuvieron mayor proporción de cargos relacionados con bienes comunales y consejo de vigilancia que los que no restauraron. En el caso de los que no han realizado labores de restauración, más de la mitad no nacieron en SPT o no han vivido mucho tiempo ahí, la mayor parte tienen menos de 10 años de comuneros o no son comuneros. Además, tuvieron un mayor porcentaje de cargos relacionados con conservación y ecoturismo que los que sí restauraron. Es probable que esto último se deba a que la restauración no es considerada como un tema de conservación dentro de la comunidad, solamente de productividad.

2.4.4. Beneficios sociales de la restauración

Los principales beneficios provistos por las acciones de restauración agrosucesional en SPT son: 1) la restitución del ciclo productivo tradicional de RTQ el cual provee el principal cultivo de consumo el maíz; 2) promover la agrobiodiversidad, la cual se reconoce que constituye la base de la seguridad y soberanía alimentaria de las poblaciones (Vidaurre et al. 2006); 3) la diversificación productiva, se obtuvieron diversos productos de las parcelas restauradas entre ellos como leña, quelites (en el caso de la leña es posible trasladarla debido a la cercanía de las parcelas, lo que a veces no es posible desde las milpas). Estos beneficios son importantes al cubrir necesidades básicas, la mayor parte de lo que se obtuvo en parcelas restauradas fue para consumo familiar, lo cual contribuyó a la seguridad y diversificación alimentaria. Sin embargo, no ofrecen la posibilidad de ingresos económicos. La venta se desarrolla únicamente de manera local (principalmente yuca y piña) y en una pequeña proporción. Esto contrasta con lo que ocurre en lugares como Lalana en los cuales la restauración es una alternativa para generar productos que pueden ser vendidos en otros lugares (Edouard et al. 2014).

Otros beneficios de la restauración en SPT fueron: 5) la posibilidad de tener más lugares donde sembrar, en especial para aquellos que no tienen o tienen pocos acahuales. Los campesinos con pocos acahuales para rotar deben reducir el tiempo de descanso lo cual afecta la producción. También es una alternativa para jóvenes que estuvieron fuera de la comunidad, que acaban de regresar y recién han formado sus familias y no poseen acahuales (generalmente trabajan en parcelas de familiares con tíos o primos). Restaurar una parcela llena de helecho da derecho de “propiedad”, debido a la cantidad de trabajo invertida y 6) mayor cercanía de las milpas (comparadas con los acahuales donde actualmente trabajan).

A pesar de que cuentan con el conocimiento y experiencia en la restauración de helecho. El contexto particular de SPT, hace que la decisión de restaurar sea compleja (aunque tenga beneficios aparentes), los campesinos se enfrentan a complicaciones o dilemas:

- 1) Las familias tienen la necesidad de concentrarse en actividades que les generen ingresos económicos o alimentos a corto plazo, la restauración es una actividad con beneficios a mediano y largo plazo, no necesariamente son seguros.
- 2) Las actividades de restauración implican una actividad extra a la de su milpa o cafetal. Resulta costosa en tiempo y dinero. Si quisieran restaurar parcelas de tamaños mayores (que puedan producir suficiente maíz) tendrían que contratar jornaleros (el pago de jornal es de \$200 por día). Esto hace que las parcelas restauradas sean de tamaños pequeños y con beneficios limitados.

- 3) Los productos que obtiene de las parcelas restauradas son básicamente de autoconsumo, la venta de estos solo pueden realizarse dentro de la comunidad, llevarlos a otro lado implicaría un gasto que quizá no recuperen (un día completo de trabajo y/o el pago de mulas para el traslado).

Las circunstancias de SPT en las cuales se desarrolla la restauración resaltan la necesidad de que esta actividad transite de un nivel familiar a acción colectiva y manejo multiescala. Particularmente en el contexto de comunidades de Oaxaca y en especial en el manejo para conservación se ha demostrado la importancia de la acción colectiva intracomunidad ligada a la gobernanza multiescala (Bray et al. 2012). Cuando las acciones de manejo son individuales, suelen generar menores beneficios netos totales que lo que se podría obtener cuando se trabaja de manera conjunta (Ostrom, 2000). Además, en el manejo multiescala, el cual implica la participación de actores externos puede fortalecer y enriquecer las estrategias de restauración que han desarrollado los campesinos. Con la academia pueden establecer un intercambio y fortalecimiento de conocimiento de ambas partes, y a través de organizaciones y dependencias pueden lograr incentivos que aminoren los dilemas de los campesinos. Para ello se requiere establecer nuevos escenarios socioambientales que incluyan voces para un diálogo de saberes así como la necesidad de revisar paradigmas académicos y gubernamentales (Leff, 2004; Fuente 2002). También reconocer que el MTC es dinámico y complejo, y que las comunidades requieren cotidianamente la construcción de espacios de autonomía los cuales están en constante construcción y reconfiguración, lo cual a veces implica el enfrentamiento político y de intereses no solo al exterior, sino al interior de las mismas comunidades (Fuente 2002). Todas estas características son valores importantes en la resiliencia de los SES.

2.5. LITERATURA CITADA

Aguilar-Dorantes, K. K. Mehlreter H. Vibrans, M. Mata-Rosas y V. A. Esqueda-Esquivel. 2014. Repeated Selective Cutting Controls Neotropical Bracken (*Pteridium arachnoideum*) and Restores Abandoned Pastures. *Invasive Plant Science and management*. 7:1-11.

Bayaga, A. 2010. Multinomial logistic regression: usage and application in risk analysis. *Journal of applied quantitative methods*. 5(2):288-297.

Berkes, F., J. Colding y C. Follke. 2003. *Vavigatying Social-Ecological Systems. Building Resilience for complexity and change*. Editorial Cambridge University Press.

Berget, C. 2012. Invasion of Bracken Fern in Southern Mexico: Local Knowledge and Perceptions in Two Indigenous Communities in the Chinantla Region, Oaxaca, Mexico. Master Thesis, Environmental Studies. Florida International University, E.U.

Berget, C. E. Durán y D.B. Bray. 2015. Participatory Restoration of Degraded Agricultural Areas Invaded by Bracken Fern (*Pteridium aquilinum*) and Conservation in the Chinantla Region, Oaxaca, Mexico. *Human Ecology*. 43:547–558

Bray, D., E. Durán y O. Molina-González. 2012. Beyond harvest in the commons: multi-scale governance and turbulence in indigenous/community conserved areas in Oaxaca Mexico. *International Journal of the Commons*. 6(2):151-178.

Bullock, J.M., J. Aronsonson, A.C. Newton, R.F. Pywell y J.M. Rey-Benayas. 2011. *Trends Ecology and Evolution*. 26(10):541-549.

Choi, Y. 2007. Restoration Ecology to the future: a call for a new paradigm. *Restoration ecology*. 15(2): 351-353.

Celentano, D., G.X. Rousseau, V.L. Engel, C.L. Facanha, E. Moreira y E. Gomes de Moura. 2014. Perceptions of environmental change and use of traditional knowledge to plan riparian forest restoration with relocated communities in Alcântara, Eastern Amazon. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 10:11.

DellaSala, D.A., A. Martin, R. Spivak, T. Schulke, B. Bird, M. Criley, C. van Daalen, J. Kreilick, R. Brown y G. G. Aplet. 2003. A citizen's call for ecological forest Restoration: Forest Restoration Principles and Criteria. *Ecological Restoration*. 21(1):14-23.

Dolling A. 1999. The vegetative spread of *Pteridium aquilinum* in a hemiboreal forest ± invasion or revegetation? *Forest Ecology and Management*. 124:177-184.

Douterlunge, D., E. Thomas y S. I. Levy-Tacher. 2013. Fast-growing pioneer tree stands as a rapid and effective strategy for bracken elimination in the Neotropics. *Journal of Applied Ecology*. 50(5):1257-1265.

Edouard, F., J. Jiménez y M. Cid. 2004. Restauración de áreas invadidas por copetate en la región de la Chinantla, Oaxaca, México. *Revista de Agroecología*. 34-37. Schneider, L.C. y D. N. Fernando. 2010. An Untidy Cover: Invasion of Bracken Fern in the Shifting Cultivation Systems of Southern Yucatán, Mexico. *Biotropica*. 42(1): 41–48.

Escalante, J.M. y F.L. Romero. 1998. San Pedro Tlapeusco, el pueblo que se inundo. Tesis para obtener el grado de Licenciado en Antropología Social. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

FAO.2008. Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas. Organización de las Naciones Unidas.

Fernández-Poncela, A.A. 2009. La investigación Social. Caminos, recursos, acercamientos y consejos. EditorialTrillas. México.

Geilfus, F. 2002. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).Costa Rica.

George, A. L. y A. Bennett 2005. Case studies and theory development in the social sciences. Cambridge, MA: MIT Press.

Greenwood, D.J. 2000. De la observación a la investigación-acción participativa: una visión crítica de las prácticas antropológicas. Revista de Antropología Social. 9:27-49.

Hartig, K. y E. Beck. 2003. The bracken fern (*Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) maxon) dilemma in the Andes of southern Ecuador. Ecotropica. 9:3-13.

Ibarra, J. T., A. Barreau, C. del Campo, C.I Camacho, G.J., Martin y S.R. Maccandless, 2011. When Formal and Market-Based Conservation Mechanisms Disrupt Food Sovereignty: Impacts of Community Conservation and Payments for Environmental Services on an Indigenous Community of Oaxaca, Mexico. International Forestry Review 13(3): 318–337.

Johnson-Maynard, J.L., P.A. McDaniel, D.E. Ferguson y A.L. Falen. 1997. Chemical and mineralogical conversión of andisols following invasión by brackern fern. Soil Science Society of America Journal. 61(2):549-555.

Kawulich, B.B. 2005. La observación participante como método de recolección de datos. FQS 6(2), Art. 43.

Lowe S., M. Browne, S. Boudjelas y M. De Poorter M. 2000. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12pp.

Magraw, D.B. y L. Baker. 2008. Globalization, Communities and Human Rights: Community-Based Property Rights and Prior Informed Consent. *Denver Journal of International Law and Policy*. 35(4):413-428.

McGlone, M.S., Wilmshurst, J.M. y H.M. Leach. 2005. An ecological and historical review of bracken (*Pteridium esculentum*) in New Zealand, and its cultural significance. *New Zealand Journal of Ecology*. 29(2): 165-184

Monroe, J. 2014. Procesos sociales y la construcción de tecnología. Las experiencias de soluciones prácticas. *Apuntes de InvestigAcción*. 2:1-14.

Montagnini, F., A. Suárez-Islas y M.R. Araujo-Santana, 2008. Participatory approaches to ecological restoration in Hidalgo, México. *Bois et Forests des Tropiques*. 295(1):5-20.

Ostrom, E. 2000. El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva. UNAM-Fondo de Cultura Económica.

Peretz, H. Los métodos en sociología. La Observación. Ediciones Abya-Yala.

Ramírez-Trejo, M.R. B. Pérez y A.D. Orozco. 2007. Helechos invasores y sucesión secundaria post-fuego. *Ciencias*. 85:18-25.

Rey-Benayas, J.M., A. C. Newton, A. Diaz y J.M. Bullock. 2009. Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by ecological Restoration: A meta analysis. *Science*. 325: 1121-1124.

Schneider Tillman, H. y M.A. Salas. 1994. Nuestro congreso: manual de diagnóstico rural participativo. PRODAF. Costa Rica.

Schneider, L.C. 2004. Bracken Fern Invasion in Southern Yucatán: A Case for Land-Change Science. *Geographical Review*. 94(2): 229-241.

Schneider, L. C. 2006. Invasive species and land-use: the effect of land management practices on bracken fern invasion in the region of Calakmul, Mexico. *Journal of Latin America Geography* 5:91-107.

Schneider y Geoghegan, 2006. Land Abandonment in an Agricultural Frontier After a Plant Invasion: The Case of Bracken Fern in Southern Yucatán, Mexico. *Agricultural and Resource Economics Review*. 35(1):167-177.

Schneider, L.C. y D.N. Fernando. 2010. An Untidy Cover: Invasion of Bracken Fern in the Shifting Cultivation Systems of Southern Yucatán, Mexico. *Biotropica* 42(1): 41–48.

Schneider, L. 2013. Helechos “malhechos” en sistemas agrícolas. *Ecofronteras*. 47:4-6.



Slocum, M.G., T.M. Aide, J.K. Zimmerman y L. Navarro. 2006. A Strategy for Restoration of Montane Forest in Anthropogenic Fern Thickets in the Dominican Republic. *Restoration Ecology*. 14(4):526–536.

Suazo-Ortuño, I. L. Lopez-Toledo, J. Alvarado-Díaz y M. Martínez-Ramos. 2015. Land-use Change Dynamics, Soil Type and Species Forming Mono-dominant Patches: the Case of *Pteridium aquilinum* in a Neotropical Rain Forest Region. *Biotropica*. 47(1): 18–26.

Turner, B.L. y J. A. Sabloff. 2012. Classic Period collapse of the Central Maya Lowlands: Insights about human–environment relationships for sustainability. *PNAS*. 109(35):13908-13914.

Uprety, Y., H. Asselin, Y. Bergeron, F. Doyon y J.F. Boucher. 2012. Contribution of traditional knowledge to ecological restoration: practices and applications. *Ecoscience*. 19(3):225-237.

Vela, F.P. 2001. Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista cualitativa. En: Tarrés, M.L. (coord.). *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. Porrúa-Colegio de México-FLACSO México. 409 pp.

Vieira, D.L.M., K.D. Holl y F.M. Peneireiro. 2009. Agro-Successional Restoration as a Strategy to Facilitate Tropical Forest Recovery. *Restoration Ecology*. 17 (4):451–459.

Vidaurre, P.J., N. Paniagua y M. Moraes. 2006. Etnobotánica de los Andes de Bolivia. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. 224-238.

CAPÍTULO 3. Lepidópteros diurnos como indicadores ecológicos de restauración agro-sucesional en áreas afectadas por *Pteridium aquilinum* en Oaxaca, México

3.1. INTRODUCCIÓN

Los paisajes tropicales resguardan la mayor diversidad de especies del planeta (Lamb et al. 2005; Rey-Benayas et al. 2009; Toledo-Aceves et al. 2011); no obstante, en México estos ecosistemas están sujetos a altas tasas de deforestación y degradación (Velazquez et al. 2003). Entre los principales factores de degradación y pérdida de diversidad están las especies invasoras (Sakai et al. 2001; Schneider, 2013), entre las que destaca *P. aquilinum*. A pesar de ser una especie nativa, este helecho se comporta como invasor ante situaciones de perturbación relacionadas principalmente con el uso del fuego y deforestación (Schneider, 2013). Aunque se ha dado énfasis al impacto ecológico de la invasión de *P. aquilinum*, este helecho también genera impactos sociales al afectar áreas donde se practica agricultura tradicional y pastoreo (Edouard et al. 2004; Schneider y Geoghegan, 2006; Ramírez-Trejo et al. 2007; Douterlungne et al. 2013; Binu et al. 2014;). Ecológicamente, *P. aquilinum* altera los hábitats y modifica la composición y abundancia de las especies, así como la integridad funcional (Walker et al. 2002; Shea et al. 2004; Rey-Benayas et al. 2009; Turner et al. 2009; Altieri, 2013), por otra parte, también contribuye a disminuir la resiliencia ecológica, la productividad y conduce a estados “menos deseables”. Con la finalidad de recuperar la capacidad productiva de tierras afectadas, es importante desarrollar estrategias participativas para revertir la degradación debida a la invasión del helecho para satisfacer las necesidades de las comunidades que habitan zonas forestales susceptibles. Por las características de gran parte de las áreas afectadas por *P. aquilinum*, la restauración participativa agro-sucesional, que combina técnicas agroforestales y agroecológicas, más la experiencia de los campesinos en el manejo de sus parcelas, puede ser una opción con alta probabilidad de éxito (Vieira et al. 2016). Este tipo de restauración plantea una etapa productiva (cultivos anuales o semiperennes o árboles frutales y/o maderables) como transición para la recuperación de los bosques o de un estado ecológico o productivo más apto. La restauración agro-sucesional contrasta con la forma tradicional de restauración que se centraba principalmente en aspectos ecológicos y de recuperación de las condiciones “originales” del bosque (DellaSala et al. 2003; Lamb et al. 2005; Choi, 2007) y ofrece mayores ventajas al conciliar metas ecológicas y sociales (Rey-Benayas et al. 2009). El potencial de la restauración agro-sucesional de áreas afectadas por *P. aquilinum*, en el contexto de distintos

los paisajes tropicales de Oaxaca, Mexico, ha sido documentada en esta tesis y en estudios predios (Edouard et al. 2004; Berget et al. 2015), donde los campesinos a través de cultivos de yuca, piña y maíz han logrado el posterior desarrollo de acahuals (etapas iniciales del ciclo de agricultura tradicional de roza-tumba-quema, y las etapas previas para el desarrollo del bosque). Las ventajas ecológicas de la restauración agro-sucesional de áreas invadidas por helecho aún no han sido evaluadas, lo cual es importante para conocer los impactos y el alcance de las metas (Meffe et al. 2002). De manera pragmática, conocer las implicaciones ecológicas de cualquier restauración requiere de usar indicadores. Los lepidópteros son un grupo con alto potencial para usarse como indicadores ya que son altamente sensibles a cambios ambientales (Waltz y Covington, 2001). Lo cual se puede reconocer a través de monitorear cambios en la estructura y composición de comunidades o ensambles o mediante especies que pueden mostrar claras preferencias de hábitat (Waltz y Covington, 2001; Brown y Freitas, 2002; Nelson, 2003; Lomov et al. 2006; Dover y Settele, 2009; Bonebrake, et al. 2010). Considerando lo anterior, este trabajo tiene como objetivos: 1) reconocer las implicaciones ecológicas de la restauración usando como indicadores a los lepidópteros diurnos, 2) determinar y comparar la diversidad, riqueza y composición de lepidópteros diurnos en tres condiciones: áreas degradadas por helecho, áreas restauradas (acahuals y agrícolas) y áreas de bosque y 3) reconocer especies o grupos de especies de mariposas que sean indicadores contrastantes en condiciones de degradación y restauración.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Muestreo de lepidópteros diurnos

Se realizaron muestreos sistemáticos bimensuales de seis familias de lepidópteros diurnos (superfamilia Papilionoidea) en el período de junio 2015 a junio 2016, en tres condiciones de manejo: 1) bosques conservados (acahuals maduros de ~25 años), 2) áreas invadidas por *P. aquilinum* y 3) áreas restauradas con cultivos o acahuals (≤ 10 años). En cada condición se instalaron tres unidades de muestreo (que en conjunto tuvieron una longitud de 1550 m), separadas entre sí por al menos 500 m y en un rango altitudinal de entre 400 y 110 msnm. Cada unidad de muestreo consistió en un transecto lineal fijo (Pollard, 1977) que fue recorrido a pie en un horario de 9:00 a 16:00 hrs en días soleados (Weibull et al. 2000). Durante dicho recorrido se realizaron observaciones y capturas de mariposas con ayuda de una red entomológica de golpeo dentro de 5 m a cada lado del transecto (Weibull, et al. 2000). Esto fue realizado con la participación de la autora de este trabajo y un guía local. Adicionalmente, se colocaron trampas Van Someren-Rydon (DeVries, 1987) cada 50 m cebadas con platano

fermentado 48 hrs y cerveza. Se colectaron, un espécimen de referencia, para cada especie, y al menos una muestra para aquellos especímenes que no pudieron ser determinados en campo. Los casos en los cuales no fue posible la identidad taxonómica se designaron como morfoespecies. Los organismos colectados quedaron bajo resguardo de la comunidad. El resto de los individuos capturados durante los monitoreos fueron identificados, marcados y liberados en el mismo sitio.

Durante todo el trabajo de campo y las visitas de prospección se realizaron registros oportunistas de lepidópteros, con la finalidad de incorporarlos a un listado preliminar de mariposa de la zona. Estos registros no fueron considerados en los análisis estadísticos.

3.2.2. Análisis estadístico

La abundancia de cada especie (y morfoespecie) fue medida como el número de individuos registrados (Moreno et al. 2011). Para las comparaciones se estandarizó el número total de individuos en segmentos de 100 m en cada transecto (Thomas, 1983; Almaraz-Almaraz, et al. 2013). La prueba utilizada para contrastar la abundancia general entre las tres condiciones analizadas (bosque, restaurado y helecho) fue análisis de varianza (ANOVA), y una prueba *a posteriori* (DMS). Las comparaciones de abundancia por especies entre las tres condiciones se hicieron mediante ANOVAs y pruebas de Kuskall Wallis (dependiendo de los resultados de la prueba de normalidad). Todas estas pruebas se realizaron con el programa SPSS 22.

Se construyeron curvas de acumulación de especies y se calculó la riqueza esperada para cada condición de estudio mediante el modelo predictivo de Clench (Clench, 1979). El ajuste de esta función se realizó mediante una estimación no lineal, con el método iterativo de ajuste del algoritmo de Quasi-Newton basado en las derivadas primera y segunda de función perdida o “loss function” (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003)

Para comparar la riqueza de lepidópteros entre las diferentes condiciones se utilizaron los intervalos de confianza (95%) de las curvas de rarefacción basada en los individuos de cada condición, las cuales se construyeron con el programa ECOSIM (Gotelli y Entsminger, 2004).

Para analizar la composición de especies de la comunidad de especies de lepidópteros de cada condición estudiada se utilizaron las curvas de abundancia-dominancia, también conocidas como de rango-dominancia o curvas de Whittaker. Las curvas se construyeron representando en el “eje y” el logaritmo decimal de la abundancia de las especies y en el “eje

x” las especies ordenadas según su abundancia (de la más abundante a la más escasa; Magurran, 2004).

Se calculó también la “diversidad verdadera” con el programa Past 2.17c (Jost, 2006; Pineda y Verdú, 2013) para tres órdenes: 1) orden 0 ($q=0$, 0D) que corresponde a la riqueza de especies, 2) orden 1 ($q=1$, 1D) que son las especies valoradas de acuerdo a su propia abundancia (p_i), sin favorecer a las especies raras o comunes y 3) orden de diversidad 2 (2D) el cual favorece las especies abundantes (Jost, 2006). La equidad se calculó como ${}^2D/{}^1D$. Como medida de diversidad beta independiente de alfa se utilizó el índice de similaridad de Morisita-Horn (Moreno, 2001).

3.3. RESULTADOS

3.3.1. Estructura y composición de la comunidad de lepidópteros en SPT

El muestreo sistemático de las tres condiciones diferentes de manejo (bosque, restaurado y helecho) realizado en este trabajo durante 37 días, dio como resultado un total de 1,664 registros, pertenecientes a 180 especies y cinco morfoespecies de lepidópteros de seis familias de Papilionoidea. La familia con mayor número de registros fue Nymphalidae (81.8%), seguida por Pieridae (6.7%), Hesperidae (4.4%), Lycaenidae (3.4%), Riodinidae (2.1%) y Papilionidae (1.6%). Diez especies concentraron el 51.9% de los registros totales, estas fueron: *Pareuptychia ocirrhoe* (representó el 9.1%), *Hermeuptychia hermes* (7.4%), *Oxeoschistus tauropolis* (6.7%), *Cissia terrestris* (5.7%) e *Ypthimoides renata* (4.8%).

La comparación entre condiciones de manejo mostró un abundancia de lepidópteros significativamente mayor ($F_{Total}=8.506$, $p=0.001$) en sitios de restauración agrosucesional (894 individuos), en relación a la registrada en bosque y helecho (422 y 342 individuos, respectivamente). La abundancia de la familia Nymphalidae, también fue significativamente mayor en la condición de restauración con respecto al bosque y helecho ($F_{Nymphalidae}=8.023$, $P=0.001$). La abundancia de lepidópteros entre bosque y helecho no fue significativamente diferente. Por su parte, la abundancia de la familia Pieridae fue significativamente mayor en la condición de restauración y helecho, en relación a la del bosque ($P<0.013$); mientras que la familia Riodinidae fue más abundante en el bosque y la restauración, que en el helecho ($P<0.046$). En el caso de Hesperidae, Lycaenidae y Papilionidae las abundancias no mostraron diferencias significativas entre las tres diferentes condiciones estudiadas.

La distribución de las abundancias por especie en cada una de las condiciones no fue homogénea. En el caso de la restauración el valor del índice de equidad fue 0.16, en el bosque 0.15 y en el helecho de 0.32. En la condición de restauración las cinco especies más abundantes contribuyeron con 49% de los registros (*P. ocirrhoe* (13.3%), *Hermeuptychia hermes* (12.3%), *Cissia terrestris* (8.8%), *Y. renata* (7.4%) y *C. pseudoconfusa* (7%). En el bosque cinco especies contribuyeron con 45.1% (*Oxeostichus tauropolis* (23.7%), *Pareuptychia ocirrhoe* (7.1%), *Chloreuptychia sericeella* (5.7%), *Morpho helenor* (5.5%) y *Caligo uranus* (3.1%)). Mientras que, en el helecho las cinco especies principales representaron el 33.9% (*Pyrisitia dina* (9.5%), *Fountainea glycerium* (8.3%), *Smyrna blomfieldia* (7.5%), *Biblis hyperia* (4.3%) y *Dione juno* (4.3%)) (Figura 3.1

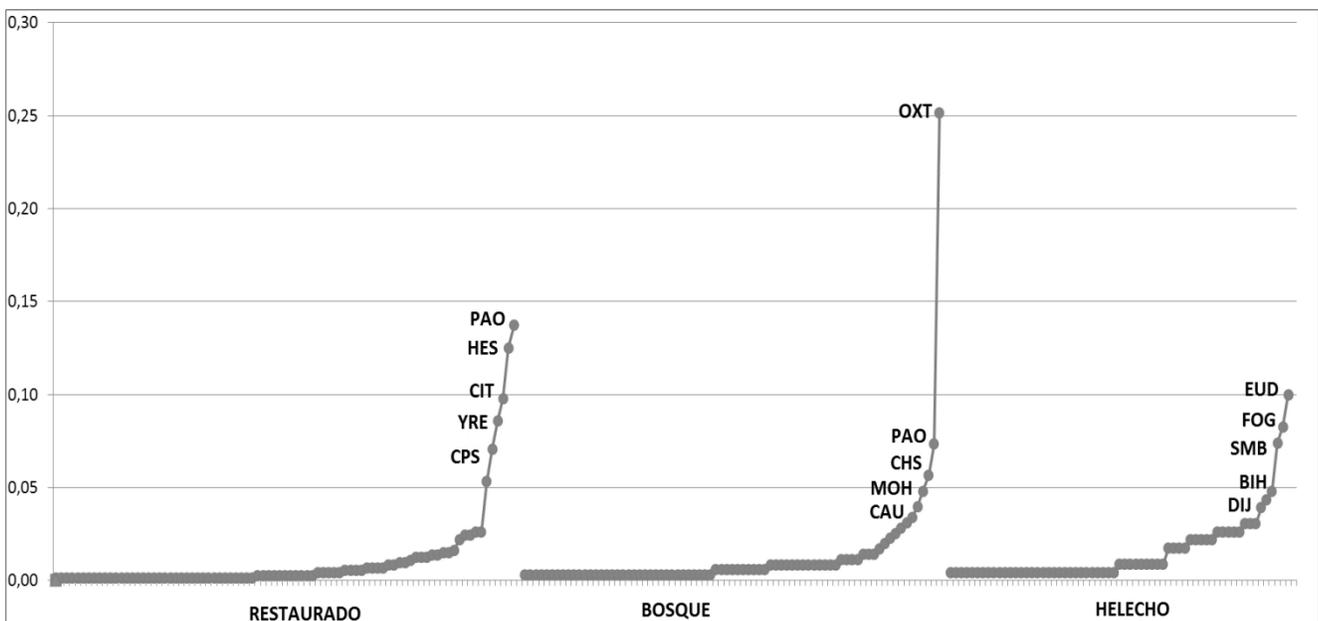


Figura 3.1. Gráficos de rango-abundancia donde se muestran la abundancia relativa de las especies en las diferentes condiciones: Restauración, bosque y helecho. PAO= *Pareuptychia ocirrhoe*, HES= *Hermeuptychia hermes*, CIT= *Cissia terrestris*, YRE= *Ypthimodes renata*, CPS= *Cissia pseudoconfusa*, OXT= *Oxeoschistus tauropolis*, CHS= *Chloreuptychia sericeella*, MOH= *Morpho helenor*, CAU= *Caligo uranus*, EUD= *Pyrisitia dina*, FOG= *Fountainea glycerium*, SMB= *Smyrna blomfieldia*, BIH= *Biblis hyperia*, DIJ= *Dione juno*.

Al analizar la abundancia por especie, se encontró que aquellas especies presentes en las tres condiciones (*P. ocirrhoe*, *H. sotybus*, *C. terrestris*, *I. renata*, *C. pseudoconfusa* y *P. metaleuca*), presentaron de manera significativa mayor abundancia en la condición de restauración agro-sucesional (Figura 3.2).

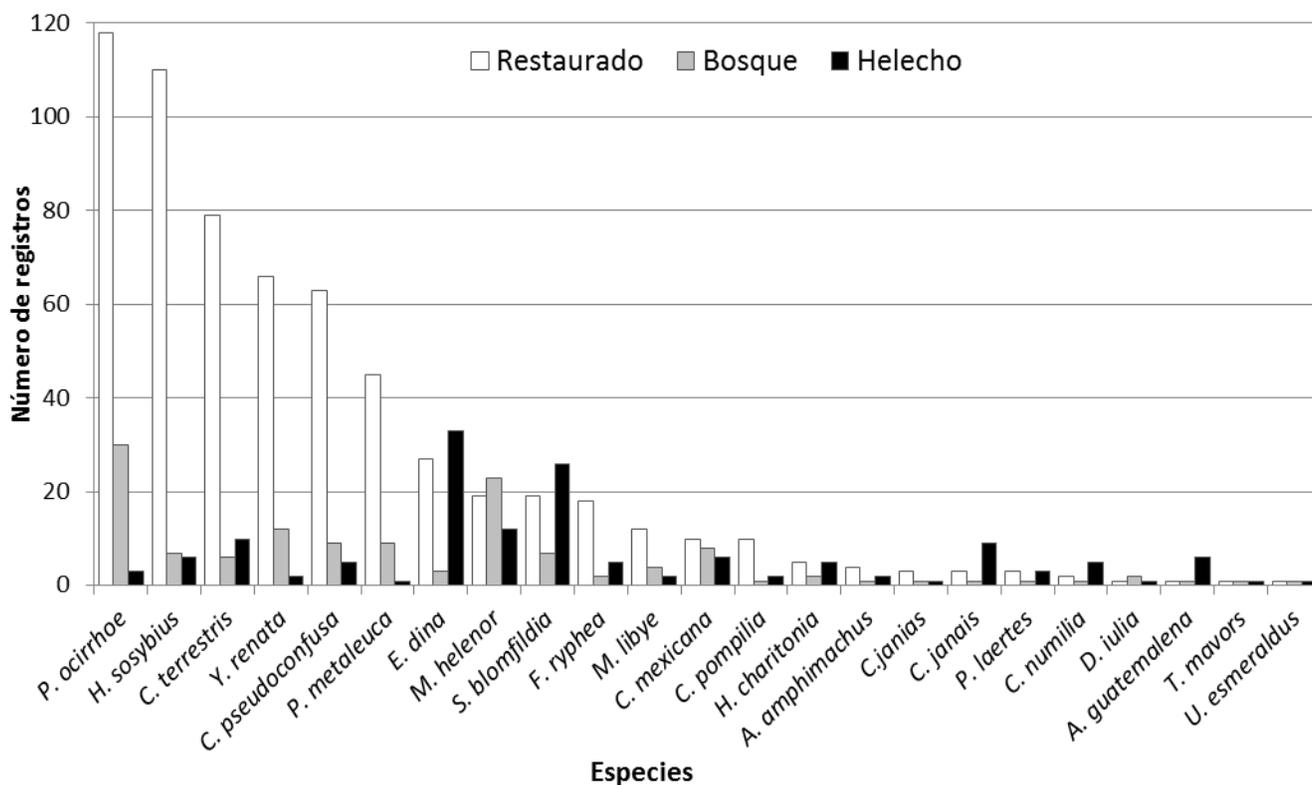


Figura 3.2. Especies registradas en las tres condiciones y sus diferentes abundancias.

Las curvas de rarefacción mostraron que la riqueza de especies fue significativamente mayor en la condición de restauración (108 especies), en comparación con bosque (92 especies) y helecho (91 especies), en estas dos últimas condiciones la riqueza de especies no presentó diferencias significativas (Figura 3.3). La composición de los ensamblajes de especies en cada condición de manejo también fue diferente, 26 especies estuvieron presentes en los tres tipos de manejo, 23 fueron compartidas entre el restaurado y el bosque, 22 entre restauración y helecho, 9 entre helecho y bosque, 37 se registraron solo en restauración, 34 registradas únicamente en helecho y 34 en bosque. La similitud de la estructura de la comunidad entre condiciones de manejo fue baja. El valor de similitud entre la condición de restauración y helecho fue de 37%, entre restauración y bosque de 38.2%, y entre bosque y helecho de 12.9%.

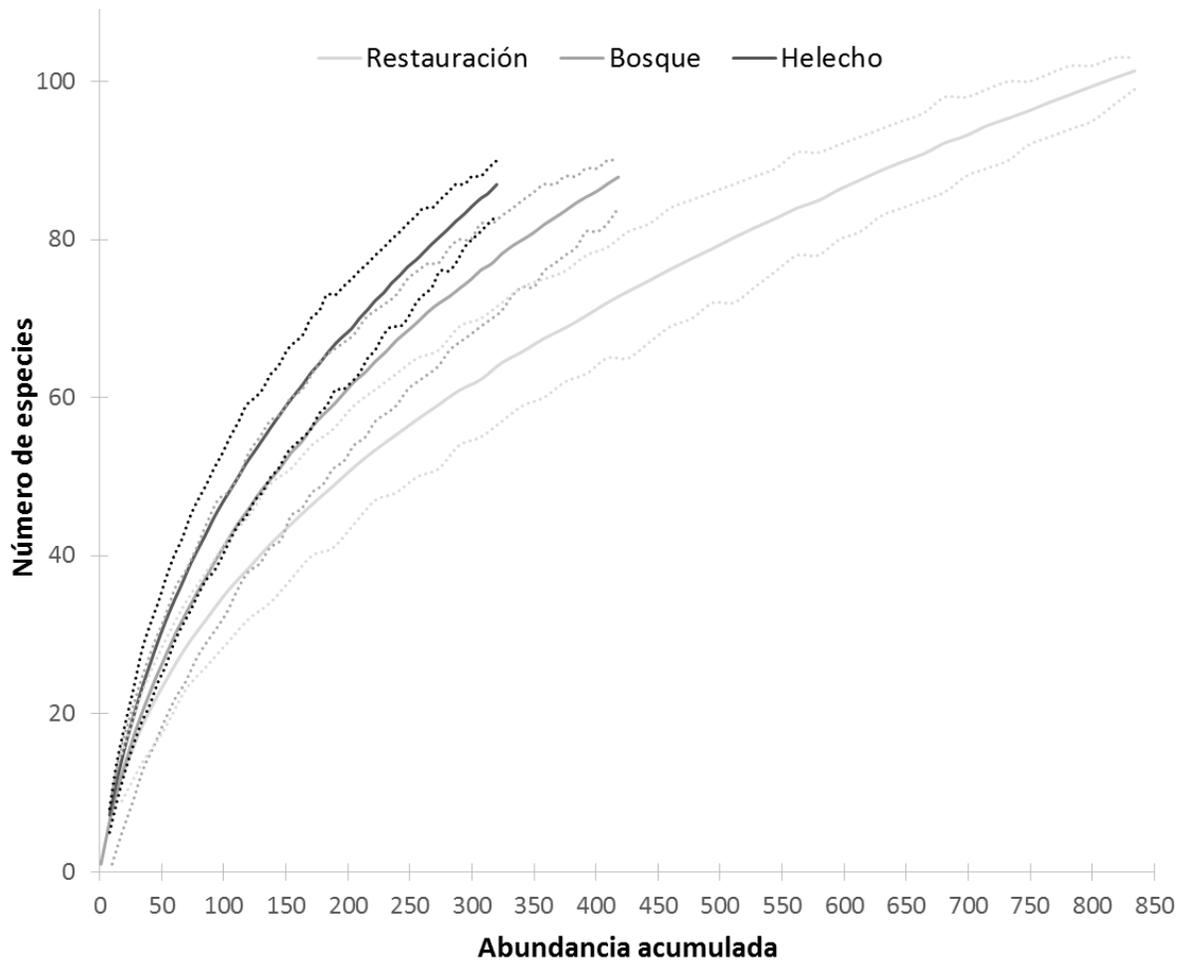


Figura 3.3. Curvas de rarefacción para cada condición basada en individuos.

La riqueza encontrada en las diferentes condiciones representó casi la mitad de la riqueza predicha por el modelo de Clench. El número de especies encontradas en la condición de restauración fue de 108 especies de 217 predichas lo que representó el 50%; en bosque se observaron 92 especies 47% de las 196 esperadas y en helecho se observaron 91 especies de 185 estimadas, equivalentes al 49% (Tabla 3.1.). La curva de acumulación y la predicción general (incluyendo las tres condiciones), estimó 319 especies para SPT, de mantener el mismo tipo de muestreo. Adicionales a las especies del muestreo sistemático, se encontraron de manera oportunista 104 especies (no registradas en los transectos) en un lapso de 24 días. Estos registros no fueron considerados en los análisis y comparaciones antes reportados; sin embargo, al combinar ambos muestreos la predicción sugiere que en SPT podrían encontrarse hasta 526 especies de lepidópteros.

Tabla 3.1. Características del muestreo en cada transecto y principales descriptores de la comunidad de lepidópteros.

Transectos por condición de manejo	Restauracion			Bosque			Helecho			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Longitud de los transectos (m)	500	500	550	700	350	450	700	300	550	
Distancia acumulada (m)	6500			6500			6500			
Número de trampas	10	10	13	11	12	11	15	7	12	
Estructura y diversidad	Número de familias	6			6			6		
	Abundancia general	894			422			322		
	Riqueza (Obs o °D)	108			92			91		
	Riqueza predicha (Clench)	217			196			185		
	Ecuación de Clench S(t)	$S(t)=15.20950t/(1+0.0699997t)$			$S(t)=14.92202t/(1+0.076277t)$			$S(t)=13.97064t/(1+0.075594t)$		
	R ²	0.98963171			0.97571773			0.995053		
	Diversidad verdadera ¹ D	32.724			35.131			48.497		
	Diversidad verdadera ² D	16.896			13.372			28.698		
	Factor de equidad (² D/ ⁰ D)	0.156			0.145			0.315		

3.3.2. Lepidópteros como indicadores de la restauración agro-sucesional

En la condición de restauración se encontró a *A. salmoneus* una especie considerada especialista y dos especies consideradas raras, *F. ryphea* y *T. mavors*. En el bosque se

encontraron cuatro especies especialistas: *A. leucerioides*, *Dismorphia crisia*, *Epiphile iblis* y *Pedalidodes circumducta* y seis especies consideradas raras: *Agryas amydon oaxacana*, *Fountainea ryphea*, *Calycopsis trebula*, *Forsterinaria neonympha*, *Hypostrymon asa* y *Theritias mavors*. Mientras que en helecho se encontraron tres especies consideradas raras: *A. amydon oaxacana*, *F. ryphea* y *T. mavors*.

3.4. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio muestran la gran diversidad de lepidópteros diurnos en la región de La Chinantla, Oaxaca; al mismo tiempo, constituyen el primer antecedente sobre las características de sus comunidades ante condiciones de manejo contrastantes. Cabe destacar que los resultados mostraron que la riqueza de especies de lepidópteros y la abundancia fueron los principales factores de respuesta ante la condición de restauración agrosucesional en áreas afectadas por *P. aquilinum*. Sin embargo, diversos trabajos han señalado lo arriesgado de establecer generalizaciones acerca de la respuesta de lepidópteros diurnos ante cambios en su ambiente y en condiciones de degradación ecológica (Dover y Settele, 2009). La dificultad de encontrar patrones generales está relacionada con la capacidad de este grupo para adaptarse a las condiciones locales, de tal forma que, las mismas especies pueden responder de maneras distintas en diferentes localizaciones geográficas y bajo distintos contextos (Dover y Settele, 2009). No obstante, existe consenso en cuanto al potencial que tienen los lepidópteros diurnos para ser usados indicadores y herramientas para el monitoreo de actividades de restauración (Lomov, et al. 2006; Bonebrake et al. 2010). Para ello, son necesarios estudios locales que definan indicadores y criterios específicos a las condiciones de cada sitio. Considerando lo anterior este trabajo trató de caracterizar a la comunidad de lepidópteros de SPT y analizar su potencial como indicadores de la condición de restauración agro-sucesional que realizan los campesinos en áreas afectadas por *P. aquilinum*. Los resultados sugieren que la riqueza de especies y la abundancia podrían ser incluidos en programas de restauración participativa agro-sucesional, y que los campesinos podrían monitorearlos como parámetros ecológicos que en conjunto con otros aspectos (sociales, económicos), podrán indicar si las acciones de restauración tienen efecto en la recuperación y conservación de especies.

La síntesis más completa de Papilionoidea para el estado de Oaxaca proviene del trabajo de Luis-Martínez et al. (2004) y de su posterior actualización (Luis-Martínez et al. 2016). En estos trabajos se analizó e integró información proveniente de colecciones científicas y literatura de

casi medio siglo, así como de 10 años de trabajo de campo en las zonas de Cuicatlán, la Sierra Mixe y Loxicha. Aunque se trata de revisiones exhaustivas sobre la diversidad de Papilionoidea del estado, dichos autores reconocen que aún falta de información de un número considerable de localidades. Entre los principales problemas con los registros de Papilionoidea en Oaxaca, Luis-Martínez et al. (2004) destacaron la falta de certeza taxonómica en algunas colectas, la carencia de muestreos sistemáticos y el sesgo hacia algunas localidades (p.e. en su revisión la mayor parte de los registros provenía de 10 localidades, cuando en Oaxaca hay mas de dos mil comunidades). Por ello, recomiendan intensificar estudios de campo sobre los lepidópteros y señalaron a la región de la Chinantla como un área prioritaria para este grupo. A pesar de que la Chinantla, es reconocida como ecorregión prioritaria para conservación de biodiversidad, por poseer bosques tropicales con un alto grado de integridad ecológica (CONANP 2005, Narro-Etchegaray y S. Gibert, 2014; Van Vleet et al. 2016), y que es conocida por albergar las dos especies de mariposas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Pterourus esperanza* y *Danaus plexippus* (no como colonias) hasta ahora no hay estudios sistemáticos sobre la comunidad de lepidópteros diurnos.

Este trabajo realizado en SPT, una comunidad de la región chinanteca, encontró 180 especies y 5 morfoespecies durante 38 días de muestreo sistemático en nueve transectos dentro de tres condiciones de manejo (bosque, restaurado y zonas invadidas por el helecho *P. aquilinum*). Esta estimación de la riqueza, aunque preliminar, fue notablemente mayor a las 52 especies reportadas para Monte Flor, pero menor a las 368 especies reportadas para Metates, ambas localidades de La Chinantla (Luis-Martinez et al. 2004). Sin embargo, de considerarse los 104 registros oportunistas (encontrados en orillas del río, veredas, cafetales, campos agrícolas, pueblo, acahuales dentro del núcleo agrario), SPT con 289 especies de lepidópteros diurnos se ubicaría entre las localidades de mayor riqueza de especies de Oaxaca (Loma Cacao en Sierra Mazateca=236 spp, Soyolapan el Bajo=243 spp, Puerto Eligio=231 spp y Candelaria Loxicha=260 spp; Alvarez-García et al. 2016).

3.4.1. Estructura y composición de la comunidad de lepidópteros diurnos en SPT

La abundancia total de mariposas fue significativamente mayor en la condición de restauración agro-sucesional de SPT, en relación a las condiciones de bosque y helecho. Incluso, aquellas especies que se encontraron en las tres condiciones mostraron abundancias notablemente superiores en los sitios restaurados. Estos patrones se atribuyen a que los sitios restaurados presentan un uso diversificado (cultivos), árboles frutales y heterogeneidad en

cuanto al desarrollo y composición de los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo. Esta variedad de condiciones podría influir en la disponibilidad de recursos clave para los lepidópteros como son el alimento (néctar y frutas) y plantas hospederas; así como en las condiciones de hábitat (radiación, humedad relativa, velocidad del viento, entre otros) a las cuales suelen ser sensibles. Patrones análogos han sido reportado en otros trabajos (Mihindikulasooriya et al. 2014; Nyafwono et al. 2014; Sant'Anna et al. 2014; Uehara-Prado et al. 2007; Waltz y Covington, 2001), los cuales han encontrado diferencias en la abundancia de lepidópteros entre sitios de una misma localidad que presentan variaciones en la disponibilidad de recursos o en las condiciones ecológicamente importantes para estos insectos.

La habilidad de dispersión, comportamiento y preferencia por recursos cambia entre las especie de lepidópteros (Dover y Settele, 2009); así, los patrones de abundancia y el reconocimiento de factores que los determinan pueden clarificarse cuando se analiza la abundancia de cada especie (Uehara-Prado et al. 2007). En este estudio, parte de las descripciones de las preferencias y conductas de algunas de las especies más abundantes corresponden con las características de hábitat de las diferentes condiciones estudiadas. Así, *P. ocirrhoe* (119 registros) y *H. sosybius* (110 registros), especies mas abundantes en la condición de restauración están asociadas a bordes y claros de bosque (Sant'Anna et al. 2014). En el bosque dominó *O. taurupolis* (100 registros), especie asociada a bosques primarios y secundarios de cobertura densa (Vega, 2012). En la condición de bosque también estuvieron presentes *A. leucerioides*, *D. crisis*, *E. iblis* y *P. circumducta* reconocidas por su afinidad a bosques mesófilos conservados (Glassberg, 2007) y cuya transformación puede causar su extinción local (Koh et al. 2004). En el helecho las principales especies fueron *P. dina* (33 registros), asociada a lugares abiertos, cobertura arbustiva densa y bordes del bosque (Scott, 1986; Andrade y Benson, 1997), *F. glycerium* (29 registros) y *S. blomfieldia* (26 registros) de hábitos frugívoros, generalistas, y de cuerpo robusto asociado a vuelos rápidos y amplios (Muyschondt y Muyschondt, 1978). Esto último, les permite vagar a lo largo del paisaje buscando recursos, aún en hábitats transformados (Marín et al. 2008; Dover y Settele, 2009).

La riqueza de lepidópteros en SPT también fue mayor en la condición de restauración en relación a las condiciones de bosque y helecho. Esta tendencia coincide con lo que menciona Janzen (1988) acerca de que, los estadios sucesionales pueden soportar más especies de lepidópteros que bosques bien conservados. La mayor riqueza de lepidópteros en la condición de restauración es congruente con lo que predice la hipótesis del disturbio intermedio de Connell (1978), ya que en dicha condición pueden confluir especies compartidas con el

bosque y con zonas abiertas (degradadas por helecho). Este patrón ha sido documentado con lepidópteros de America, el Caribe y África central (Wood y Gillman, 1998; Shea et al. 2004; Marín et al., 2008; Nyafwono et al. 2014; Sant’Anna et al. 2014) donde la mayor riqueza ocurre en sitios restaurados, además se observa un proceso sucesional con la disminución en el número de especies de lugares abiertos o bordes y un aumento en la cantidad de especies de bosque. Si bien, la riqueza de especies fue más baja en bosque y helecho, y estos no tuvieron diferencia en el número de especies entre ellos, no significa que sean comunidades iguales. Se encontró una baja similitud entre las condiciones estudiadas, las especies que componen los ensambles en cada condición son diferentes y la forma en como se distribuyen las abundancias también. Esta baja similitud sugiere que las tres condiciones contribuyen a la diversidad del paisaje. Lo cual es acorde con el reconocimiento de que la heterogeneidad puede favorecer la diversidad en diferentes grupos de organismos (Sant’Anna et al. 2014; Dover y Settele, 2009, Halffter, 2005; Toledo et al. 2003; Weibull et al. 2000)) y específicamente en lepidópteros (Balam-Ballote y León-Cortés, 2010; Weibull et al 2003; Weibull et al. 2000).

3.4.2. Lepidópteros como indicadores de la restauración productiva

Con base en los resultados se considera que la riqueza, la abundancia y la composición de especies de lepidópteros diurnos en SPT (Tabla 3.2), se pueden usar como indicadores de la restauración agro-sucesional. Estos parámetros pueden incluirse en programas de monitoreo de recuperación de áreas degradadas por helecho invasivo para el seguimiento y evaluación de dichas actividades. La expectativa sería una tendencia de incremento en la riqueza y abundancia de lepidópteros en sitios restaurados a corto y mediano plazo, con respecto a los sitios degradados. Esto junto con tendencias de incremento de especies compartidas con el bosque y disminución de especies de áreas abiertas, conforme avanza la sucesión ecológica (Balam-Ballote y León-Cortés, 2010; Maccherini et al. 2009).

Tabla 3.2. Indicadores propuestos para la restauración de SPT.

INDICADORES	PLAZO	UNIDADES DE MEDICIÓN	CRITERIOS
Abundancia	Corto y mediano plazo	Número total de individuos registrados. figura 1.12.	La abundancia deberá ser mayor en los sitios restaurados que la zonas invadidas por helecho. Especies como <i>P. ocirrhoe</i> , <i>H. sosybus</i> , <i>C. terrestres</i> , <i>Y renata</i> , <i>C pseudoconfusa</i> y <i>P. metaleuca</i> , relacionadas a caminos o claros del bosque

INDICADORES	PLAZO	UNIDADES DE MEDICIÓN	CRITERIOS
		Número de individuos de ciertas especies.	incrementan ampliamente sus abundancias en sitios restaurados.
Riqueza de mariposas	Mediano	Número de especies	La mayor riqueza se asocia a un grado intermedio de manejo y de perturbación, por tanto los sitios restaurados presentarán mayor número de especies.
Composición	Corto, mediano y largo.	Proporción de especies de bosque, de helecho y de restaurado.	La identidad de las especies es fundamental. Los sitios restaurados estarán compuestos por una mezcla de especies compartidas con el bosque, el helecho y que solo se encuentran en restaurado. Conforme pase el tiempo se espera que las especies de bosque aumenten y las de helecho disminuyan.
Especies especialistas	Mediano y largo.	Presencia y abundancia de especies especialistas	La presencia de especies especialistas y el incremento en su número indican una progresión hacia estados maduros o en mejor estado de conservación. Algunas de estas especies son: <i>A. leucerioides</i> , <i>D. crisis</i> , <i>E. iblis</i> y <i>P. circumducta</i>

En este estudio no se encontró ninguna tendencia general a nivel de familias, ya que aunque Nymphalidae es una familia comúnmente usada para muestreos rápidos porque permiten evaluar y predecir de manera general el comportamiento de la comunidad de lepidópteros (Brown y Freitas, 2000), no se recomienda el uso de esta u otras familias como indicadores del proceso de restauración. Lo anterior debido a que las familias incluyen especies con diferentes historias de vida, preferencias, conductas y respuestas (Dover y Settele, 2009). Tampoco las especies raras, cuya presencia en este trabajo no se asoció a ninguna condición particular. En cambio, un indicador que sí sería relevante, aunque no fue considerado en este estudio, es la presencia de plantas hospederas, ya que la ocurrencia de determinadas mariposas en un hábitat particular puede explicarse a través de la abundancia de sus hospederos (Waltz y Covington, 2001; Lomov et al. 2006; Maccherini et al. 2009).

El tiempo (corto, mediano y largo plazo) en el que la comunidad de mariposas asociada a lugares restaurados sea similar a la de los bosques de referencia es incierto. Algunos trabajos han realizado predicciones, tal es el caso de Nyafwono et al. (2014), quienes estimaron que la comunidad de mariposas de los bosques tropicales restaurados en Uganda sería similar al de los bosques nativos en 40 años, no obstante, no existe certeza ya que esto depende de varios factores, entre ellos las especies involucradas, la severidad del disturbio, la región geográfica y los legados ecológicos (Raguso y Bousquets, 1990; Nyafwono et al. 2014; Jogiste et al. 2017). A pesar de la incertidumbre y complejidad que siempre existe en las actividades de manejo, el uso de indicadores pueden ser útil para conocer si la restauración va por el camino deseado y el grado de similitud que va adquiriendo con respecto a una condición de

referencia (Meffe et al. 2002; Rey-Benayas et al. 2009). Así mismo, la finalidad de la restauración agro_sucesional en el caso de SPT no es un estado idéntico a los bosques contiguos, más bien es la recuperación de la capacidad productiva, la restitución del ciclo agrícola tradicional (roza-tumba y quema) y el restablecimiento de la sucesión ecológica. Esto ha sido reconocido como parte de un manejo integral y sostenible de los ecosistemas, lo cual tiene implicaciones positivas en la diversidad y en el mantenimiento de la integridad ecológica (Toledo et al. 2003).

Se debe agregar que, los lepidópteros tienen un gran potencial de aprovechamiento para la gente local; ya que podrían ser incluidos en programas de educación y sensibilización ambiental, usarse como especies bandera en proyectos de conservación y como parte de la oferta de ecoturismo. Así como en proyectos de crianza y de comercialización (venta de ejemplares vivos o en artesanías). Para ello es necesario continuar el inventario, la revisión taxonómica (en especial de Hesperiiidae, que siendo de las familias más abundantes tuvo poco registros en este estudio, lo cual puede significar que este siendo subestimada), el muestreo del dosel del bosque (poco explorado en este estudio) y la generación de información acerca de la biología de especies (por ejemplo ciclos de vida, comportamiento, preferencias de hospederos, etc.). Esto puede realizarse de manera participativa y como parte de las actividades comunitarias que realizan en el área de conservación y del uso sostenible de sus recursos.

3.5. LITERATURA CITADA

Altieri, M.A. 2013. Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas. En: Nicholls, C.I., L.A. Ríos y M.A. Altieri (Eds.). Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático. REDAGRES-CYTED-SOCLA. Medellín, Colombia. 207 pp.

Almaraz-Almaraz, M.E., León-Cortés, J.L. y A. Molina-Martínez. 2013. The Population Ecology and Conservation of *Pterourus esperanza* (Insecta: Lepidoptera): An Ancestral Swallowtail Butterfly in the Northern Sierra of Oaxaca, Mexico. Entomological Society of America. 106(6):753-760.

Álvarez-García, H., Ibarra Vázquez, A. y P. Escalante. 2016. Riqueza y distribución altitudinal de las mariposas de la Sierra Mazateca, Oaxaca (Lepidoptera: Papilionoidea). Acta zoológica Mexicana. 32(3):323-347.



Andrade, I. y W.W. Benson. 1997. *Eurema dina leuce* (Pieridae) feeds on a lactiferous host plant in eastern Brazil. *Journal of The Lepidopterists' Society*. 51(4):358-359

Balam-Ballote, Y. y J. L. León-Cortés. 2010. Forest Management and Biodiversity: a study of an indicator insect group in southern Mexico. *Interciencia*. 35(7):526-533.

Barbosa, E.P. 2013. The fruit-feeding butterfly *Pareuptychia ocirrhoe* (Nymphaliidae: Satyrinae) feeding on extrafloral nectaries. *Journal of the Lepidopterists' Society*. 67(1):64-65.

Berget, C. 2012. Invasion of Bracken Fern in Southern Mexico: Local Knowledge and Perceptions in Two Indigenous Communities in the Chinantla Region, Oaxaca, Mexico. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Environmental Studies. Florida International University.

Berget, C. E. Durán y D.B. Bray. 2015. Participatory Restoration of Degraded Agricultural Areas Invaded by Bracken Fern (*Pteridium aquilinum*) and Conservation in the Chinantla Region, Oaxaca, Mexico. *Human Ecology*. 43:547-558.

Binu, T., U.M., U. M. Chandrashekhara, A. Rajendran y K.M.Prabhukumar. 2014. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. (Dennstaedtiaceae) - An effective ecological indicator. 3(1):8-9.

Boege, E. 2008. El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas. Instituto Nacional de Antropología e Historia-Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.

Bonebrake, T. C., Ponisio, L.C., Boggs, C.I. y P. R. Ehrlich. 2010. More than just indicators. A review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological Conservation*. 143:1831-1841.

Bray, D., E. Durán y O. Molina-González. 2012. Beyond harvest in the commons: multi-scale governance and turbulence in indigenous/community conserved areas in Oaxaca Mexico. *International Journal of the Commons*. 6(2):151-178.

Brown, K. y A.V. Freitas. 2000. Atlantic Forest Butterflies: Indicators for landscape conservation. *Biotropica* 32(4b):934-956.

Choi, Y. 2007. Restoration Ecology to the future: a call for a new paradigm. *Restoration Ecology*. 15(2): 351-353.

Clench, H. 1979. How to make regional lists of butterflies: Some thoughts. *Journal of the Lepidopterists' Society* 33(4):216-231.

CONAFOR. 2008. Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Manual y procedimientos para el muestreo en campo. SEMARNAT-CONAFOR.

CONANP, 2005. Estrategias De conservación. Región Prioritaria para la Conservación de la Chinantla, Oaxaca. CONANP-SEMARNAT

Connell, J.H. (1978) Diversity in tropical rain forests and coral reefs: high diversity corals maintained only in a non-equilibrium state. *Science*. 199:1302-1310.



Dale, V.H. y S.C. Beyeler. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1: 3-10.

Dawson, D.E. y M.E. Hostetler. 2007. Herpetofaunal use of edge and interior habitats in urban forest remnants. *Urban habitats*. 5(1).

DellaSala, D.A., A. Martin, R. Spivak, T. Schulke, B. Bird, M. Criley, C. van Daalen, J. Kreilick, R. Brown y G. G. Aplet. 2003. A citizen's call for ecological forest Restoration: Forest Restoration Principles and Criteria. *Ecological Restoration*. 21(1):14-23.

DeVries, P. 1987. *The Butterflies of Costa Rica and their natural history*. Princeton University Press.

Dover, J. y J. Settele. 2009. The influences of landscape structure on butterfly distribution and movement: a review. *Journal Insects Conservation*. 13:3-27.

Douglas, S. 1999. Tropical forest diversity, environmental change and species augmentation: After the intermediate disturbance hypothesis. *Journal of Vegetation Science*. Opulus Press Uppsala. 10:851-860.

Drumbell, A.J. y J.K. Hill. 2005. Impacts of selective logging on canopy and ground assemblages. *Biological conservation*. 125:123-131.

Edouard, F., J. Jiménez y M. Cid. 2004. Restauración de áreas invadidas por copetate en la región de la Chinantla, Oaxaca, México. *Revista de Agroecología*. 34-37.

Edwards, P. J., y C. Abivardi. 1998. The value of biodiversity: where ecology and economy blend. *Biological Conservation*. 83(3):239-246.

Entsminger, GL. 2014. *EcoSim Professional: Null modeling software for ecologists, Version 1*. Acquired Intelligence Inc., Kesey-Bear, & Pinyon Publishing. Montrose, CO 81403. <http://www.garyentsminger.com/ecosim/index.htm>

Fahrig, L., J. Baudry, L. Brotons, T. O. Crist, R.J. Fuller, C. Sirami, G.M. Siriwardena y J.L. Martin. 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology letters*. 14:101-112.

Ferris, R. y J.W. Humphrey. 1999. A review of potential biodiversity indicators for application in British forest. *Forestry*. 72(4):313-328.

Glassberg J. 2007. *A Swift guide to the butterflies of Mexico and Central America*. Sunstreak book.

González-Espinosa, M., J.A. Meave, N. Ramírez-Marcial, T. Toledo-Aceves, F.G. Lorea-Hernández, y G. Ibarra-Manríquez. 2012. Los bosques de niebla de México: conservación y restauración de su componente arbóreo. *Revista Ecosistemas*. 21(1-2):36-52.

Gotelli, N.J. y G.L. Entsminger. 2004. *EcoSim: Null models software for ecology. Version 7*. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear, Jericho.

Halffter, G. 2005. Towards a culture of biodiversity conservation. *Acta Zoológica Mexicana*. 21(2):133-153.

Hernández-Mejía, C., J. Llorente-Bousquets, I. Vargas-Fernández y A. Luis-Martínez. 2008. Las mariposas (Hesperioidea y Papilionoidea) de Malinalco, Estado de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79:117-130.

Ibarra, J. T., A. Barreau, C. del Campo, C.I Camacho, G.J., Martin y S.R. Maccandless, 2011. When Formal and Market-Based Conservation Mechanisms Disrupt Food Sovereignty:

Impacts of Community Conservation and Payments for Environmental Services on an Indigenous Community of Oaxaca, Mexico. *International Forestry Review* 13(3): 318–337.

Janzen D.H.1988. Ecological characterization of a Costa Rican dry forest caterpillar fauna. *Biotropica* 20: 120-135.

Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. 8:151-161.

Jogiste, K., H. Korjus, J.A. Stanturf, I.E. Frelich, E. Baders, J. Donis, A. Jansons, A. Kangur, K. Köster, D. Laarmann, T. Maaten, V. Marozas, M. Mestlaid, K. Nigul, O. Polyachenko, T. Randveer y F. Vodde. 2017. Hemiboreal forest: natural disturbances and the importance of ecosystem legacies to management. *Ecosphere*. 8(2):1-20.

Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113:363–375.

Koh, L.P., N.S. Sodhi y B.W. Brook. 2004. Ecological Correlates of Extinction Proneness in Tropical Butterflies. *Conservation Biology*. 18(6):1571-1578.

Krebs, J.K. 1994. *Ecology. The experimental Analysis of distribution and abundance*. Cuarta edición. Adison-Wesley Educational Publishers.

Kremen, C. 1992. Assessing the Indicator Properties of Species Assemblages for Natural Areas Monitoring. *Ecological Applications*. 2(2):203-217.

Kremen, C. 2014. Assessing the indicator properties of species assamblages for natural areas monitoring. *Ecological Applications*. 2(2):203-2017.

Lamb, D. P. D. Erskine y J.A. Parrotta. 2005. Restoration of Degraded Tropical Forest Landscapes. *Science*. 310:1628-1632.

Lewis, O.T. 2001. Effect of experimental selective loggin on tropical butterflies. *Conservation Biology*. 15(2):389-400.

Lomov, B., D.A. Keith, D.R. Britton y D.F. Hochuli. 2006. Are butterflies and moths useful indicators for restoration monitoring? A pilot study in Sydney's Cumberland Plain Woodland. *Ecological Management Restoration* 7(3): 204-210.

Luis-Martínez, A., J. Llorente-Bousquets, A.D. Warren e I. Vargas. 2004. *Lepidópteros: Papilionoideos y Hesperioideos*. En: García-Mendoza, A., Ordóñez, M. y M. Briones-Salas. 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund.

Luis-Martínez, A., B. Hernández-Mejía M- Trujano-Ortega, A. Warren, J. Salinas-Gutiérrez, O. Ávalos-Hernández, I. Vargas-Fernández y J. Llorente- Bousquets. 2016. Avances Faunísticos en los Papilionoidea (Lepidoptera) sensu lato de Oaxaca, México. *Southwestern Entomologist*, 41(1):171-224.

Maass, J.M. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. En: Bullock, S.h., Mooney H.A. y E.Medina (Eds.). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press.

Maccherini, S.G. Bacaro, L. Favilli, S. Piazzini, E. Santi y M. Marignani. 2009. Congruence among vascular plants and butterflies in the evaluation of grassland restoration success. *Acta Oecologica*. 35:311-317.

Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing

Marin, L., J.L. León-Cortès y C. Stefanescu. 2008. The effect of an agro-pasture landscape on diversity and migration patterns of frugivorous butterflies in Chiapas, Mexico. *Biodiversity Conservation*.

Meffe, G., L. Nielsen, R. Knight y D. Schenborn. 2002. *Ecosystem Management. Adaptive, community-based, conservation*. Island Press.

Mihindukulasooriya, M.W.D.M, K.B. Ranawana y J. Majer. 2014. Comparison of butterfly diversity in natural and regenerating forest in a biodiversity conservation site at maragamuwa, Sri Lanka. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 5(3):387-391.

Mohd, N. y Y.B. Wah. 2011. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modelling and Analytics*. 2(1):21-33.

Molino, J.F. y D. Sabatier. 2001. Tree diversity in tropical rain forests: a validation of the intermediate disturbance hypothesis. 294:1702-1704.

Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T- Manuales y Tesis SEA, vol I. Zaragoza. Pp 84.

Moreno, C. E., F. Barragán, E. Pineda, y N. P. Pavón. 2011. Reanalizando la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1249-1261.

Muyshondt A. Jr. y A. Muyshondt. 1978. Notes on the life cycle and natural history of butterflies of El Salvador IIc. *Smyrna blomfieldia* and *Smyrna karwinskii* (Nymphalidae Coloburini). *Journal of the Lepidopterists' Society*. 32(3):160–174.

Narro-Etcheagaray y S. Gibert Isern (Eds). 2014. *Bosques de Niebla en México*. pp. 1-11. Editorial Verde México, S.C. Monterrey, Nuevo León, México.

Nelson, S. M. 2003. The Western Viceroy butterfly (Nymphalidae: *Limenitis archippus obsoleta*): an indicator for riparian restoration in the arid southwestern United States? *Ecological Indicators*. 3:203–211.

- Nyafwono, M., A. Valtonen, P. Nyeko y H. Roininen. 2014. Fruit-feeding butterfly communities as indicators of forest restoration in an Afro-tropical rainforest. *Biological Conservation*. 174:75-83.
- Pineda, R. y J.R. Verdú. 2013. Cuaderno de prácticas. Medición de la biodiversidad: diversidades alfa, beta y gamma. Editorial Universitaria. UAQ-UA. Pp.114.
- Pollard, E. 1977. A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biological Conservation*. 12(2):115-134.
- Pretty, J. 2003. Social capital and the collective management of resources. *Science*, 302(5652):1912-1914.
- Raguso, R.A. y J. Llorente-Bousquets. 1990. The Butterflies (Lepidoptera) of the Tuxtla Mts., Veracruz, Mexico. Revisited: species-richness and habitat disturbance. *Journal of Research on the Lepidoptera*. 29(1-2):105-133.
- Rey-Benayas, J.M., A.C. Newton, A. Díaz y J. Bullock. 2009. Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological Restoration: A Meta-Analysis. *Science*.325:1121-1124.
- Sabás A.V., I. Vizcarra-Bordi, E. Quintanar y B. Lutz. 2009. Heterogeneidad en las prácticas agrarias como estrategia de adaptación a los procesos globales. Caso de Santa Cruz (Chilapa, Guerrero, México). *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales*. 50:79-109.
- Sakai, A.K., F.W. Allendorf, J.S.Holt, D.M. Lodge, J. Molofsky, K.A. With, S. Baughman, R.J.Cabin, J.E. Cohen, N.C. Ellstrand, D.E. McCauley, P. O'Neil, I.M. Parker, J.N.Thompson y S.G. Weller. 2001. The population biology of Invasive species. *Annu. Rev. Ecol.Sys.* 32:305-332.
- Sánchez-González, A. y L. López-Mata. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, Serie Botánica*. 74(1):47-71.
- Sant'Anna, C.B., D.B. Ribeiro, L.C. García y A.L. Freitas. 2014. Fruit-feeding butterfly communities are influenced by restoration age in the tropical forests. *Restoration Ecology*.
- Schneider, L.C. y J. Geoghegan, 2006. Land abandonment in an agricultural frontier after a plant invasion: the case of bracken fern in Southern Yucatán, Mexico. *Agricultural and Resource Economics Review*. 35(1):167-177.
- Schneider, L. 2013. Helechos "malhechos" en sistemas agrícolas. *Ecofronteras*. 47:4-6.
- Scott, J.A. The butterflies of north America. A natural history and field guide. Stanford University Press. California, EUA.
- Seier, E. 2002. Comparison of Test for Univariate Normality. *InterSat Statistical Journal*. 1:1-17.
- Shea, K., Roxburgh, S.H. y E.S.J. Rauschert. 2004. Moving from pattern to process: coexistence mechanisms under intermediate disturbance regimes. *Ecology Letters*. 7:491-508.

Thomas, J.A. 1983. A quick method for estimating butterfly numbers during surveys. *Biological Conservation*. 27(3):195-211.

Toledo-Aceves, T., J. Meave, M.González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial. 2011. Tropical montane cloud forests: Current threats and opportunities for their conservation and sustainable management in Mexico. *Journal of environmental management*. 92:974-981.

Toledo, V.M., B. Ortiz-Espejel, L. Cortés, P. Moguel y M.J. Ordoñez. 2003. The multiple use of tropical forest by indigenous peoples in Mexico: a case of adaptative management. *Conservation Ecology*. 7(3):9.

Turner, B.L., W.B. Meyer y D. L. Skole. 2009. Land-use/land cover change: towards an Integrated study. *Ambio*. 23(1):91-95.

Uehara-Prado, M., Brown, K.S. y A.V.L. Freitas. 2007. Species richness, composition and abundance of fruit-feeding butterflies in the Brazilian Atlantic Forest: comparison between a fragmented and a continuous landscape. *Global Ecology and Biogeography*. 16(1):43-54.

Van Vleet E., D.B. Bray y E. Durán. 2016. Knowing but not knowing: Systematic conservation planning and community conservation in the Sierra Norte of Oaxaca, Mexico. *Land use Policy* 59: 504–515.

Van Oudenhoven, F.J.W. D. Mijatovic, P.B. Eyzaguirre. 2010. Social-ecological indicators of resilience in agrarian and natural landscapes. *Management of environmental quality: an international journal*. 22(2):154-173.

Velázquez, A., E. Durán, I. Ramirez, J.F. Mas, G. Bocco, G. Ramírez y J.L. Palacio. 2003. Land use-cover change processes in highly biodiverse áreas: the case of Oaxaca, México. *Global Environmental Change*. 13:175-184.

Vega, G.A. 2012. Mariposas diurnas de El Rodeo: diversidad y composición. *Brenesia*. 77:271-296.

Vieira, D.L.M., K.D. Holl y F.M. Peneireiro. 2009. Agro-Successional Restoration as a Strategy to Facilitate Tropical Forest Recovery. *Restoration Ecology*. 17 (4):451–459.

Walker, B., S. Carpenter, J. Anderies, N. Abel, G. Cumming, M. Janssen, L. Lebel, J. Norberg, G. D. Peterson, R. Pritchard. 2002. Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach. *Conservation Ecology* 6(1): 14.

Waltz, A.E.M y W.W. Covington. 2001. Butterfly response and successional change following ecosystem restoration. *USDA Forest Service Proceedings*.

Waltz A.E.M y W.W. Covington. 2004. Ecological Restoration Treatments Increase Butterfly Richness and abundance: mechanisms of response. *Restoration Ecology*. 12(1): 86-96.

Weibull, A.C., J. Bengtsson y E. Nohlgren. 2000. Diversity of butterflies in the agricultural landscape: the role of farming system and landscape heterogeneity. *Ecography*. 23:743-750.

Weibull, A.E., O. Ostman y A. Granqvist. 2003. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity Conservation*. 12:1335-1355.

Wood, B. y M.P. Gillman. 2014. The effects of disturbance on forest butterflies using two methods of sampling in Trinidad. *Biodiversity and Conservation*. 7: 597-616.

CAPÍTULO 4. Restauración agro-sucesional como estrategia de manejo comunitario para afrontar degradación por *P. aquilinum*: estudio de caso en una comunidad Chinanteca en Oaxaca, Mexico

4.1. INTRODUCCIÓN

El manejo de ecosistemas implica la toma de decisiones y las acciones que de ella se derivan, encaminado al logro de ciertos objetivos; consiste en organizar, planificar, dirigir los recursos disponibles, e intervienen diferentes dimensiones para conseguir los fines buscados (Meffe et al. 2002). Mediante el manejo se evita que los sistemas tomen configuraciones indeseables, generalmente con el objetivo de mantener los bienes y servicios que proveen (Walker et al. 2002). En el contexto de la propiedad social, que prevalece en las zonas forestales de Mexico (Bray, 2013), el manejo lo determinan los propietarios, lo cual lo hace participativo. Este manejo se da en un escenario donde la propiedad es de tipo social (comunal o ejidal contenida en los polígonos de núcleos agrarios (NA)) y la gobernanza sobre el territorio y diversos recursos de uso común (tierra, bosques, agua, etc.) es colectiva, siendo la asamblea el órgano máximo de toma de decisiones (Bray et al. 2012). La aplicación de dichas decisiones está a cargo del comisariado y de comités. Además se cuenta con herramientas como ordenamientos territoriales comunitarios (OTC), el trabajo colectivo (tequio o fatiga y mano vuelta), las normas o reglas establecidas, las sanciones escritas y morales que se aplican a aquellos que las transgredan (Sabás et al. 2009; Duran et al. en prens). Mediante estos medios se regula el uso, se da protección y se gestionan los bienes comunes (Boege, 2008). Cuando estos bienes son de relevancia no solo local, sino regional y global, como es el caso de los bosques, se dan formas de acción colectiva a diferentes niveles, con la participación e interés de actores externos, esto se conoce como gobernanza de múltiple-escala (Bray et al. 2012). La conservación de la diversidad biológica y la provision de otros servicios ambientales ejemplifican casos en que la gobernanza de multiple escala opera.

Cuando las acciones de manejo se hacen de manera individual, suelen generar menores beneficios que lo que se podrían obtener cuando se trabaja de manera conjunta (Ostrom, 1990; Pretty, 2003). Sin embargo, lograr la acción colectiva requiere confianza, reciprocidad, arreglos cooperativos en redes y grupos, reglas, normas y sanciones que regulen la cooperación (a esto se le conoce como capita social) (Ostrom y Ahn, 2003; Pretty, 2003).

Cuando el capital social es escaso y las relaciones sociales resultan conflictivas o se violentan, el manejo de los bienes colectivos se dificulta y a su vez esto repercute de manera negativa en los recursos, incluso es posible que los recursos se pierdan o agoten (Boege, 2008; Merino y Martínez, 2014). Con frecuencia se dan situaciones en las que un individuo o un grupo de individuos, pueden tener un conflicto potencial entre el interés común y el interés de cada uno, a esto se le llama dilemas de acción colectiva, lo cual puede derivar en la elección de estrategias de corto plazo, maximizadoras, que dejan a los involucrados en una peor situación que si hubieran tomado otras opciones disponibles (Ostrom y Ahn, 2003).

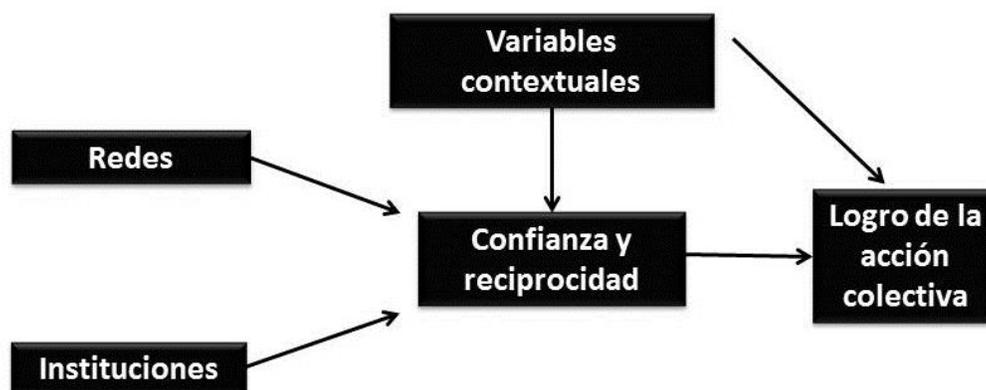


Figura 4.1. Formas de capital social y su vinculación con el logro de la acción colectiva (Ostrom y Ahn, 2003).

Sin embargo, la acción colectiva no depende únicamente del capital social. Son varios los factores que determinan la capacidad de las comunidades de articular el trabajo colectivo, en especial la gobernanza y el manejo de los bienes comunes. En el manejo tradicional comunitario (MTC) los actores principales son los campesinos y sus grupos domésticos-familiares, los cuales tendrán incidencia en la toma de decisiones y acciones colectivas relacionadas con sus recursos (Sabás et al. 2009). Las decisiones y acciones de manejo (incluyendo la acción colectiva) se dan en un complejo contexto de la vida cotidiana, a partir de conocimiento tradicional, la experiencia de los usuarios de los recursos (particularmente de los expertos locales) (corpus), las prácticas culturales, la cosmovisión (cosmos, visión integrada y holística que una sociedad maneja para explicarse el origen y sentido, histórico y actual, de su mundo (Monroe, 2014) y el conjunto de prácticas productivas (praxis) y por las realidades específicas de cada comunidad (Berkes, et al, 1995, Berkes y Folke, 1998; Berkes et al. 2000; Toledo, 2000). De ahí que, entender las prácticas de comunidades/ejidotes en el manejo de los recursos naturales y la manera de cómo perciben y enfrentan sus relaciones

con el medio ambiente, natural y social implica considerar múltiples aspectos, que inciden tanto del hogar como en la comunidad (Gerritsen, 2010; Sabás et al. 2009).

Este capítulo busca contribuir a la comprensión de como distintos factores intervienen en la restauración participativa en el contexto del manejo comunitario y la acción colectiva. Por ello este trabajo tiene como objetivos: 1) analizar las ventajas y limitantes para transitar de una restauración implementada como iniciativa familiar y de pequeña escala a una restauración colectiva con impacto a nivel del núcleo agrario, 2) emplear la restauración agro-sucesional realizada en SPT y los factores que intervienen en la toma de decisiones como base para proponer un estrategia de manejo comunitario para la restauración de áreas afectadas por helecho invasivo.

4.2. MÉTODOS

Para abordar las ventajas y limitantes para transitar de una restauración efectuada como iniciativa familiar y de pequeña escala a una restauración colectiva se retomó la información generada en el capítulo 2 a partir de una entrevista acerca de la percepción y conocimiento sobre la invasión de *P. aquilinum*, y las estrategias de restauración, los factores que influyen en su implementación y los beneficios que genera. Esto se complementó con la información obtenida en dos talleres participativos en los cuales la gente de la comunidad que esta realizando restauración o que tiene interés en ella discutió el potencial de implementar acción colectiva a nivel de toda la comunidad para restaurar las áreas degradadas por el helecho invasivo. El primer taller abordó el tema mediante tres preguntas: 1)¿Por qué hacer la restauración de áreas invadidas por helecho?, 2)¿Qué hacer para lograr la restauración?, 3) ¿Dónde consideran que hay mas problema de invasión? En el segundo taller se propuso someter un proyecto de restauración participativa ante CONAFOR. La propuesta preliminar consistió en un proyecto de restauración participativa con una duración de 3 años, durante los cuales se implementaría restauración agro-sucesional en 50 hectáreas (ver Anexo en el cual se incluyen las propuestas de la estrategia de manejo comunitario).

4.3. RESULTADOS

Restauración como actividad familiar. La mayor parte de los campesinos entrevistados (97.4%) reconocieron la invasión de *P. aquilinum* como un problema productivo, el cual

relacionaron a un mal manejo de parcelas agrícolas y consideraron que solucionarlo correspondía al “dueño” de la parcela no a la comunidad. Otro caso fue el de tierras sin potencial productivo, donde la invasión de helecho se debía a derrumbes o incendios. En este último caso la restauración no era posible (debido a lo inaccesible del terreno).

La restauración de parcelas invadidas por helecho se desarrolla de manera familiar (el 88.7%) y a pequeña escala (el tamaño de las áreas restauradas va de 100 m² a 2.5 ha dependiendo del número de participantes). En una pequeña proporción (10.7%) también participan otras personas como vecinos (mano vuelta o a cambio de recibir parte de lo que se coseche, por ejemplo piñas o yucas) y en un solo caso se mencionó el pago de jornales para rozar.

El 34% de los campesinos que han restaurado consideran que la opinión de las demás personas del pueblo acerca de esta actividad no es favorable, algunos de los comentarios que han escuchado son: “es una pérdida de tiempo”, “que lo hagan los que no tienen acahual, eso les pasa por no cuidar su acahual”, “a ver si aguantan”, “es mucho trabajo”, “nadie realmente ha logrado trabajar donde está muy lleno de helecho”, “para qué lo hacen si ya no se da nada ahí”. El 26% percibe una opinión positiva con expresiones como: “que bueno que lo hagan”, “ojalá acaben con el helecho”, “que bueno porque nos podrán vender una piña”, “van a poder tener un acahual”, “está bien pero que siembren pino”. El 40% desconoce cuál es la opinión acerca de sus actividades de restauración.

Las principales necesidades a las que responde esta actividad fueron: 1) sembrar (74%) y 2) establecer un potrero (26%) (el cual enriquecen con árboles frutales). A pesar de que en su mayor parte los campesinos han logrado reestablecer la capacidad productiva de sus parcelas invadidas (89%) y obtenido diversos beneficios (diversificación de alimentos, leña, quelites, disponer de lugares donde cultivar cercanos al pueblo, disponibilidad de potreros). No obstante, los campesinos enfrentan diversos dilemas y problemas al realizar la restauración (Tabla 4.1.):

1) “El tiempo y trabajo invertido en restauración se lo quito a mi milpa”. Los campesinos dedican la mayor parte de su tiempo y esfuerzo a la milpa, ya que de ella depende la alimentación de su familia. Para la milpa ocupan extensiones de 1 a 5 hectáreas (comparadas con las de restauración 0.1 a 2.5 hectárea), la cual trabajan con otros (generalmente parientes o gente de confianza). Si el maíz no se da bien, tendrán que comprarlo, por ello deben asegurar buenas cosechas. Comprar maíz resulta problemático debido a las limitadas fuentes de ingreso que hay en la comunidad (el café que era la principal actividad de ingreso, sufrió

una caída drástica en 2015 debido a la roya). La escasez de maíz también afecta diversos aspectos de la vida, por ejemplo, el número de gallinas que pueden criar.

2) “Si restauro una parcela será mucho esfuerzo y la producción será menor que si trabajo un acahual”. La relación costo-beneficio hace que la restauración tenga una importancia secundaria dentro de las actividades productivas en SPT. Los beneficios que provee son limitados (de ella no depende por completo ni la producción de comida, ni el ingreso) y la inversión de trabajo y tiempo que requiere es grande. Además gran parte de los beneficios que provee la restauración son a mediano y largo plazo.

3) La restauración no es una actividad que represente ingresos económicos directos, lo cual dificulta el pago de jornales si quisiera hacerse a mayor escala. La venta de los productos obtenidos de una parcela restaurada es poco frecuente y solo de venta local. Trasladar los productos a otras comunidades no es redituable, los precios de los productos (piña, yuca, nanches, etc.) son relativamente bajos en el mercado y transportarlos es difícil y costoso (el camino por recorrer es largo, no transitan vehículos, solo mulas, lo cual lo hace difícil y caro).

4) “Si trabajo parcelas invadidas de helecho me arriesgo a provocar un incendio, afectaré el bosque y además seré sancionado o mal visto por la comunidad”, la gran acumulación de frondas secas, hace que en la mayoría de los casos resulte riesgoso hacer la quema. Para evitar cualquier complicación deben establecer guardarraya, lo cual incrementa el trabajo.

4) “yo cuido mis parcelas para que no se llenen de helecho, pero mi vecino no lo hace y mi parcela siempre está propensa a volverse a invadir, entonces para que la limpió”.

Todos estos conflictos, se suman a otros que complican la situación de los campesinos de SPT, tales como las alteraciones en los patrones del tiempo afectan su milpa, los campesinos señalan que las lluvias atípicas provocan que los rozos no se sequen y no se quemen adecuadamente (lo cual impacta la productividad), o bien la escasez de lluvia afecta el crecimiento de la milpa. Por otra parte, durante el periodo de estudio los campesinos se enfrentaron a al problema de roya en los cafetales (el cultivo que genera el principal ingreso económico). A pesar de las limitaciones de la restauración, la mayor parte de los entrevistados preferiría (97%), ver bosque o cultivos en vez de helecho en las áreas invadidas. De estos, 37% mencionó específicamente su deseo de ver pinos ocotes en esas áreas, ya que sirven para la comunidad y “los hijos los podrán aprovechar”. Además de que consideran estos árboles (*Pinus chiapensis*) adecuados para la restauración si se hace de manera comunitaria.

Tabla 4.1. Factores que promueven e inhiben la restauración.

Factores que promueven la restauración	Factores que inhiben la restauración
Necesidad de tener lugares donde sembrar, producción de comida, principalmente maíz.	Mayor grado de dificultad del trabajo en zonas invadidas por helecho que en acahuales.
Necesidad de abrir potreros para sus bestias, en lugares cercanos y con poca pendiente.	Fertilidad del suelo afectada por la presencia del helecho. Producción baja comparada con la del acahual.
Diversificación de productos en lugares cercanos al pueblo.	Riesgo de incendio, necesidad de realizar guardarraya lo cual incrementa el trabajo.
Escasez de acahuales donde hacer la rotación de la siembra.	Presencia de serpientes venenosas
Acahuales para milpa distantes al pueblo, posibilidad de tener lugares donde sembrar cerca del pueblo.	Imposibilidad de vender los productos que se generan de la restauración agrosucesional.
Cuentan con las instituciones y gobernanza para realizar la restauración	Falta de tiempo y mano de obra. Dificultad de pagar jornales.
	Tener acahuales disponibles donde sembrar.
	Los mayores beneficios son a mediano y largo plazo.
	Necesidad de ingresos a corto plazo.
	Falta de consenso acerca del papel de la restauración y la invasión de helecho como un problema de degradación.

El 81.8% de los entrevistados opinó que sería útil recibir algún tipo de incentivo económico para poder realizar la restauración y el 18.2% considera que es obligación del “dueño” de la parcela cubrir los gastos y realizar el trabajo.

De los que consideran útil recibir un incentivo, el 77.4% opinó que el pago debía hacerse por jornal (\$200 a \$300 por día) y el 32.3% por hectárea trabajada por año (\$1 000.00 a \$10 000.00, una sola persona mencionó \$50000), el resto dijo que no saber cómo debería ser el pago. La mayor parte (84%) piensa que el apoyo económico debería provenir de una dependencia de gobierno a través de algún programa o proyecto, el 6.5% opina que de empresas u organizaciones, el resto no sabe quién podría hacerlo.

Considerando que la mayoría de los entrevistados opinó que sería bueno recibir algún tipo de incentivo o participar en algún proyecto, se elaboró una propuesta de restauración (Anexo) para ser sometida ante CONAFOR dentro del “Programa de compensación ambiental por cambio de uso del suelo en terrenos forestales” (<http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/tramites-y-servicios/apoyos/compensacion-ambiental/areas-prioritarias>). La propuesta se presentó ante asamblea, pero la comunidad no la aceptó.

Algunas de las razones que pudieron influir para no involucrarse en el proyecto fueron:

- 1) No hubo consenso entre los comuneros acerca de que la invasión de helecho (*P. aquilinum*) sea un problema de interés general para la comunidad. No lo reconocen como un problema que afecte al bosque y su conservación. Por ello no todos los comuneros tienen interés en participar en acciones de restauración.
- 2) División de la comunidad. Existen diferentes conflictos internos dentro de la comunidad acerca de la postura que debe tomarse en cuanto a los proyectos y la relación con entidades gubernamentales. También con respecto a la elección de la consultoría (asociación civil) que los asesora.
- 3) Desconfianza en los programas, instituciones gubernamentales y academia. Aún existe cierto temor a perder sus tierras o no poder decidir sobre ellas y el bosque. Algunos consideran que si en las áreas restauradas (que son originalmente de uso agrícola) se recupera el bosque (aún estados secundarios) a partir de subsidios provenientes de CONAFOR, ya no podrán reincorporarlas al ciclo agrícola y se convertirán en lugares donde no podrían cultivar (“no tocar”).
- 4) Desconfianza interna. Se expresó preocupación de que algunos miembros de la comunidad no cumplieran con la parte que les corresponda de proponerse como un proyecto colectivo. Por tanto prefieren trabajar solo con familiares o gente de confianza.
- 5) Incentivos. La cantidad por hectárea fue considerada insuficiente.
- 6) Falta de apropiación del proyecto. Aunque la propuesta se hizo con base en las entrevistas realizadas a los campesinos y un taller participativo, no se logró una completa apropiación local de esta.
- 7) Falta de diálogo con las asociaciones, instituciones académicas y gobierno.

4.4. DISCUSIÓN

La comunidad ha vivido un proceso histórico de cuando menos dos décadas de experimentar el interés externo por la conservación de la biodiversidad del bosque (Molina 2011), pero esa experiencia no ha ocurrido con el problema de degradación que recién en 2010 se consideraba parte de los procesos naturales del paisaje (Berget 2012).

Aún, la invasión de helecho no es totalmente reconocida en la comunidad de SPT como un problema de degradación que afecte al bosque (el cual constituye un bien de manejo común) y por tanto no se ha considerado un asunto que deba abordarse de manera colectiva, ni multiescala. La invasión de *P. aquilinum* es considerada un problema productivo que compete al “dueño” de la parcela, por tanto, la restauración se realiza de manera familiar y a pequeña escala. A pesar de que los campesinos cuentan con el conocimiento tradicional y la experiencia para lograr la restauración, ésta no siempre es la opción más favorable, ya que requiere gran inversión de tiempo y trabajo, y los beneficios a corto plazo son limitados. La economía de gran parte de las familias rurales depende de la diversificación de actividades, ya que una sola labor resulta insuficiente para proporcionar sustento e ingreso a lo largo del todo el año (Merino y Martínez, 2014). Esto hace que la restauración tenga una importancia secundaria, y que el tiempo y trabajo invertido en ella implique sacrificar otras actividades (cuidado de la milpa o cafetal, etc.). Además, generalmente se concentran en aquellas labores que pueden generar alimentos o ingresos monetarios a corto plazo (Edouard et al. 2004).

La restauración al hacerse de manera individual suele generar altos costos y menores beneficios que los que se podrían obtener cuando se trabaja de manera conjunta (Ostrom, 2000; Pretty, 2003). Al trabajar colectivamente disminuiría la cantidad de tiempo y trabajo que cada uno de los participantes tendría que invertir, así como las pérdidas (en el caso de que la restauración no alcance las metas deseadas o en caso de que suceda una contingencia como un incendio) (Tabla 4.2.). De ahí la importancia de promover la restauración mediante acción colectiva y el establecimiento de normas para el control preventivo del helecho. Otro aspecto relevante que podría motivar la restauración entre los campesinos, sería la incorporación de esta a los programas de conservación “formales” en los que la comunidad ya participa. Esto puede representar una alternativa de ingresos (Bray et al. 2012), así como favorecer y potencializar los múltiples beneficios que dicha actividad provee (ecológicos y sociales). Para ello se requiere, difundir las actividades y estrategias que las comunidades realizan como parte de su manejo tradicional y sustentable, las cuales representan alternativas viables para afrontar problemas ambientales no solo localmente sino en todo el país. Esto cobra

importancia, ya que la restauración, especialmente cuando se enfoca en aspectos productivos como es el caso de la restauración agro-sucesional, ha sido poco reconocida por las dependencias y la academia. A diferencia de la reforestación la cual es una práctica muy extendida y que posee diversas formas de financiamiento gubernamental (Merino, 2012), la restauración suele ser subestimada y los incentivos por lo general son mucho menores del costo real de la restauración (Edwards y Abivardi, 1998; Ceccon, 2013), lo cual desalienta los esfuerzos de los campesinos.

Tabla 4.2. Beneficios y desventajas de la restauración a nivel individual/familiar y de forma colectiva comunitaria.

Individual	Comunal
Satisfacción directa y a corto plazo de algunas necesidades.	Mayor posibilidad de logro de metas en el manejo.
El campesino decide directamente dónde, cómo y cuándo.	Disminución de la cantidad de tiempo y trabajo que cada uno de los participantes invierte.
	Beneficios a más personas y con mayores alcances.
	Acceso a incentivos y programas gubernamentales.
	Posibilidad de establecer normas encaminadas a prevenir la invasión de helecho.

El trabajo colectivo y la gobernanza multiescala enfocados a la restauración pueden traer mayores beneficios para todos los participantes pero también representan un gran desafío. Los conflictos dentro de las comunidades (como es el caso de SPT) vulnera la confianza y afecta la capacidad de establecer acuerdos y consensos, dentro y fuera de la comunidad. No obstante, los conflictos son parte normal de la dinámica de la vida comunitaria, producto de las distintas posiciones e intereses de los habitantes (Merino y Martínez, 2014). Las comunidades han demostrado poseer mecanismos de solución de conflictos (aunque esto

pueda tomar largos periodos de discusiones y negociaciones) los cuales están soportados por las robustas instituciones y la gobernanza.

También se requiere, el trabajo conjunto de las comunidades con actores externos, tanto con dependencias, asociaciones civiles, academia (gobernanza multinivel Bray et al. 2012), en el cual se establezca un diálogo horizontal, en un ambiente de reconocimiento y respeto mutuo, en el cual se valore el conocimiento tradicional y la experiencia de los campesinos, así como sus necesidades, su autonomía, su cultura e identidad. De esta forma fortalecer las instituciones comunitarias de gestión colectiva, promover la autogestión y el desarrollo de la economía endógena. En el caso de la restauración su éxito dependerá de la coordinación efectiva de los actores involucrados, lo cual requiere voluntad, trabajo y un proceso largo de aprendizaje.

4.5. LITERATURA CITADA

Aguilar-Dorantes, K., K. Mehlreter, H. Vibrans, M. Mata-Rosas y V.A. Esqueda-Esquivel. 2014. Repeated Selective Cutting Controls Neotropical Bracken (*Pteridium arachnoideum*) and Restores Abandoned Pastures. *Invasive Plant Science and Management* 7:580–589.

Berget, C. 2012. Invasion of Bracken Fern in Southern Mexico: Local Knowledge and Perceptions in Two Indigenous Communities in the Chinantla Region, Oaxaca, Mexico. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Environmental Studies. Florida International University.

Berget, C. E. Durán y D.B. Bray. 2015. Participatory Restoration of Degraded Agricultural Areas Invaded by Bracken Fern (*Pteridium aquilinum*) and Conservation in the Chinantla Region, Oaxaca, Mexico. *Human Ecology*. 43:547–558

Berkes F. y C. Folke. 1998. Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. En: Berkes F. y Folke (Eds.). *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press.U.K. 459 pp.

Boege, E. 2008. El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrodiversidad en los territorios indígenas. Instituto Nacional de Antropología e Historia-Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.

Bray, D., E. Durán y O. Molina-González. 2012. Beyond harvest in the commons: multi-scale governance and turbulence in indigenous/community conserved areas in Oaxaca Mexico. *International Journal of the Commons*. 6(2):151-178.

Bray, D. 2013. When the State Supplies the Commons: Origins, Changes, and Design of Mexico's Common Property Regime. *Journal of Latin American Geography* 12(1):33-55.

Bullock, J.M., J. Aronson, A.C. Newton, R.F. Pywell y J.M. Rey-Benayas. 2011. Trends Ecology and Evolution. 26(10):541-549.

CONAFOR.2010. Prácticas de reforestación. Manual básico. CONAFOR-SEMARNAT.

Choi, Y. 2007. Restoration Ecology to the future: a call for a new paradigm. Restoration ecology. 15(2): 351-353

Dale, V.H. y S.C. Beyeler. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. Ecological Indicators 1: 3-10.

DellaSala, D.A., A. Martin, R. Spivak, T. Schulke, B. Bird, M. Criley, C. van Daalen, J.

Kreilick, R. Brown y G. G. Aplet. 2003. A citizen's call for ecological forest Restoration: Forest Restoration Principles and Criteria. Ecological Restoration. 21(1):14-23.

Douterlunge, D., E. Thomas y S. I. Levy-Tacher. 2013. Fast-growing pioneer tree stands as a rapid and effective strategy for bracken elimination in the Neotropics. Journal of Applied Ecology. 50(5):1257-1265.

Edouard, F., J. Jiménez y M. Cid. 2004. Restauración de áreas invadidas por copetate en la región de la Chinantla, Oaxaca, México. Revista de Agroecología. 34-37.

Ferris, R. y J.W. Humphrey. A review of potential biodiversity indicators for application in British forest. 1999. Forestry.72(4):313-328.

Gerritsen, P. 2010. Perspectivas campesinas sobre el manejo de los recursos naturales. Mundiprensa-Universidad de Guadalajara-Centro Universitario de la Costa Sur.

Herrick, J. E.,G. E. Schumanb y A. Rango. 2006. Monitoring ecological processes for restoration projects. Journal for Nature Conservation 14: 161—171.

Meffe, G., L. Nielsen, R. Knight y D. Schenborn. 2002. Ecosystem Management. Adaptive, community-based, conservation. Island Press.

Merino, L.P. y A. E. Martínez. 2014. A vuelo de pájaro: las condiciones de las comunidades con bosques templados en México. CONABIO.

Monroe, J. 2014. Procesos sociales y la construcción de tecnología. La experiencias de soluciones prácticas. Apuntes de InvestigAcción. 2:1-14.

Montagnini, F., A. Suárez-Islas y M.R. Araujo-Santana, 2008. Participatory approaches to ecological restoration in Hidalgo, México. Bois et Forests des Tropiques. 295(1):5-20.

Ostrom, E. y T. Ahn. 2003. Una perspectiva del capital social desde las ciencias sociales: capital social y acción colectiva. Revista Mexicana De Sociología. 65(1):155-233.

Ostrom, E. 2000. El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva. UNAM-Fondo de Cultura Económica.

Palmer M.A., E.S. Bernhardt, J. D. Allan, P.S. Lake, G. Alexander, S. Brooks, J. Carr, S. Clayton, C. N. Dahm, J. Follstad Shah, D. L. Galat, S. G. Loss, P. Goodwin, D.D. Hart, B.

Hassett, R. Jenkinson, G.M. Kondolf, R. Lave, J.L. Meyer, T.K. O'donnell, L. Pagano y E. Sudduth. 2005. Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*. 42: 208–217.

Pretty, J. 2003. Social capital and the collective management of resources. *Science*, 302(5652):1912-1914.

Sabás A.V., I. Vizcarra-Bordi, E. Quintanar y B. Lutz. 2009. Heterogeneidad en las prácticas agrarias como estrategia de adaptación a los procesos globales. Caso de Santa Cruz (Chilapa, Guerrero, México). *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales*. 50:79-109.

Schneider y Geoghegan, 2006. Land Abandonment in an Agricultural Frontier After a Plant Invasion: The Case of Bracken Fern in Southern Yucatán, Mexico. *Agricultural and Resource Economics Review*. 35(1):167-177.

Schneider, L. 2013. Helechos “malhechos” en sistemas agrícolas. *Ecofronteras*. 47:4-6.

Suazo-Ortuño, I. L. Lopez-Toledo, J. Alvarado-Díaz y M. Martínez-Ramos. 2015. Land-use Change Dynamics, Soil Type and Species Forming Mono-dominant Patches: the Case of *Pteridium aquilinum* in a Neotropical Rain Forest Region. *Biotropica*. 47(1): 18–26.

Uprety, Y., H. Asselin, Y. Bergeron, F. Doyon y J.F. Boucher. 2012. Contribution of traditional knowledge to ecological restoration: practices and applications. *Ecosceince*. 19(3):225-237.

Walker, B., S. Carpenter, J. Anderies, N. Abel, G. Cumming, M. Janssen, L. Lebel, J. Norberg, G. D. Peterson, R. Pritchard. 2002. Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach. *Conservation Ecology* 6(1): 14.

Anexo 1. Entrevista aplicada a pobladores de San Pedro Tlatepusco



Proyecto: Implicaciones ecológicas y sociales de la restauración de áreas degradadas por helecho invasivo
(*Pteridium aquilinum*), en San Pedro Tlatepusco, Oaxaca, México

No. _____ Fecha: _____ Encuestador: _____

PRESENTACIÓN

Gracias por permitirme presentarme, soy Licet Olguín Hernández estudiante de maestría de CIIDIR-Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional. Esta entrevista pretende obtener información acerca de las actividades de combate de helecho invasivo (*Pteridium aquilinum*) que ustedes en la comunidad de San Pedro Tlatepusco realizan y reconocer el conocimiento que tienen acerca de esta planta. La información recabada será manejada exclusivamente con fines académicos y de investigación. Los resultados del estudio se presentarán a la Asamblea cuando este trabajo se concluya, además se hará entrega de material de divulgación que generaremos. De antemano agradezco su tiempo y disposición para responder a las siguientes preguntas.

¿Acepta usted ser entrevistado? SÍ____ NO____ Solo para no perder información que usted me dé por si no logro anotar me Permitiría que se grabara su entrevista? SÍ____ NO____ .

Observaciones:

1. ¿Habla español? SÍ____ NO____
2. ¿Se requirió traductor? SÍ____ NO____
3. Datos del traductor:
Nombre: _____
Edad:____ Escolaridad:_____ Parentesco:_____
4. Sexo: H____ M____

SECCIÓN 1. Datos generales

5. Me podría decir su nombre (opcional) _____
6. ¿Podría decirme en qué año nació? _____ Edad _____ (años)
7. ¿Podría decirme si sabe leer y escribir? Sí _____ No _____
8. ¿Podría decirme hasta qué grado terminó de la escuela?
Escolaridad: Primaria: _____ Secundaria _____ Preparatoria _____ Profesional: _____
9. Me podría decir ¿Dónde nació? _____
10. En caso de que no haya nacido en la comunidad Podría decirme ¿Cuántos años lleva viviendo aquí? _____
11. ¿Usted ha pasado tiempo radicando/viviendo fuera de la comunidad? Sí _____ NO _____
12. En caso de que haya salido de la comunidad ¿Me podría decir dónde radicó o a dónde fue? A otro estado _____ ¿cuál? _____
A otro país: _____ ¿cuál? _____
13. Cuando Usted estuvo fuera de la comunidad ¿Por cuánto tiempo se fue? _____ Semanas _____ Meses _____ Años _____
14. ¿Usted es comunero? Sí _____ NO _____
15. ¿Desde hace cuánto tiempo Usted es comunero? _____ Semanas _____ Meses _____ Años _____
16. Me podría decir ¿cuál es su ocupación? _____
17. ¿Usted ha tenido algún cargo en la comunidad? Sí _____ NO _____
18. Podría mencionarme los últimos tres cargos que ha tenido en la Comunidad

CARGO	Me podría decir ¿en qué periodo fue _____?
1.	
2.	
3.	

19. Podría mencionarme sus tres principales fuentes de ingreso:

Fuente de ingreso	
1er fuente	
2ª. Fuente	
3ª fuente	

- a) Venta Café
b) Apoyos de gobierno

- c) Venta de productos de la milpa

- d) Remesas: dinero que le envían de otro lado: ya sea de otro país (p.ej. EU) o de otra ciudad (cuál)
- e) Venta de miel

- f) Ganado
- g) Pagos por conservación/Guía

NOTA: Mostrar y decir a esta planta me voy a referir como helecho invasivo en el resto de la entrevista

SECCIÓN 2. Conocimiento y Percepción del helecho invasivo

20. ¿Cómo le llaman a esta planta (mostrar fotografía del helecho *Pteridium*) en Chinanteco? _____
21. ¿Cómo le llaman en **español o Chinanteco** a los parajes dónde hay este tipo de helecho?

22. ¿Podría decirme si sabe hace cuánto está presente el helecho invasivo en los terrenos de su comunidad (le voy a dar unas opciones)?
Menos de 10 años _____ Entre 10-50 años: _____ Entre 50 y 100 años: _____ Más de 100 años: _____
23. Desde que Usted se acuerda, las áreas de helecho en su comunidad se han:
Incrementado _____ Disminuido _____ No han cambiado _____
24. Me podría decir ¿cuántas hectáreas de su comunidad piensa que están invadidas por este tipo de helecho? _____
Menos de 100 _____ De 100 a 300 ha _____ Más de 400 ha _____
25. ¿Usted sabe cómo nace este helecho (le voy a mencionar unas opciones)?
Nace por semilla _____ Nace enterrando una rama o una hoja _____ Aparece solo _____ No sé _____
Otra idea que tenga Usted _____
26. Podría decirme ¿cuánto tiempo vive una planta de este helecho? Le voy a mencionar unas opciones.
Vive < un año _____ Vive entre 1 a 10 años _____ Vive más de 10 años _____ Nunca se muere _____
27. ¿Usted conoce algo que de MANERA NATURAL mate o destruya, o se coma a este helecho? SÍ _____ NO _____
28. En caso afirmativo podría decirme ¿qué mata, destruye o se come a este helecho? _____
29. ¿Usted considera que el helecho invasivo es un problema en la comunidad? SÍ _____ NO _____
30. En caso de ser afirmativa la respuesta anterior. Me podría decir ¿usted por qué considera que es un problema?

31. Me podría decir si ¿el helecho invasivo tiene algún uso en su comunidad? SÍ___ NO ___

32. En caso de que SÍ, me podría decir como usan el helecho en su comunidad:

Alimento para la gente ___ Alimento para vacas y mulas___ Alimento para los animales del monte___ Otros uso (leña, ornato, otros)
Medicinal

SECCIÓN 4. Acciones de recuperación de áreas invadidas por helecho

Ahora en esta sección me gustaría conocer más de las parcelas que están invadidas por helecho y aquellas que se han limpiado.

Recuerde que cuando me refiero a parcelas invadidas con helecho es porque esta planta predomina, no que solo unas cuantas nazcan, sino que esté llena de helecho.

33. Primero quisiera saber si Usted ¿Tiene **parcelas invadidas de helecho**? SÍ___ NO___

34. En caso afirmativo ¿podría decirme cuántas? _____

35. Ahora le voy a hacer unas preguntas sobre esa(s) parcela(s)

Parcela	¿Cómo se llama el paraje dónde está la parcela #__?	Qué superficie tiene la parcela del paraje __	Me puede decir ¿qué había antes de que invadiera el helecho en el área donde está la parcela _____?	Me podría decir ¿hace cuántos años la parcela está invadida por helecho?	¿Por qué piensa que se llenó de helecho el sitio y NO de acahual?
1					
2					
3					
4					
5					

Ahora quisiera saber de las parcelas en las que se ha limpiado o removido el helecho

SOBRE REMOCION DE HELECHO EN AREAS INVADIDAS

36. Me podría decir si usted tiene parcelas donde haya limpiado/cortado el helecho? SI ____ No ____ (Si la respuesta es no, pasar a la pregunta 20)

37. ¿Podría decirme cuántas parcelas ha limpiado? _____

38. Para cada parcela donde haya removido/limpiado helecho podría indicarme lo siguiente:

Parcela	¿Me podría decir cómo se llama el paraje dónde está la parcela ____?	De qué tamaño es la parcela donde limpió/cortó el helecho	Hace cuantos años (o meses) limpiar la parcela de _____paraje?	Me podría decir ¿por qué decidió limpiar de helecho la parcela? a) Para cultivar b) Para que se desarrolle acahual c) Para sembrar árboles d) Para usarla como potrero e) Para abrir camino/brecha f) Con algún otro propósito	Podría Usted decirme ¿Por qué eligió el sitio donde está la parcela? a) Porque está cerca del pueblo b) Porque tiene buen suelo c) Porque no tenía otro sitio para trabajar d) Alguna otra razón (mencionar)	Podría Usted decirme ¿Quién participo en la limpieza de esta parcela? a) Solo usted b) Un amigo o vecino c) Su familia d) Otros (mencionar)	Me podría decir ¿Qué hay ahora en la parcela donde limpio el helecho? a) Cultivo b) Potrero c) Está invadida por helecho otra vez d) Abejas e) Acahual f) Bosque/monte g) Otro (mencionar)
1							
2							
3							

39. En el caso de que NO haya limpiado parcelas en áreas con helecho. Me podría decir ¿por qué no ha limpiado parcelas con helecho?

Porque no tengo tiempo____ Porque es difícil____ Porque es peligroso____ Porque no tengo quien me ayude____ Porque casi no produce____
Otra razón (describirla) _____

40. En caso de que NO haya limpiado parcelas de helecho. Me podría decir ¿usted qué opina de los que Sí han limpiado parcelas en las áreas con helecho?

41. En caso de que sí haya limpiado parcelas invadidas por helecho. Me podría describir cuáles fueron los pasos que siguió para limpiar/remover el helecho de la parcela del paraje_____ (Narrativo)

Nombre del paraje, quién(es)
 Cuántas personas participaron
 Cuánto tiempo tardó
 ¿cómo escogió el sitio?

¿Qué material utilizó?
 ¿cómo evita que retoñe?
 ¿Cómo lo hizo? ¿Quemó? ¿Utilizó herbicidas? ¿Sombreo? ¿metió animales?

42. Podría usted indicarme el grado de dificultad que tiene hacer las siguientes actividades:

	¿Qué tan difícil es?					¿Por qué?
	Muy fácil	Fácil	Más o menos	Difícil	Muy difícil	
Rozar acahuales						
Rozar bosque						
Cortar /remover_/limpiar el helecho invasivo						

43. Yo sé que ninguno es fácil, pero comparativamente dígame como ordenaría los tres casos (rozar acahuales, rozar bosque, limpiar helecho):

Más fácil	Mas menos	Más difícil

44. ¿Me podría decir si Usted considera que es posible recuperar todas las áreas de su comunidad que actualmente ya están invadidas por helecho? Sí___ NO___
45. En caso de que la comunidad pudiera remover/quitar el helecho de las áreas que ahora están invadidas por esta planta ¿usted qué preferiría que hubiera y por qué? _____

NOTA: En caso de que la respuesta haya sido **CULTIVO** hacer las preguntas de este apartado al entrevistado.

SOBRE CULTIVOS EN ÁREAS INVADIDAS POR HELECHO

46. Ahora quisiera saber acerca de los cultivos que tienen en la parcela _____ que limpió en las áreas invadidas por helecho. Le haré una preguntas

A. Me podría decir qué cultivos o plantas tiene en esa parcela que limpió?	B. Me podría decir ¿Por qué eligió sembrar _____(mencionar cultivo)?	C. Me podría decir ¿ya cosechó? Sí_ NO___ Si dijo NO saltar a la pregunta F	D. Me podría decir ¿Cómo fue la cosecha? No se dio Fue Mala Fue Regular Fue Buena	E. Me podría decir ¿Por qué cree que la cosecha fue (mala, regular, buena) ?	Si aún no ha cosechado o ¿Hace cuánto tiempo sembró _____?	F. Sí no ha cosechado o ¿cómo le va a su cultivo? Bien Regular Mal	H. Me podría decir ¿qué hizo para que ya no creciera el helecho mientras se desarrollaba/ desarrolla su cultivo?	I. Me podría decir ¿Cómo es la cosecha de _____ comparada con las parcelas donde rozo acahual? (le voy a dar opciones) Igual Menor Mayor
Maíz								
Frijol								
Yuca								
Piña								
Caña								
frutales								
Árboles no frutales								
Otros								

47. Para la siembra de la milpa ustedes tienen un calendario agrícola; es decir, tienen fechas de cuando rozan, cuando queman, cuando limpian, cuando pizcan. Me podría decir si existe algo similar para limpiar y cultivar en parcelas que se encuentran en invadidas por helecho? Sí____
No____

48. Si tiene ese calendario para trabajar en áreas con helecho, ¿me lo podría describir?

49. Del total de su cosecha de _____ de la parcela que limpió y cultivó en área invadida por helecho me podría decir cómo usó la cosecha

	Podría decirme si uso la cosecha para (le voy a dar opciones): a) Consumo familiar b) Venta c) La regaló	Me podría indicar el porcentaje que uso para consumo, que vendió o que regaló
Maíz		
Frijol		
Yuca		
Piña		
Caña		
frutales		
Árboles frutales no		
Otros		

50. Después que cosechó, me podría contar ¿qué ha pasado con esa parcela?_____

La dejó en descanso____ Metió ganado para que limpiaran los restos del cultivo_____

Volvió a sembrar un cultivo ¿cuál?____ Sembró árboles ¿cuáles? _____

Otros (mencionar) _____

51. Si está en descanso, me podría indicar si piensa a volver a sembrarla o planea darle otro uso a su parcela_____

Ahora vamos a hablar del ganado en las áreas invadidas por helecho

SOBRE LA GANADERIA EN AREAS INVADIDAS POR HELECHO

52. ¿Cuáles animales ha criado o mantenido en las áreas que previamente se encontraron invadidas por helecho?

53. De los animales que usted tiene en las áreas que previamente se encontraron invadidas por helecho podría indicarme lo siguiente:

Animal	Si Crecen... a)bien b)regular c)mal	¿Se enferman?		En caso afirmativo ¿De qué se enferman?
		Si	NO	
Mulas				
Vacas				
Borregos				
Abejas				
Otro (indicar que)				

54. Me podría decir ¿por qué decidió criar o mantener animales y NO sembrar algún cultivo en las áreas que previamente se encontraron invadidas por helecho? _____

- Porque el suelo no era bueno para cultivar ____
- Porque requería un potrero para mis animales ____
- Porque es buen lugar para los animales ____
- Porque está cerca ____
- Porque la mula come bien el helecho tierno y el camalote ____
- Puede mencionar alguna otra razón _____

55. Me podría decir ¿qué beneficio le genera el criar o mantener animales en las áreas que previamente se encontraron invadidas por helecho?

- _____
- _____ Me dan un servicio (cargan, en caso de las mulas) ¿cuál? _____
- _____ Me dan una ganancia monetaria
- _____ Me dan un producto que puedo consumir (p.e. miel) ¿cuál? _____
- _____ Me dan un producto que puedo vender (p.e. miel o carne) ¿cuál? _____
- _____ Otros _____

Ahora quisiera saber de

OTROS PRODUCTOS QUE OBTIENE DE LA PARCELA QUE LIMPIÓ ADEMÁS DEL CULTIVO O GANADO

56. Me podría decir si obtiene otros productos de la parcelas que previamente se encontraron invadidas por helecho y que usted limpió? Sí_ NO__

57. ¿Qué productos obtuvo de la parcela que limpió de helecho? _____

Leña__ Quelites__ Plantas medicinales__ Carne de monte__ Otros (indicar)_____

58. Me podría decir si vendió o compartió algunos de estos productos Sí____ NO____

59. Podría decirme ¿cuáles son los productos que vendió o compartió? _____

Ahora quisiera saber sobre el CONOCIMIENTO, LA PERCEPCIÓN LOCAL Y LAS EXPECTATIVAS EN CUANTO A CONTROLAR EL HELECHO INVASIVO

60. Me podría Usted contar que suele decir la gente de la comunidad cuando ven o saben que alguien está limpiando una parcela dentro de las áreas que se encuentran invadidas por helecho?

Les parece buena idea porque va a tener donde cultivar o criar/mantener animales_____

Les parece que pierden el tiempo _____

Les preocupa porque es peligroso _____ ¿Por qué es peligroso?: _____

Otros (describir) _____

61. Ahora quisiera que me contara sobre los beneficios y desventajas de limpiar el helecho invasivo, en los siguientes casos:

	Me podría decir los BENEFICIOS a la _____ que trae el combatir/controlar/remover el helecho	Me podría decir las DESVENTAJAS a la _____ que trae el combatir/controlar/remover el helecho
A la gente...		
A los animales que usted cría....		
A los animales silvestres...		
A las plantas silvestres...		
Al bosque....		
Al suelo...		
A los cultivos		
Al agua...		

62. En caso afirmativo ¿Piensa usted que sería útil si alguien pagara por combatir el helecho de los sitios invadidos? SÍ___ NO___

63. ¿Me podría decir quién piensa que debería pagar por limpiar el helecho?

El dueño de la parcela

Otros (especificar)

La comunidad (Fondos concurrentes)

Geo

Quien investiga

Gobierno (Especificar)

CONANP

CONANFOR

Empresas

64. ¿Cuánto deberían pagar por el combate al helecho?

SECCIÓN 5. Género. Ahora quisiera saber más de la participación de mujeres y niños en el control del helecho.

65. Me podría decir usted si en la limpieza de la parcela en áreas que se encuentran invadidas por el helecho participaron mujeres?

SÍ _____ NO _____

66. Si la respuesta fue afirmativa, me podría indicar quiénes participaron (miembros de su familia o no), por qué y qué labor realizaron

	SÍ	NO	Me podría decir la Edad de _____	Me podría decir la Escolaridad de _____	Me podría decir ¿por qué participó _____?	Me podría decir en qué labor participó _____ (le voy a dar unas opciones)							
						Escoger el sitio	Cortar el helecho la 1er vez	Mantener limpia la parcela	sembrar	Cuidar la siembra	cosechar	Controlar el helecho que va naciendo	Otras labores que pueda indicarme
Esposa													
Mamá													
Hija													
Hermana													
Otras (indciar)													

67. Si la respuesta fue negativa, me podría usted indicar por qué las mujeres NO participaron en la labor de limpiar la parcela con helecho invasivo.

68. ¿Me podría indicar si en la limpieza de la parcela invadida por el helecho participaron niñas o niños (miembros de su familia o no)? Sí___ No___

69.

70. Si la respuesta fue afirmativa me podría decir ...

¿Qué niños participaron?			Me podría decir ¿por qué participó _____?	Me podría decir en qué labor participó (le voy a dar algunas opciones)						
Me podría decir cuál es su Parentesco	Me podría decir cuál es su Edad	Me podría decir cuál es su Escolaridad		Escoger el sitio	Cortar el helecho la 1er vez	Mantener limpia la parcela	Sembrar	Cuidar la siembra	cosechar	Otros (indicar)

71. Si la respuesta fue negativa, me podría indicar por qué niños y niñas NO participaron en esa labor de corte/control/limpieza del helecho _____

SECCIÓN 5. Ahora quisiera hablar SOBRE INCENTIVOS PARA EL COMBATE DE HELECHO INVASIVO

Recuerde que cuando me refiero a parcelas invadidas con helecho es porque esta planta predomina, no que solo unas cuantas nazcan, sino que esté llena de helecho.

81. Me podría decir usted qué apoyo requeriría para realizar las siguientes actividades en una NUEVA PARCELA, en áreas que ahora están invadidas por helecho:

ACTIVIDAD	Me podría decir qué apoyo desearía que se le diera						Otras
	Ninguno	Un pago (dinero) ¿cuánto? ¿por cuánto tiempo?	Asesoría técnica	Materiales	Apoyo con mano de obra	Semillas/plantas/ Un vivero	
Combatir/cortar/limpiar el helecho de nuevas parcelas (además de la que ya limpie) (indicar cuánta superficie X año)						--	
A sembrar cultivos en dichas parcelas y evitar que regrese el helecho							
A mantenerla libre de helecho hasta que se convierta en acahual							
A sembrar árboles para que sea más rápido un acahual y pueda convertirse en bosque							
A invitar a otros a sembrar cultivos						--	
Otra compromiso (indicar cuál)							

SECCIÓN 8. Restauración

Ahora quisiera saber sobre el control del helecho

72. Me podría decir si ¿Ha escuchado usted la palabra restauración? Sí___ NO___

73. Me podría decir qué es o qué entiende por restauración

SECCIÓN 9. Salud

Ahora voy a pasar a unas preguntas un poco diferentes, son acerca de la salud.

74. Me podría decir ¿qué enfermedades y dolencias son las más comunes entre la gente del pueblo?

75. ¿Usted piensa que algunas enfermedades y dolencias entre la gente del pueblo se relacionan con la presencia del helecho?

SÍ___ NO___

76. Podría nombrar algunas de las enfermedades que Usted cree están relacionadas con la presencia del helecho invasivo

77. Podría decirme cuáles han sido las principales causas de muerte en la comunidad en los últimos 5 años (le voy a dar unas opciones).

Vejez___ Accidente___ Enfermedad ¿cuál?_____ Podría mencionar otras_____

78. Podría usted decirme si es común en la comunidad que la gente padezca enfermedades incurables o raras? SÍ___ NO___

79. Podría nombrarme esas enfermedades y describirlas?_____

80. Usted cree si esas enfermedades podrían estar relacionadas con la presencia del helecho? SÍ___ NO___

81. En caso afirmativo ¿podría nombrarme esas enfermedades y describirlas?

82. Finalmente y sólo por curiosidad podría decirme, si hay casos de cáncer en la comunidad. SÍ___ NO___

83. ¿Con qué frecuencia hay casos de cáncer en la comunidad? (le voy a dar algunas opciones)

Frecuentemente___ Regular___ Poco___ Muy Raro___

SECCIÓN 9. Mariposas (que vuelan de día) e indicadores

Ahora quisiera hacerle algunas preguntas sobre las mariposas, y otros animales y plantas que hay en las zonas de helecho.

84. Me podría decir si Usted ¿ha visto animales de los que viven en el monte en los sitios invadidos por este tipo de helecho? Sí _____
NO _____

85. ¿Cuáles animales ha visto en las zonas invadidas de helecho y qué estaban haciendo? _____

86. ¿Además del camalote, usted sabe si hay otras plantas que crezcan en los sitios llenos de helecho invasivo?
Sí _____ NO _____

87. En caso de que sí, además del camalote me podría decir ¿Qué tipo de plantas son las que ha visto que crecen en sitios llenos de helecho y cómo se llaman?

88. Podría decirme si Usted ¿conoce algún animal o planta que en su comunidad solamente vive en sitios con helecho invasivo?

89. Me podría decir ¿cuántas y cuáles clases de mariposas conoce que existen en su comunidad? _____

90. Podría decirme ¿en qué época del año se ven más mariposas? _____

91. Me podría decir qué tan abundantes considera que son las mariposas en los siguientes sitios

	Muy abundantes	Regular	Poco abundantes	No hay
En cultivos				
En el bosque				
En acahuales				
En cafetales				
En potreros				
En parcelas con helechos				
Otros (orillas del río)				

92. Podría decirme si usted ha visto mariposas alimentándose en los siguientes sitios y de qué se alimentaban:

	SÍ	NO	Me podrían decir ¿de qué se estaban alimentando? (si es planta...forma de vida y nombre de la planta)
En cultivos			
En el bosque			
En acahuales			
En potreros			
En cafetales			
En parcelas con helechos			
Otros			

93. ¿Usted sabe que antes de ser mariposas, estos insectos son gusanos? SÍ _____ NO _____

94. ¿De los gusanos que conoce, usted sabe en qué mariposas se transforman? SÍ _____ NO _____

	¿usted ha visto gusanos de los que se transforman en mariposas en___?		¿cuántos gusanos que se transforman en mariposas ha visto en_____?		
	SÍ	NO	Muchos	Regular	Pocos
En cultivos					
En el bosque					
En acahuales					
En potreros					
En parcelas con helechos					

95. Usted sabe si en la comunidad la gente se come a algunas gusanos que luego son mariposas: Sí ____ NO ____

96. En caso afirmativo ¿cuáles?_____

97. Usted sabe si la gente de la comunidad se come a algunas mariposas? Sí ____ NO ____

98. En caso afirmativo ¿cuáles?_____

99. ¿Se comen algunos otros insectos? Sí ____ NO ____

100. En caso afirmativo ¿cuáles?_____

101. En caso de que sí consuman insectos, podría decirme usted cómo se consumen _____ (poner qué insectos)_____

102. ¿Usted los ha comido? Sí ____ NO ____

103. En caso de que la respuesta sea negativa, ¿Por qué no los come?

104. ¿Usted conoce algún cuento, historia, leyenda o temor sobre las mariposas? Si ____ NO ____

105. En caso afirmativo, ¿me podría narrar ese cuento, historia, leyenda o temor sobre las mariposas?_____

Anexo 2. Variables utilizadas en los análisis de correspondencias múltiple (ACM).

VARIABLE	PREGUNTA	CODIFICACIÓN
INFORMACIÓN GENERAL		
GED	Edad	1=19-30 AÑOS, 2=31-40 años, 3=41-50 años, 4=51-60 años, 5=61-70 años
GAL	Sabe leer y escribir	1=SÍ, 2=NO
GES	Grado escolar	1=Primaria, 2=Secundaria, 3=Preparatoria, 4=Ninguno
GNA	Dónde nació	1=San Pedro Tlapeusco, 2=Santiago Tlapeusco, 3=Otro
GVIV	¿Cuántos años lleva viviendo en SPT?	1=siempre, 2= 1 a 15 años, 3=15 a 30 años, 4=de 30 a 45 años, 5= de 45 a 65 años
GMI	¿Ha migrado?	1=Sí, 2=No
GDMI	¿A dónde migró?	1=EUA, 2=dentro del estado de Oaxaca, 3=otro estado del país, 4=ninguno
GTMI	¿Por cuánto tiempo se fue de la comunidad?	1=1-5 años, 2=5-10 años, 3=10-15 años, 4=15-20 años , 5=20-25 años, 6= no estuvo fuera
GCOM	¿Es comunero?	1=Sí, 2=No
GTCOM	¿Desde hace cuántos años es comunero?	1=1-10 años, 2=11-20años, 3=21-30 años, 4=31-40 años, 5=41-50 años, 6=no es comunero
GOC	Ocupación	1=campesino, 2=campesino y otra (albañil, tendero, carpintero), 5=campesino y dos ocupaciones más
GCAR	¿Ha tenido cargo en la comunidad?	1=Sí, 2=No
GCCA	¿Qué cargos ha tenido?	1=bienes comunales, 2=consejo vigilancia, 3=conservación, 4= ecoturismo, 5=otro, 6=ninguno
PERCEPCIÓN		
PTHE	¿Hace cuánto está presente el helecho en su comunidad?	1=10-50 años, 2=50-100 años, 3=más de 100 años
PAHE	Las áreas de helecho en su comunidad se han:	1= aumentado, 2=disminuido, 3= siguen igual
PHHE	¿Cuántas hectáreas (ha) de su comunidad piensa que están invadidas por este tipo de helecho?	1=menos 100 ha, 2= 100 a 300 ha, 3=más de 400 ha
PCON	¿Cómo nace este helecho?	1=rizomas, 2=fuego, 3=otra, 4=no sabe
PGTVIH	¿Cuánto tiempo vive una planta de helecho?	1=menos de un año, 2=1-10 años, 3=más de 10 años, 4=nunca se muere, 5=no sabe

VARIABLE	PREGUNTA	CODIFICACIÓN
PGMAH	¿Conoce algo que de manera natural mate o destruya (o se coma) a este helecho?	1=Sí, 2=No, 3=No sabe
PGQMH	¿Qué mata, destruye o se come a este helecho?	1=Sombra, 2=Animales se lo comen (vacas, mulas, mazate), 3=Otro, 4=nada, 5=no sabe
PUSO	¿El helecho invasivo tiene algún uso en la comunidad?	1=Sí, 2=No
PCUS	¿Cómo usan el helecho en su comunidad?	1=medicina para mulas, 2=comida ganado, 3=techo almácigo, 4=para nada, 5=no sabe
ACCIONES DE RESTAURACIÓN		
RCPA	¿Cuántas parcelas tiene invadidas por helecho?	1=1-3, 2=3-5, 3=6-8, 4=9-11
RSPI	¿Qué superficie tiene la parcela invadida?	1=menos de 1 ha, 2=1-3 ha, 3=4-6 ha
RQA	¿Qué había antes de que invadiera el helecho en el área donde está la parcela?	1=acahual, 2=cultivo, 3=potrero, 4=siempre ha habido helecho, 5=otro, 6=nunca ha habido helecho,
RTI	¿Hace cuántos años la parcela está invadida por helecho?	1=1-10años, 2=11-20 años, 3=21-30 años, 4=más de 30 años, 5= nunca han tenido, 6=no sabe
RPPI	¿Por qué piensa que se llenó de helecho y no de acahual?	1=quemar demasiado, 2=por quitar la vegetación, 3=uso de herbicidas, 4=no cuidar (no arrancarlo a tiempo, había alrededor), 5=tipo de suelo, deslave, 6= no sabe,
PARTICIPACIÓN DE GÉNERO		
PMU	¿En el trabajo de las parcelas en áreas invadidas por helecho participaron mujeres?	1=Sí, 2=No
CMU	¿Cuántas mujeres participaron?	1=1-2, 2=3-4, 3=ninguna
EME	Menor edad de las mujeres que participaron	1=14-25 años, 2=26-35 años, 3=36-45 años, 4=46-55 años
EMA	Mayor edad de las mujeres que participaron	1=menos de 20 años, 2=20-40 años, 3=41-60 años, 4=61-80 años
PNI	¿En la limpieza de las parcelas en áreas que se encuentran invadidas por helecho participaron niños y/o niñas?	1=Sí, 2=No
INCENTIVOS		

VARIABLE	PREGUNTA	CODIFICACIÓN
INC	¿Piensa que sería útil si alguien pagara por controlar el helecho de los sitios invadidos?	1=Sí, 2 No, 3=No sabe
PAG	¿Quién piensa que podría pagar por controlar el helecho?	1=dependencias gobierno, 2= propietario, 3=otras (AC, empresas), 4=no sabe, 5=nadie
CIN	Cómo debería ser el pago	1=por jornal, 2=por hectárea, 3=ambos, 4=ninguno, 5=no sabe
DIN	¿Cuánto deberán pagar por el control de helecho?	1=\$200-\$300, 2=\$1000-\$5000, 3=\$6000-\$10000, 4=otro
RES	¿Ha escuchado la palabra restauración?	1=Sí, 2=No

Anexo 3. Listado de mariposas y registros en las tres condiciones evaluadas (restaurado, bosque y áreas invadidas por helecho).

	RESTAURADO	BOSQUE	HELECHO
FAMILIA HESPERIIDAE			
Subfamilia Eudaminae			
<i>Astrartes fulgerator</i>	0	0	3
<i>Astrartes tucuti</i>	0	0	1
<i>Autochton bipunctatus</i>	7	0	0
<i>Autochton zarex</i>	0	1	0
<i>Epargyreus exadeus</i>	2	2	0
<i>Epargyreus spina</i>	0	7	0
<i>Polythrix caunus</i>	0	1	0
<i>Urbanus esmeraldus</i>	1	1	1
<i>Urbanus evona</i>	0	1	1
<i>Urbanus procne</i>	2	0	0
<i>Urbanus proteus</i>	0	1	1
<i>Urbanus teleus</i>	2	0	1
Subfamilia Pyrginae			
Tribu Pyrrhopygini			
<i>Jonaspyge jonas</i>	1	0	0
<i>Jemadia pseudognetus</i>	0	0	2
Tribu Carcharodini			
<i>Cyclosemia anastomosis</i>	0	1	0
<i>Nisoniades godma</i>	0	1	0
<i>Noctuana lactifera</i>	0	2	0
<i>Noctuana stator</i>	0	0	4
<i>Staphylus azteca</i>	1	0	0
Tribu Erynnini			
<i>Mylon lassia</i>	0	0	1
<i>Helias cama</i>	0	0	1
<i>Chyomara georgina</i>	0	0	1
Tribu Achlyodini			
<i>Quadrus cerialis</i>	0	1	0
<i>Quadrus contubernalis</i>	1	0	0
<i>Quadrus cerialis</i>	0	1	0
<i>Pythonides jovianus</i>	1	0	0
Subfamilia Heteropterinae			
<i>Piruna mullinsi</i>	0	0	1
Subfamilia Hesperinae			
<i>Perichares deceptus</i>	0	0	1
Tribu Moncini			
<i>Remella remus</i>	1	0	0
<i>Morys valda</i>	1	0	0

	RESTAURADO	BOSQUE	HELECHO
<i>Enosis immaculata</i>	0	1	0
Tribu Hesperini			
<i>Cynea irma</i>	2	0	0
<i>Atalopedes campestris</i>	0	0	6
Morfoespecie 1	1	0	2
Morfoespecie 2	1	0	0
Morfoespecie 3	0	0	1
Morfoespecie 4	0	1	0
Morfoespecie 5	0	2	0
FAMILIA PAPILIONIDAE			
Subfamilia Papilioninae			
Tribu Troidini			
<i>Parides erithalion</i>	0	1	0
<i>Parides iphidamas</i>	7	6	2
Tribu Papilionini			
<i>Heraclides thoas</i>	2	0	9
FAMILIA PIERIDAE			
Subfamilia Dismorphiinae			
Tribu Dismorphiini			
<i>Dismorphia crisia</i>	0	1	0
Subfamilia Coliadinae			
<i>Anteos maerula</i>	0	0	2
<i>Phoebis sennae</i>	2	0	1
<i>Pyrisitia nise</i>	1	1	0
<i>Pyrisitia dina</i>	27	3	33
<i>Pyrisitia proterpia</i>	1	0	0
<i>Eurema albula</i>	11	0	0
<i>Eurema दौरa</i>	7	0	5
<i>Eurema mexicana</i>	1	0	0
<i>Nathalis iole</i>	5	0	4
Subfamilia Pierinae			
Tribu Anthocharidini			
<i>Archonias brassolis</i>	0	2	0
<i>Itaballia pandosia</i>	0	4	0
FAMILIA LYCAENIDAE			
Subfamilia Theclinae			
Tribu Eumaeini			
<i>Theritias mavors</i>	1	1	1

	RESTAURADO	BOSQUE	HELECHO
<i>Cyanophrys sp.</i>	0	0	1
<i>Rekoa zebina</i>	0	0	2
<i>Arawacus togarna</i>	1	0	0
<i>Celmia celmus</i>	0	1	0
<i>Laothus barajo</i>	1	0	2
<i>Lamprospilus sethon</i>	0	0	1
<i>Calycopsis drusilla</i>	0	2	0
<i>Calycopsis isobeaon</i>	1	0	0
<i>Calycopsis trebula</i>	0	1	0
<i>Strymon istapa</i>	0	0	1
<i>Strymon mulucha</i>	0	0	1
<i>Strymon ziba</i>	0	0	1
<i>Tmolus echion</i>	0	0	1
<i>Hypostrymon asa</i>	0	1	0
<i>Electrostrymon sangala</i>	0	1	1
<i>Chalybs hassan</i>	0	0	1
<i>Chalybs janius</i>	3	1	1
Subfamilia Polyommatae			
<i>Leptotes marina</i>	0	0	11
<i>Zizula cyna</i>	1	0	0
<i>Cupido comyntas</i>	4	0	6
<i>Echinargus isola</i>	0	0	4
<i>Hemiargus ceraunus</i>	0	0	1
FAMILIA RIODINIDAE			
Subfamilia Euselasiinae			
Tribu Euselasiini			
<i>Euselasia aurantiaca</i>	0	3	0
Subfamilia Riodininae			
Tribu Mesosemiini			
<i>Leucochimona vestalis</i>	1	7	0
<i>Mesosemia gaudiolum</i>	0	1	0
<i>Mesosemia gemina</i>	0	1	0
<i>Mesosemia lamachus</i>	0	0	1
Tribu Riodinini			
<i>Calephelis sp.</i>	7	4	2
<i>Detritivora barnesi</i>	1	0	0
Tribu Symmachiini			
<i>Symmachia tricolor</i>	0	1	1
Tribu Incertae			
<i>Emesis vulpina</i>	3	1	0
Tribu Nymphidiini			

	RESTAURADO	BOSQUE	HELECHO
<i>Hypophylla sudias</i>	1	0	0
FAMILIA NYMPHALIDAE			
Subfamilia Danainae			
Tribu Euploeini			
<i>Lycorea halia</i>	1	0	0
Subfamilia Ithomiinae			
Tribu Tithoreini			
<i>Aeria eurimedia</i>	1	0	0
Tribu Mechanitini			
<i>Mechanitis lysimnia</i>	0	1	0
Tribu Napeogenes			
<i>Napeogenes tolosa</i>	1	0	0
<i>Hypothyris lycaste</i>	0	3	0
Tribu Ithomiini			
<i>Ithomia leila</i>	1	1	0
Tribu Oleriini			
<i>Hyposcada virginiana</i>	0	1	0
<i>Oleria paula</i>	0	0	1
Tribu Dircennini			
<i>Pteronymia cotytto</i>	1	0	0
Tribu Godyridini			
<i>Hypoleria lavinia</i>	0	11	1
<i>Greta morgane</i>	4	3	0
SUBFAMILIA MORPHINAE			
Tribu Morphini			
<i>Morpho helenor</i>	19	23	12
<i>Morpho theseus</i>	1	0	0
Tribu Brassolini			
<i>Caligo brasiliensis</i>	0	3	0
<i>Caligo telamonius</i>	5	3	1
<i>Caligo uranus</i>	1	13	0
<i>Eryphanis aesacus</i>	1	3	0
<i>Opsiphanes boisduvallii</i>	2	0	6
<i>Opsiphanes cassiae</i>	1	0	1
<i>Opsiphanes cassina</i>	2	1	0
SUBFAMILIA SATYRINAE			
Tribu Haeterini			
<i>Pierella luna</i>	8	7	0
Tribu Satyrini			
<i>Oxeoschistus tauropolis</i>	12	100	0
<i>Pedaliodes circumducta</i>	0	5	0

	RESTAURADO	BOSQUE	HELECHO
<i>Chloreuptychia sericeella</i>	19	24	0
<i>Cissia labe</i>	1	0	0
<i>Cissia pompilia</i>	10	1	2
<i>Cissia pseudoconfusa</i>	63	9	5
<i>Cissia terrestris</i>	79	6	10
<i>Cyllopsis hedemanni</i>	1	3	0
<i>Euptychia westwoodi</i>	11	2	0
<i>Hermeuptychia hermes</i>	110	7	6
<i>Magneuptychia libye</i>	12	4	2
<i>Pareuptychia metaleuca</i>	45	9	1
<i>Pareuptychia ocirrhoe</i>	119	30	3
<i>Pseudodebis zimri</i>	1	0	0
<i>Satyrotaygetis satyrina</i>	0	1	0
<i>Taygetis thamyra</i>	7	0	1
<i>Yphthimoides renata</i>	66	12	2
<i>Forsterinaria neonympha</i>	0	2	0
SUBFAMILIA CHARAXINAE			
Tribu Anaeini			
<i>Consul electra</i>	1	1	0
<i>Consul fabius</i>	2	0	0
<i>Zaretis callidryas</i>	1	0	0
<i>Zaretis ellops</i>	2	0	0
<i>Anaea troglodyta</i>	0	0	1
<i>Fountainea euryppyle</i>	4	0	2
<i>Fountainea glycerium</i>	15	0	29
<i>Memphis philumena</i>	0	1	1
<i>Fountainea ryphea</i>	23	3	7
<i>Memphis xenocles</i>	1	0	0
<i>Archaeoprepona amphimachus</i>	4	1	2
<i>Archaeoprepona demophon</i>	8	3	0
<i>Archaeoprepona demophoon</i>	0	0	1
<i>Prepona laertes</i>	3	1	3
<i>Agryas amydon oaxacata</i>	0	1	2
SUBFAMILIA BIBLIDINAE			
Tribu Cyrestini			
<i>Marpesia chiron</i>	1	0	0
Tribu Biblindini			
<i>Biblis hyperia</i>	16	0	15
<i>Catonephele mexicana</i>	10	8	6
<i>Catonephele numilia</i>	2	1	5
<i>Eunica alcmena</i>	0	0	1
<i>Myscelia cyaniris</i>	2	0	1
<i>Hamadryas amphinome</i>	0	0	1

	RESTAURADO	BOSQUE	HELECHO
<i>Hamadryas februa</i>	1	0	2
<i>Hamadryas feronia</i>	2	0	6
<i>Hamadryas fornax</i>	1	3	0
<i>Hamadryas guatemalena</i>	10	0	4
<i>Hamadryas iphthime</i>	3	0	3
<i>Epiphile iblis</i>	0	1	0
<i>Temenis laothoe</i>	0	0	1
<i>Dynamine artisemia</i>	2	2	0
<i>Callicore astarte</i>	1	2	0
<i>Diaethria anna</i>	0	2	1
<i>Adelpha felderi</i>	1	1	0
<i>Adelpha leuceria</i>	2	3	0
<i>Adelpha leucerioides</i>	0	2	0
<i>Adelpha paraena</i>	0	2	0
<i>Adelpha salmoneus</i>	1	0	0
<i>Adelpha serpa celerio</i>	1	0	0
SUBFAMILIA NYMPHALINAE			
Tribu Coeini			
<i>Colobura dirce</i>	3	4	0
<i>Historis acheronta</i>	0	0	2
<i>Historis odius</i>	1	0	5
<i>Smyrna blomfildia</i>	19	7	26
<i>Smyrna karwinski</i>	0	0	1
Tribu Kallimini			
<i>Anartia fatima</i>	1	0	0
<i>Anartia jatrophae</i>	8	0	0
Tribu Melitaeini			
<i>Chlosyne janais</i>	3	1	9
<i>Chlosyne lacinia</i>	0	0	2
<i>Castilia eranites</i>	0	4	0
<i>Eresia phillyra</i>	0	1	0
<i>Tegosa guatemalena</i>	3	0	1
SUBFAMILIA HELICONIINAE			
Tribu Argynnini			
<i>Euptoieta hegesia</i>	0	0	2
Tribu Acraeini			
<i>Actinote guatemalena</i>	1	1	6
Tribu Heliconiini			
<i>Agraulis vanillae</i>	0	1	1
<i>Dione juno</i>	1	0	15
<i>Dryas iulia</i>	1	2	1
<i>Laparus doris</i>	1	0	0
<i>Heliconius charitonia</i>	5	2	5

	RESTAURADO	BOSQUE	HELECHO
<i>Heliconius ismenius</i>	7	5	0

Anexo 4. Listado de mariposas y registros en las tres condiciones evaluadas (restaurado, bosque y áreas invadidas por helecho).

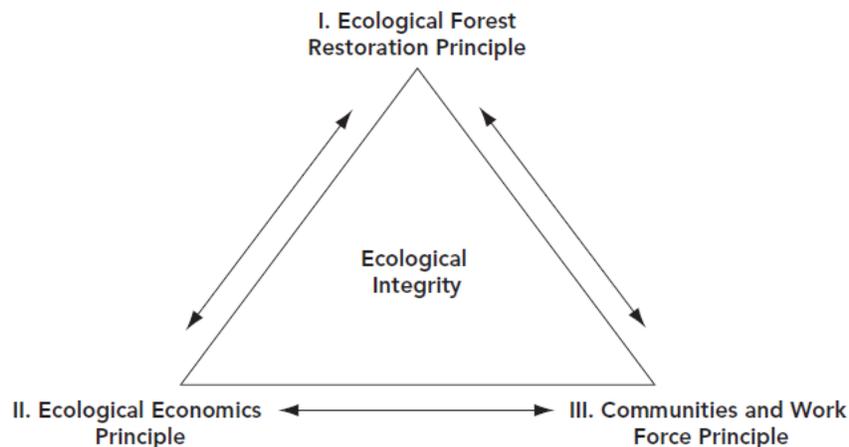
PLAN DE RESTAURACIÓN PARTICIPATIVA DE ÁREAS DEGRADADAS POR HELECHO EN SAN PEDRO TLATEPUSCO, OAXACA, MÉXICO

INTRODUCCIÓN

La restauración es una de las principales estrategias que se han adoptado para hacer frente a la degradación ecológica, siendo la finalidad reestablecer o mejorar el ecosistema que ha sido transformado, dañado o destruido (DellaSala et al. 2003; Rey-Benayas et al. 2009). La degradación es producto de la alteración de los componentes o funciones de un ecosistema causada por alguna perturbación (acción o evento) (Rey-Benayas et al. 2009). La invasión por helecho *Pteridium aquilinum*, (una especie nativa pero que puede actuar como invasora) es uno de los factores que han causado degradación ecológica y problemas productivos diferentes regiones de nuestro país. Los sitios más susceptibles a ser invadidos son áreas abiertas en las cuales se hace uso recurrente de fuego, tal es el caso de parcelas agrícolas de roza-tumba y quema. Esto afecta la provisión de productos de subsistencia de las comunidades y de otros bienes, así como la pérdida de servicios ambientales. En zonas tropicales rurales de México el problema de degradación provocada por el helecho invasivo *P. aquilinum* ha sido afrontado de diversas maneras, una de ellas es la restauración a través de remover manualmente el helecho y la siembra de plantas nativas de rápido crecimiento, que con su sombra compiten y limitan el desarrollo (Douterlunge et al. 2013). Otra de ellas es la restauración agro-sucesional (Vieira et al. 2016), en la cual se utilizan sistemas productivos (cultivos, árboles frutales o maderables) como fase intermedia o de transición de la restauración, en esta etapa se favorece también el establecimiento de especies nativas para la recuperación del bosque, también se caracteriza por ser participativa e incorporar del conocimiento y manejo tradicional, el cual se combina con técnicas agroecológicas y agroforestales. En la restauración agro-sucesional (Vieira et al. 2016) el planteamiento de recuperar la capacidad productiva de un sitio desafía el concepto clásico de la restauración (el cual se centra en aspectos ecológicos y de recuperación directa del bosque) sin embargo, los beneficios sociales que aporta (además de los ecológicos) incrementa

. Las ventajas de la restauración agro-sucesional son, la posibilidad de reducir los costos iniciales, prolongar el tiempo de manejo y mantener motivados a los campesinos para continuar con las actividades y disminuye la degradación, lo que se traduce en beneficios ecológicos, sociales y económicos. La restauración agrosucesional,

La participación de la comunidad implica el intercambio de conocimientos entre los pobladores y los técnicos, es decir, un proceso de mutuo aprendizaje (la gente brinda su experiencia y percepción, promoviendo la aplicación de su conocimiento y técnicas) y también permite que la gente se identifique y se apropie del proyecto (Montagnini et al. 2008).



Principios que rigen una restauración exitosa, marco para el desarrollo de una integridad ecológica (DellaSala et al. 2003).

Hay que tener presente que no todos los casos de restauración son exitosos o benéficos (DellaSala et al. 2003) y que la restauración no necesariamente sigue un camino único hacia un fin único, más bien tiene múltiples trayectorias hacia múltiples finales, los cuales pueden ser impredecibles (Choi, 2007). Debido a esto, es necesario realizar un monitoreo, esto nos permitirá saber si se está logrando llevar al sistema al estado propuesto, es decir si el sistema restaurado ha recuperado características del estado previo u original (Meffe et al.

2002; Rey-Benayas et al. 2009). Para ello debe elaborarse un protocolo de evaluación y seleccionar indicadores de los sistemas monitoreados (Kremen, 1992), así como un sistema de referencia (usualmente es un ecosistema sin o baja degradación, el cual se considera un estado histórico o un estado natural del ecosistema a restaurar) (Bullock et al. 2011).

Por tanto este Plan propone el uso de un esquema agro-ambiental para proveer incentivos a los dueños de la tierra a cambio de la recuperación de áreas degradadas en zonas boscosas. Cuya estrategia de restauración se basa en el conocimiento y manejo tradicional de los campesinos. Este Plan es Adaptativo, ya que permite detectar lo que va mal y re-andar el camino si es necesario (Meffe et al. 2002) para ello se propone un seguimiento constante durante todo el proceso, una evaluación (el cual incluirá indicadores) (Kremen, 1992), esto se hará a través de un monitoreo participativo, que permita realizar acciones necesarias para remediar lo que pueda estar resultando no deseado, además de generar un aprendizaje (Meffe et al. 2002), conocimiento y permite replicar estas prácticas en otros lugares y circunstancias.



Figura 1. Pasos generales hacia el manejo adaptativo.

En resumen, este Plan reivindica la importancia de incorporar al manejo el contexto social e institucional (la forma en que funcionan y se organizan las comunidades por medio de una Asamblea, la cual ha planteado el hecho como un problema y ha decidido afrontarlo) en las actividades encaminadas a la recuperación de áreas degradadas y restablecimiento del bosque. Promueve la participación e inclusión de actores, así como la interdisciplinariedad ya que su elaboración se basa en la interacción entre la comunidad y la parte técnica representada por una institución académica (Instituto Politécnico Nacional) y una asociación

civil (Geo), lo cual permitió un intercambio de conocimientos, un proceso de mutuo aprendizaje, cada parte brinda su experiencia y percepción, promoviendo la aplicación de su conocimiento y técnicas, y llegando a un consenso.

DIAGNÓSTICO

Descripción del área

La comunidad de San Pedro Tlatepusco se ubica al margen del Río Santiago en la microcuenca del mismo nombre, al noroeste del estado de Oaxaca en la Región de la Chinantla. La tenencia de la tierra es de propiedad social (Bray 2013), la densidad poblacional es baja (2.9 habitantes/km²) (Berget, 2012), con altas tasas de emigración y es considerada una comunidad de muy alta marginación social (Bray et al. 2012).

El tipo de vegetación predominante en su territorio es Selva Alta Perennifolia y Bosque Mesófilo de Montaña, a lo largo de un gradiente de elevación que va de 200 a 3000 msnm (Bray et al. 2012). En los alrededores de la comunidad se desarrolla un mosaico de vegetación y usos antropogénicos (Berget et al. 2015): poteros, cultivos, acahuales, Cafetales, Agroforestal, lo cuales se conjugan con estados de conservación: Bosque (bosques de encinos, bosque mesófilo, selva alta Figura 1a). Los principales cultivos son 1) el maíz para autoconsumo, acompañado de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y calabaza (*Cucurbita moschata*), 2) el café para comercializar, y 3) la yuca (*Manihot esculenta*) y la piña (*Anas comosus*) (Berget et al. 2015) así como otros productos que se establecen como policultivos: nanche (*Byrsonima crassifolia*), tepejilote (*Chaemedora tepejilote*), cacao (*Theobroma cacao*, *T. bicolor*, *T. angustifolium*), caña. Su método de producción es RTQ, en el cual los acahuales descansan de 5 a 10 años para después ser cultivados. La quema se da en el mes de mayo y es requerido, por normas internas, que se hagan guardarrayas para evitar que el fuego se propague al bosque.

El 98% de la superficie total del ejido está cubierta por bosques en buen estado de conservación (Berget, 2012) y desde 2005 han destinado 5050 hectáreas (73% del total de su superficie 6.875 ha) bajo la modalidad de Iniciativas Voluntarias de Conservación certificadas ante la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y el 43% está sujeta al Pago por Servicios Hidrológicos (Berget, 2013; Bray et al. 2012).

Problemática y antecedentes

En SPT existe un problema de degradación por helecho invasor (*Pteridium aquilinum*), dicha invasión ha impedido la recuperación natural de los bosques al frenar la sucesión secundaria de casi 500 hectáreas, además ha afectado la capacidad productiva local e interrumpido el manejo tradicional (Berget et. al 2015). También ha ocasionado que los campesinos tengan que desplazarse mayores distancias a sus campos de cultivo (Berget et al. 2015), ya que las parcelas cercanas al pueblo están inutilizadas por el helecho. Sin embargo, hay quienes han hecho un manejo en sus parcelas invadidas, que aunque no ha sido planeado ni sistemático más bien prueba y error, han logrado recuperar sus terrenos y restituir su capacidad productiva. Esta actividad se ha hecho a pequeña escala (parcelas) y de forma individual (o bien familiar), consiguieron cultivar piña, yuca, maíz, instalar potreros, e incluso el desarrollo de acahuales en sitios en los que antes dominaba el helecho. Sin saberlo estos campesinos hicieron una Restauración. El planteamiento de recuperar la capacidad productiva de un sitio agrícola desafía el concepto clásico de la Restauración, sin embargo es parte del proceso de reestablecer la funcionalidad y estructura ecológica, y cumple con disminuir la degradación, lo que a final de cuentas se traduce en beneficios ecológicos, sociales y económicos. Esto cobra mayor relevancia, considerando que San Pedro Tlatepusco es una comunidad con vocación conservacionista, y que la recuperación de estas parcelas agrícolas se traduce en una menor amenaza al bosque (no se desmontan nuevas áreas de bosque, más bien se recuperan parcelas que tienen problemas con plantas invasoras).

METAS

Utilizar la restauración productiva como paso previo a la recuperación del bosque, con la cual los campesinos puedan obtener productos agrícolas y también reforestar con especies maderables y agroforestales para promover el desarrollo del bosque, la biodiversidad y la provisión de servicios ambientales.

La etapa de restauración productiva se enfocará en la recuperación del suelo, mediante especies coberteras y abonos verdes, que proveerán productos a los campesinos.

OBJETIVO GENERAL

Eliminar el helecho y promover la recuperación del bosque en 50 ha mediante restauración agrosucesional participativa.

OBJETIVOS PARTICULARES

Eliminar y controlar el helecho en 50 ha para el primer año del proyecto.

Utilizar cultivos de cobertura y abonos verdes en 50 ha para ayudar a controlar el desarrollo del helecho.

Reforestación de 50 ha con especies

ACTIVIDADES A REALIZAR

El proyecto de restauración participativa se desarrollará a lo largo de tres años, estará dividido en tres etapas. La primera etapa consistirá principalmente en la remoción del helecho y la realización de actividades de recuperación de suelo, en la segunda se hará la reforestación y en la tercera etapa el mantenimiento y evaluación (este se desarrollará durante todo el proyecto). A continuación se presentan con detalle las actividades a desarrollar:

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Tabla 1. Descripción general de las actividades en las diferentes etapas.

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
Primera	Capacitación	Se integrará un equipo multidisciplinario, que incluya a la gente de la comunidad que ha logrado con éxito la restauración de parcelas invadidas por helecho y a los técnicos, para que funjan como capacitadores de los demás participantes. Además se les instruirá en cómo dar seguimiento a las actividades de restauración para su evaluación y generación de medidas emergentes (en caso de que no se esté siguiendo el camino deseado).
	Corte de helecho	Corte manual del helecho en caminos y áreas para sembrar.
	Control del helecho	Limpiezas cada tres semanas de los sitios donde fue rozado el helecho (y donde se sembraran los cultivos cobertera y abono), se arrancarán (no solo cortarán) las plántulas de helecho que estén brotando para evitar su proliferación.
	Acciones de protección y recuperación de suelo	Siembra de cultivos abono y cobertera (yuca y frijol abono).
		Cercos vivos con piña, lo cual ayudará a la retención de suelo y delimitación del área a restaurar.
		Traslocación de suelo, lo cual permitirá llevar a las áreas en restauración semillas y organismos del bosque aledaño.
Brecha corta fuego	Deberán hacerse en los sitios en los cuales se haga la quema del helecho seco.	

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
	Tramitar UMA	Elaboración de un Plan de Manejo, trámites para dar de alta UMA para la producción de <i>Pinus chiapensis</i> , el cual será una especie utilizada en la etapa de Reforestación.
	Instalación y funcionamiento de UMA	Instalación del vivero. Producción de planta: recolección de semillas, germinación, mantenimiento de plantas.
	Producción de árboles (no en la NOM-059-SEMARNAT)	Recolección de semilla, germinación, mantenimiento de especies de árboles para reforestación.
Segunda	Reforestación	Traslado y plantación de árboles producidos en el vivero. Se deberá llevar un registro de cada árbol reforestado para darle seguimiento a su sobrevivencia.
	Control del helecho	Se hará el corte selectivo de helecho de manera manual (dejando todas las otras especies nativas que se desarrollen), se arrancarán (no solo cortarán) los brotes.
Tercera	Mantenimiento	Deshierbe (especialmente arrancar helecho). Riego. Combate de plagas. Sustitución de árboles reforestados muertos.
	Monitoreo	Uso de formatos para seguimiento de Restauración, cada 3 meses.

PRIMERA ETAPA

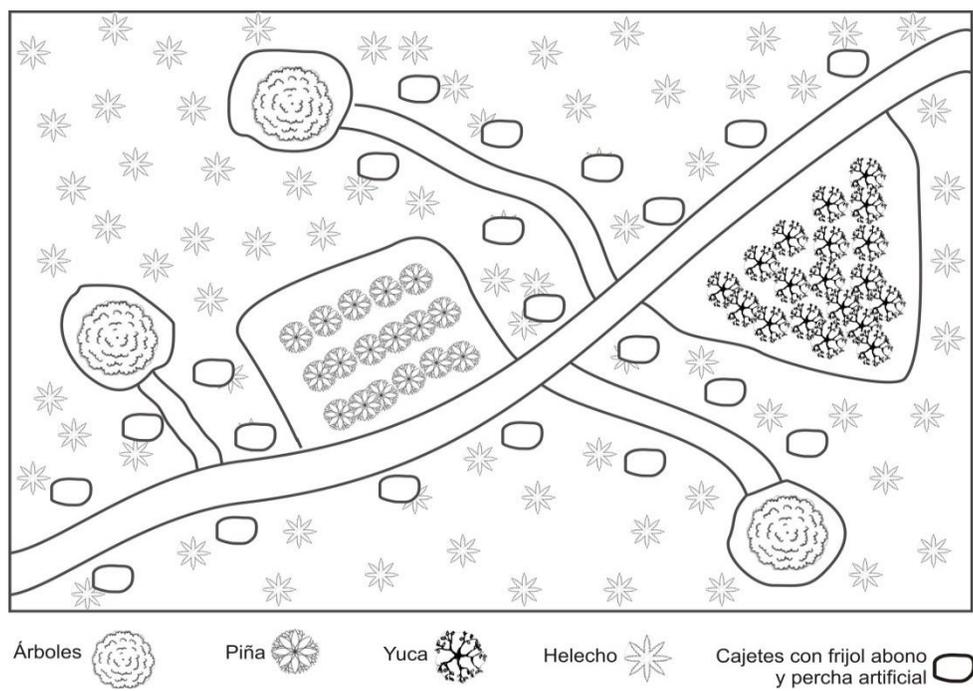


Figura 2. Disposición espacial de elementos dentro de la parcela después de las actividades en la primera etapa.

La primera etapa consiste en la eliminación de helecho en 50 ha y acciones de protección y recuperación de suelo. También incluirá la producción de planta que será utilizada en la etapa de Reforestación.

Las actividades en la primera etapa serán:

- 1) Capacitación.
- 2) Definir parcelas: dentro de los polígonos de restauración se delimitarán subunidades (parcelas de 0.5 a 1 ha).
- 3) Abrir un camino dentro de la parcela para facilitar el acceso. El corte del helecho se hará de forma manual, con el uso del machete y un gancho (herramienta que utiliza la gente en SPT y que hacen a partir de una rama fuerte para ir abriendo el helecho y facilitando su corte). Esta actividad resulta peligrosa debido a la posibilidad de encontrar serpientes venenosas (nauyacac *Bothrops asper*), y por el riesgo de cortarse con el machete o con trozos afilados del helecho.
- 4) A partir de dicho camino se harán veredas accesorias hacia los árboles que se encuentran entre el helecho. Parte importante del manejo es promover la presencia de competidores naturales para desplazar al helecho, particularmente especies pioneras y de rápido crecimiento, lo cual también favorecerá la sucesión secundaria (Douterlungne et al. 2013).
- 5) Se cortará el helecho alrededor de los árboles ya existentes para ayudar a su desarrollo. La sombra de los árboles ayudará a mantener a raya el helecho, así como un aumento en la cantidad de hojarasca beneficiando la fertilidad y recuperación del suelo.
- 6) Para la recuperación de suelo también se harán bordos (o cajetes) zanja y siembra de frijol abono en diferentes puntos de la parcela. En estos sitios abiertos se colocarán perchas artificiales (palos largos y secos) para las aves. En la segunda etapa las perchas serán sustituidas por árboles (reforestación).
- 7) También se removerá el helecho en determinadas áreas para la siembra de cultivos cobertera, en este caso yuca (*Manihot esculenta*) o piña (*Anas comosus*) en combinación con frijol abono. El objetivo de los cultivos cobertera y abonos verdes es mejorar la fertilidad del suelo y ayudar a controlar malezas, además de aportar productos de autoconsumo a los campesinos o para venta. Los restos de helecho cortado en las áreas de cultivo será secado y quemado en el sitio, para esto deberá dejarse alrededor un área totalmente descubierta a manera de guardarraya. La quema tiene que ser controlada, en pequeña escala y vigilada debido a que las frondas secas son material altamente inflamable y puede provocarse un incendio.

- 8) Se llevarán a cabo actividades de transposición o traslocación de suelo, esto forma parte de lo que se conoce como técnicas de nucleación (a las cuales pertenece la colocación de perchas artificiales) estas tienen como objetivo establecer pequeños núcleos de vegetación que contribuyan con la sucesión natural y el regreso de fauna (Reis et al. 2010). En el caso de la traslocación consiste en el traslado de 1 m² de suelo superficial de los bosques cercanos a la parcela de restauración. Este suelo llevará organismos del suelo (hongos, bacterias, lombrices) y semillas de gran variedad de especies (y variedad genética).
- 9) El control de helecho se hará de manera manual, arrancando los brotes cada 3 semanas mientras los cultivos se desarrollan, de esta forma se impide que el helecho vuelva a invadir. Esto es necesario ya que las plántulas de helecho brotan con mayor rapidez que las de otras especies. Además, impedirá que las frondas se desarrollen y lo que contribuirá a disminuir la cantidad de rizomas debajo del suelo (al no haber fotosíntesis dejan de almacenarse reservas) (Aguilar-Dorantes et al. 2014). No se utilizarán herbicidas de ningún tipo, ya que estos no erradican al helecho pero sí a otras plantas competidoras.



Figura 3. Plántulas de helecho, se desarrollan antes que otras plantas.

- 10) Comenzará la producción de plantas, las cuales serán usadas en la reforestación que se hará en la segunda etapa. Se realizará colecta de semilla, germinación, construcción de vivero, trámite de la UMA.
- 11) Monitoreo (ver apartado).

SEGUNDA ETAPA

- Reforestación

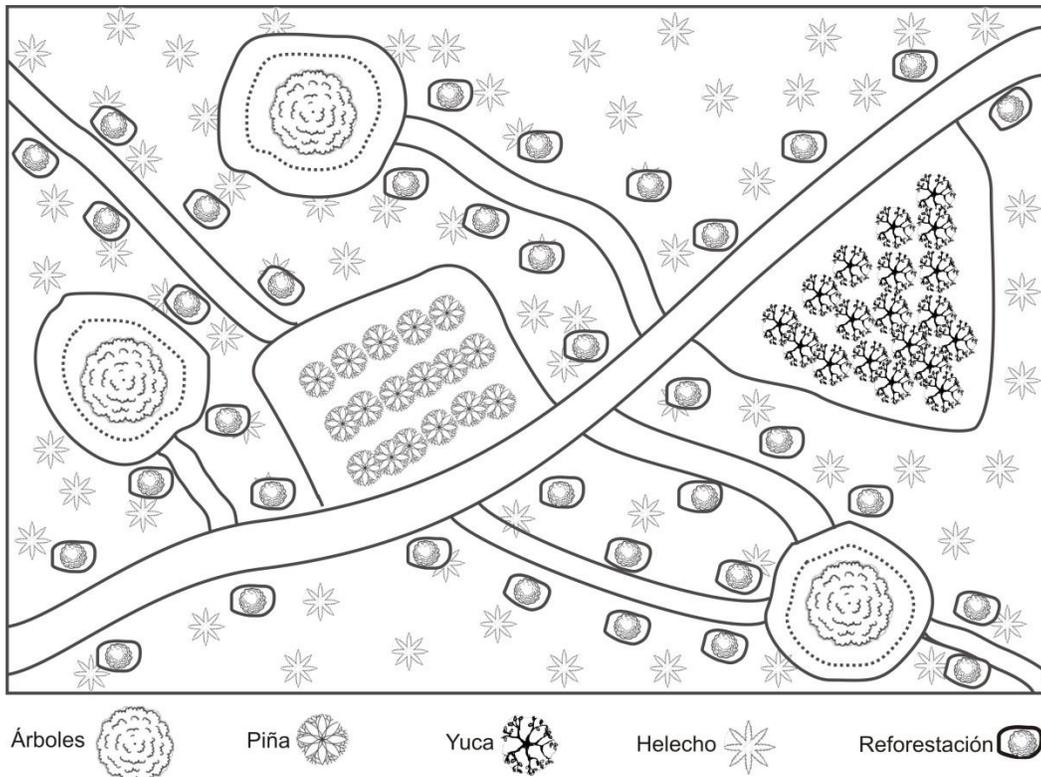


Figura 4. Disposición espacial de elementos dentro de la parcela después de las actividades en la segunda etapa.

- 1) Apertura de un segundo camino transversal, a ambos lados se harán cajetes y se plantarán en ellos árboles y frijol abono (reforestación).
- 2) En los caminos ya abiertos también se colocarán árboles a ambos lados (en las zanjas abiertas y se sustituirán las perchas artificiales) (reforestación).
- 3) Mantenimiento de los cultivos de piña y yuca.
- 4) Corte de helecho alrededor de los árboles para ampliar el área libre de *Pteridium*.
- 5) Control manual del helecho arrancando los brotes cada mes.
- 6) Mantenimiento de áreas reforestadas: revisión para detección de plagas y enfermedades. Para mantener la densidad definida de la plantación es necesario reponer las plantas muertas en cada ciclo de lluvias.

7) Monitoreo

Para la reforestación se utilizarán 4 especies de árboles para reforestación, una de ellas se encuentra en la NOM-059-SEMARNT-2009 en la categoría de Amenazada (*Pinus chiapensis*). Los criterios para su elección fueron: 1) distribución natural, 2) preferencia de la gente, 3) potencial de aprovechamiento: madera, leña.

La planta se trasladará desde el vivero hasta el sitio de plantación en cajas. Las plantas con el cepellón desnudo se acomodarán en cajas de madera, plástico o cartón en estibas encontradas (CONAFOR, 2010). Debido a que no existe en la comunidad de SPT accesos para vehículos, las cajas de plantas serán trasladadas por la gente o en mula, dependiendo de las condiciones del camino.



Figura 5. a) Ejemplo de cómo deben acomodarse las plantas dentro de las cajas (CONAFOR, 2010) y b) forma en la que los pobladores trasladan sus productos.

Seguimiento: Deberá etiquetarse los árboles para seguimiento de sobrevivencia.

Mantenimiento de áreas reforestadas: revisión para detección de plagas y enfermedades. Para mantener la densidad definida de la plantación es necesario reponer las plantas muertas en cada ciclo de lluvias.

Brecha corta fuego: se abrirán líneas o franjas de dos a tres metros de ancho eliminando todo el material combustible que ahí se encuentre, de esta forma se logrará aislar y proteger las áreas reforestadas.

TERCERA ETAPA

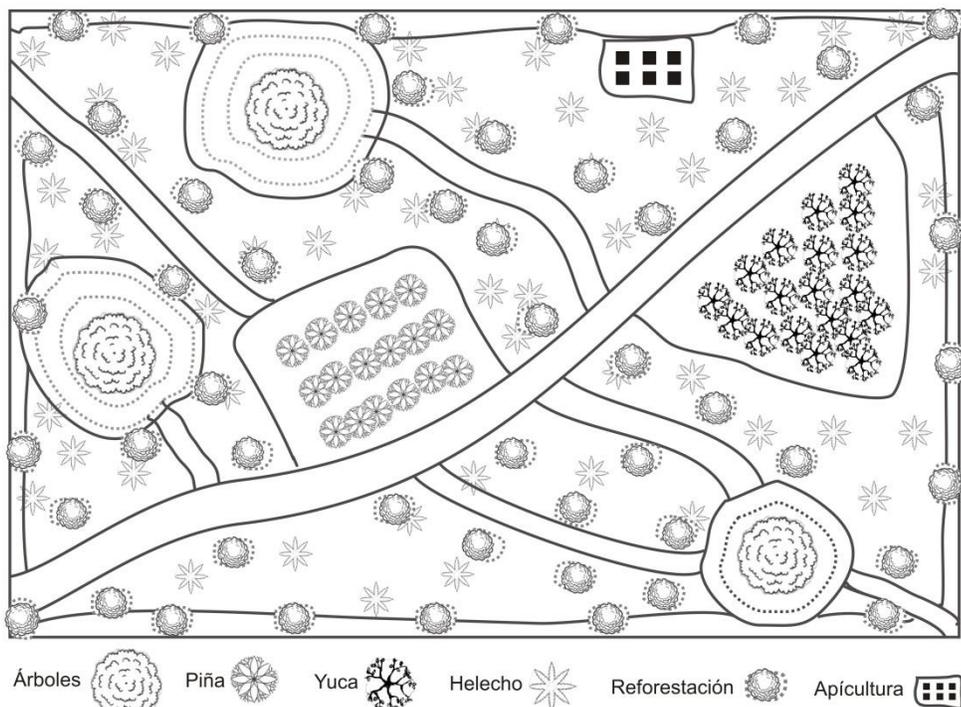


Figura 6. Disposición espacial de elementos dentro de la parcela después de las actividades en la tercera etapa.

- 1) En el perímetro de la parcela se harpa corte de helecho y plantación de árboles, en conjunto con frijol abono.
- 2) Se desarrollarán actividades apícolas, instalación de cajones. Con esto se promueve la presencia de polinizadores, además de ser una importante actividad productiva.
- 3) Dentro de la parcela deberán cuidarse los árboles de la reforestación y aquellos que se estén desarrollando de manera natural, esto permitirá poco a poco el reestablecimiento de un acahual maduro y en un lapso mayor del bosque.

PROGRAMA DE MONITOREO: SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

El diseño de un programa de monitoreo debe ser una parte integral de proceso de planeación de la restauración (Herrick et al. 2006), en el caso del monitoreo participativo los campesinos podrán ellos mismo evaluar el avance/progreso del proyecto de una manera estandarizada y que podrá ser repetida y comparada con otros casos.

Indicadores

Los indicadores son características de un sistema los cuales medidos repetidamente demuestran tendencias y miden el estado actual del sitio o condición (Ferris y Humphrey, 1999) y en el tiempo. Los indicadores ecológicos se han utilizado para evaluar las condiciones del ambiente y en el diagnóstico de las causas de los problemas ambientales (Ferris y Humphrey, 1999; Dale y Beyeler, 2001). Los indicadores pueden y deben proveer señales tempranas de cambio, siendo herramientas importantes de los monitoreos. La presencia, ausencia y fluctuaciones de estos indicadores reflejan cambios que se desarrollan a varios niveles jerárquicos de organización desde genes a regiones completas (Dale y Beyeler, 2001).

Tabla 2. Indicadores propuestos para dar seguimiento a la restauración.

Categoría	Indicadores	Plazo	Unidades de medición
Vegetación/ Combate de helecho	Cantidad de helecho removido.	Corto	m ² o ha
	Reaparición de helecho	Corto, mediano y largo plazo	# de plantas después del primer corte.
Suelo	Porcentaje de cobertura de cultivos y abonos verdes.	Corto, mediano.	m ² o ha
	Cantidad de hojarasca.	Mediano y largo.	Profundidad de la capa de hojarasca/peso seco por m ²
Reforestación	Plantas reforestadas.	Corto plazo.	# de plantas
	Sobrevivencia de las plantas reforestadas a 6 meses, 1 año, 2 años.	Corto, mediano y largo.	Porcentaje %
	Crecimiento de las plantas reforestadas.	Mediano y largo.	Centímetros (cm)
Integridad Biótica	Presencia de especies en la NOM-0S9-SEMARNAT-2010, raras o endémicas.	Mediano y largo plazo	# de registros
	Cobertura de dosel	Largo plazo	%
	Cobertura de herbáceas	Corto, mediano y largo plazo.e	Porcentaje %
Resiliencia	Intervenciones para mantener el sitio en su nuevo estado.**	Mediano y largo plazo	# de intervenciones que se realizan al año
Hidrología	Presencia/formación de arroyos		Presencia/ausencia

Social	Satisfacción con el proyecto	Corto, mediano y largo.	Escala de Likert (entrevista)
	Cohesión social	Corto, mediano y largo.	
	Capital humano: capacitación y fortalecimiento.	Corto, mediano y largo.	# de personas capacitadas y áreas fortalecidas

**Palmer et al. 2005

Sobrevivencia: estimación cuantitativa del éxito de la plantación bajo la influencia de los factores del sitio. El valor que se obtiene es la proporción de árboles que están vivos en relación con los árboles efectivamente plantados. Para obtener la sobrevivencia de la plantación se extrapolan los datos de la superficie de muestreo a la totalidad de la plantación (CONAFOR, 2010).

$$ps = \frac{\sum_{i=1}^n Si}{\sum_{i=1}^n ai} \times 100$$

Donde:

$\sum_{i=1}^n$ = sumatoria de los datos de acuerdo a la variable S o a.

ps = proporción estimada de árboles sanos.

Si = número de árboles sanos en el sitio de muestreo i.

ai = número de árboles vivos en el sitio de muestreo i.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	Meses																																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
Capacitación	x																																					
Corte de helecho	x	x	x	x	x	x	x																															
Control del helecho		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Acciones de protección y recuperación de suelo					x	x	x	x	x	x																												
Tramitar UMA	x	x																																				
Instalación y funcionamiento de UMA			x	x	x	x	x	x	x	x	x																											
Producción de árboles (no en la NOM-059-SEMARNAT)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																											
Reforestación													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													
Mantenimiento															x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Monitoreo					x							x						x						x														x

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Dorantes, K. K. Mehlreter H. Vibrans, M. Mata-Rosas y V. A. Esqueda-Esquivel. 2014. Repeated Selective Cutting Controls Neotropical Bracken (*Pteridium arachnoideum*) and Restores Abandoned Pastures. *Invasive Plant Science and management*. 7:1-11.
- Berget, C. E. Durán y D.B. Bray. 2015. Participatory restoration of degraded agricultural areas invaded by bracken fern (*Pteridium aquilinum*) and conservation in the Chinantla Region, Oaxaca, Mexico. *Human Ecology* 43:547–558.
- Bray, D., E. Durán y O. Molina-González. 2012. Beyond harvest in the commons: multi-scale governance and turbulence in indigenous/community conserved areas in Oaxaca Mexico. *International Journal of the Commons* 6(2):151-178.
- Bray, D. 2013. When the State Supplies the Commons: Origins, changes, and design of Mexico's common property regime. *Journal of Latin American Geography* 12(1):33-55
- Bullock, J.M., J. Aronson, A.C. Newton, R.F. Pywell y J.M. Rey-Benayas. 2011. Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. *Trends Ecology and Evolution* 26(10):541-549.
- Choi, Y. 2007. Restoration Ecology to the future: a call for a new paradigm. *Restoration Ecology* 15(2): 351-353.
- DellaSala, D.A., A. Martin, R. Spivak, T. Schulke, B. Bird, M. Criley, C. van Daalen, J. Kreilick, R. Brown y G. G. Aplet. 2003. A citizen's call for ecological forest Restoration: Forest Restoration Principles and Criteria. *Ecological Restoration*. 21(1):14-23.
- Dale, V.H. y S.C. Beyeler. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1: 3-10.
- Douterlunge, D., E. Thomas y S. I. Levy-Tacher. 2013. Fast-growing pioneer tree stands as a rapid and effective strategy for bracken elimination in the Neotropics. *Journal of Applied Ecology*. 50(5):1257-1265.
- Ferris, R. y J.W. Humphrey. A review of potential biodiversity indicators for application in British forest. 1999. *Forestry*.72(4):313-328.
- Herrick, J. E., G. E. Schuman y A. Rango. 2006. Monitoring ecological processes for restoration projects. *Journal for Nature Conservation* 14: 161—171.
- Kremen, C. 1992. Assessing the Indicator Properties of Species Assemblages for Natural Areas Monitoring. *Ecological Applications*. 2(2):203-217.
- Meffe, G., L. Nielsen, R. Knight y D. Schenborn. 2002. *Ecosystem Management. Adaptive, community-based, conservation*. Island Press.
- Montagnini, F., A. Suárez-Islas y M.R. Araujo-Santana, 2008. Participatory approaches to ecological restoration in Hidalgo, México. *Bois et Forests des Tropiques*. 295(1):5-20.
- Palmer M.A., E.S. Bernhardt, J. D. Allan, P.S. Lake, G. Alexander, S. Brooks, J. Carr, S. Clayton, C. N. Dahm, J. Follstad Shah, D. L. Galat, S. G. Loss, P. Goodwin, D.D. Hart, B. Hassett, R. Jenkinson, G.M. Kondolf, R. Lave, J.L. Meyer, T.K. O'donnell, L. Pagano y E.

Sudduth. 2005. Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*. 42: 208–217.

Rey-Benayas, J.M., A. C. Newton, A. Diaz y J.M. Bullock. 2009. Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by ecological Restoration: A meta analysis. *Science*. 325: 1121-1124.

Vieira, D.L.M., K.D. Holl y F.M. Peneireiro. 2009. Agro-Successional Restoration as a Strategy to Facilitate Tropical Forest Recovery. *Restoration Ecology*. 17 (4):451–459.