

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDADXOCHIMILCO**

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIÓLOGICAS Y DE LA SALUDEPARTAMENTO

EL HOMBRE Y SU AMBIENTE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

Informe final por actividades relacionadas con la profesión

Título:

Análisis de la productividad y el rendimiento de diferentes ensambles de especies en bosquescomestibles de Marqués de Comillas, Chiapas

Autor:

Ellery Berenice Díaz Pérez

2173027008

Asesor interno: Dra. Angélica Jiménez Aguilar (Depto. El Hombre y su Ambiente)Número económico: 38202



Asesor interno: Dr. Gilberto Vela Correa (Depto. El Hombre y su Ambiente)Número económico: 27970



Fecha de inicio y término: 01-marzo-2022 al 1-diciembre-2022

RESUMEN

El presente servicio social formó parte del proyecto de tesis Doctoral titulado “Bases ecológicas para el desarrollo de Bosques Comestibles” realizado por la alumna de Posgrado Laura Cedillo en la Universidad Nacional Autónoma de México. Esta tesis tiene como objetivo establecer las bases para generar sistemas productivos sustentables, también conocidos como bosques comestibles, con la finalidad de mitigar los problemas socio-ambientales del municipio de Marqués de Comillas en el estado de Chiapas. Mi participación en el proyecto consistió en la construcción de bases de datos con los resultados obtenidos en campo durante el monitoreo de los sistemas agroforestales en un periodo de dos años en diferentes temporadas climáticas. Con estos datos se realizaron análisis estadísticos para evaluar el rendimiento (cantidad de frutos y biomasa) y el desempeño (sobrevivencia y estado sanitario) de los sistemas agroforestales. Con respecto a los objetivos de este servicio social, mi función se centró en la evaluación del desempeño, es decir, sobrevivencia y estado sanitario de los ensambles vegetales. Esto me permitió mejorar mis habilidades en el manejo de bases de datos, tablas dinámicas, uso de la herramienta Excel, y elaboración de análisis estadísticos. Adicionalmente, a través de la búsqueda y análisis de información bibliográfica especializada se me permitió contribuir a la elaboración del marco teórico y el planteamiento del diseño experimental del proyecto, incrementando mis conocimientos sobre la ecología de los sistemas forestales y la restauración de ecosistemas.

Palabras clave: Sistemas agroforestales, rendimiento, desempeño, restauración de ecosistemas.

ÍNDICE

MARCO INSTITUCIONAL	4
INTRODUCCIÓN	5
ANTECEDENTES	6
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	7
OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	8
ESPECIFICACIÓN Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS DE ACUERDO AL CALENDARIO PROPUESTO	8
IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL	9
APRENDIZAJE Y HABILIDADES OBTENIDAS	10
FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL	10
REFERENCIAS	16

1. MARCO INSTITUCIONAL

El presente servicio social es una contribución al proyecto de tesis Doctoral titulado “Bases ecológicas para el desarrollo de Bosques Comestibles” realizado por la alumna de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Laura Cedillo. El proyecto pretende establecer las bases para generar sistemas productivos sustentables lo que llamaremos bosques comestibles, que permitan mitigar los problemas ambientales a los cuales nos estamos enfrentando en la actualidad.

De acuerdo a la Legislación Universitaria (2003), la UNAM en su Ley Orgánica se concibe como una institución pública descentralizada de carácter nacional y autónomo en la que las funciones de docencia, investigación y extensión de la cultura, constituyen la especificidad de su tarea social, emprendida para formar profesionales, docentes, investigadores y técnicos que se vinculen a las necesidades de la sociedad, así como para generar y renovar los conocimientos científicos y tecnológicos que requiere el país.

Las tareas fundamentales de docencia, investigación y extensión de la cultura de la UNAM buscan su objeto en las necesidades nacionales y repercuten favorablemente en el desarrollo de México. Un punto de convergencia de los universitarios debe ser el afán por alcanzar la excelencia académica que reclama el país, excelencia que sólo se conseguirá a través de la consistencia y el esfuerzo de profesores y alumnos, altos niveles de docencia e investigación, aplicación de métodos pedagógicos progresistas que permitan lograrla.

El Marco Institucional de la UNAM también establece la importancia de “asumir cabalmente la responsabilidad de contribuir a atender, mediante sus tareas de docencia, investigación y extensión de la cultura, las necesidades de los distintos sectores, tanto en la formación de recursos humanos, como en lo concerniente a la generación de conocimientos y su difusión”. En este sentido mi contribución al proyecto antes mencionado fue relevante para alcanzar los objetivos planteados en la tesis, principalmente porque la organización de los datos de campo y los análisis estadísticos permitirán atender la apremiante necesidad de generar alternativas productivas que permitan no solo la conservación de los recursos naturales, sino también la mejora de la calidad de vida de los productores y habitantes de la región.

El Marco Institucional de la UNAM enlista una serie de principios que ayuden a los docentes a preparar alumnos competentes e informados, dotados de sentido social y conciencia nacional, que actúen con convicción y sin egoísmo, que pretendan un futuro mejor en lo individual y en lo colectivo. Estos principios pretenden “orientar la función docente, haciendo explícitos los lineamientos para el desarrollo de los planes y programas de estudio, que aseguren la congruencia de los mismos con las necesidades sociales, culturales y académicas, así como los objetivos del nivel académico que se pretende lograr”. El proyecto del cual formó parte el presente servicio social cubre estas necesidades sociales y culturales, ya que se abarca la mejora de los ejes sociales y culturales del lugar donde se realiza la parte experimental de la tesis, el municipio de Marqués de Comillas en el estado de Chiapas. Aunado a esto, podemos hablar del eje académico, este servicio social me permitió aprender a elaborar bases de datos, análisis estadísticos, escritura de textos y búsqueda de literatura especializada, por lo que alcanzamos los objetivos académicos que se plantean en el Marco

Institucional de la UAM y la UNAM, retribuyendo algo a la sociedad a través de la oportunidad de aprendizaje que se me brindó en este servicio social, y de los claros objetivos socio ambientales que tiene el proyecto del cual formé parte, además de que los conocimientos que adquirí durante mi formación académica en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-X) fueron reforzados durante el desarrollo del servicio social.

2. INTRODUCCIÓN

La agroforestería es un área interdisciplinaria que incluye interacciones entre árboles, personas y agricultura, manejando una serie de sistemas y tecnologías del uso de la tierra en las que se combinan la producción de cultivos con especies forestales y/o animales, de forma tal que sea posible demostrar una influencia ecológica mutua. Sus diferentes componentes interactúan bio-económicamente en zonas o mezclados, tanto en ecosistemas frágiles como estables, a escala de campo agrícola, finca o región, usados para subsistencia o comercialización en función del tiempo y el espacio sobre la misma superficie de terreno, ya sea de forma simultánea o secuencial.

La restauración ecológica es una disciplina de origen reciente, que se enfoca hacia la rehabilitación biótica y abiótica de los sistemas naturales, con la idea de restituir su estructura y procesos funcionales. El estudio de la restauración de bosques tropicales se ha concentrado en la identificación de los factores que limitan la regeneración, cuyo manejo permitiría controlar y acelerar la sucesión secundaria.

Existe una creciente presión por alimentar y proveer de bienes y servicios ecosistémicos (agua y alimentos) a una población humana en aumento (UN, 2017), dentro de un escenario con alrededor del 80% de las tierras agrícolas degradadas, con una acelerada expansión agrícola que significa la principal causa de pérdida de ecosistemas forestales y sus servicios ecosistémicos asociados (FAO, 2015; IPBES, 2018).

Ante este escenario, la presión para que se restauren los ecosistemas y sus funciones y los servicios asociados también se agudiza (Laughlin, 2014), y se ha aumentado la atención a la restauración de tierras deforestadas y degradadas alrededor de todo el mundo (Jacobs et al., 2015; Ostertag et al., 2015): se considera que la restauración de ecosistemas es uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI (Laughlin, 2014).

La idea restaurar basado en la función de los ecosistemas ha ganado terreno en la actualidad. El enfoque funcional permite reconocer los mecanismos por los cuales la diversidad biológica responde a su entorno o influye el funcionamiento de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos (Naeem y Wright, 2003). Para ello, se estudia la comunidad biótica basados en las características intrínsecas de los organismos (rasgos funcionales; Violle et al., 2007). Los rasgos funcionales son características (morfológicas, fisiológicas, bioquímicas, de comportamiento, etc.) que son medibles desde el nivel celular hasta organismo, y que influyen notablemente en la adecuación del organismo al medio (rasgos de respuesta) o que tienen un efecto sobre el funcionamiento del ecosistema (rasgos de efecto) (Lavorel y

Garnier, 2002; Violle et al., 2007). Cada uno de estos rasgos está asociado a ciertas funciones dentro del organismo, y por ende a procesos y servicios ecosistémicos específicos.

A nivel de comunidad, la interacción entre individuos es una característica fundamental. En este sentido, se ha propuesto la hipótesis de complementariedad de nicho que señala que una diversidad de valores de los rasgos funcionales puede coexistir a través del uso complementario de los recursos (complementariedad de nicho), propiciando una mayor productividad en el ecosistema (Tilman et al., 1997).

El desarrollo de alternativas funcionales responde al enfoque ecológico de la restauración, sin embargo, esta actividad se realiza generalmente dentro de un contexto social, y tanto la deforestación como las áreas susceptibles a restauración se han concentrado dentro de la franja tropical del planeta, en la cual también confluyen una alta biodiversidad con condiciones de pobreza y vulnerabilidad en las poblaciones humanas. Por ello, se ha considerado que la restauración debe integrar el contexto social y se debe desarrollar considerando fortalecer las capacidades de los socio-ecosistemas (IPBES, 2018).

Los bosques tropicales son los más antiguos, diversos y ecológicamente complejos (Whitmore, 1997). Sostienen probablemente más de la mitad de todas las formas de vida del planeta (Myers, 1984) y brindan servicios ambientales como la captación de agua, el mantenimiento del suelo, la fijación de CO₂; además de contener innumerables especies con valor real o potencial. El aumento en la atención que han recibido se ha debido principalmente a las implicaciones de la deforestación (Brown y Lugo, 1994). Ésta genera a nivel regional la pérdida del uso forestal, deterioro físico y químico del suelo, alteración del balance hídrico y desestabilización de cuencas; a nivel global altera el albedo y el balance de agua atmosférica, así como los patrones climáticos y puede contribuir al calentamiento global.

3. ANTECEDENTES

Actualmente los bosques productivos de uso múltiple (producción y conservación) representan el 26% del bosque mundial y el 17% del área de bosque tropical. Los bosques productivos pueden tener impactos negativos en el ambiente si se prioriza el manejo intensivo sobre la conservación, sin embargo, si estos se establecen con objetivos de restauración en zonas degradadas, generan impactos positivos en la biodiversidad y funcionamiento del ecosistema (IPBES, 2018).

En México, la selva Lacandona ha experimentado un intenso cambio de uso de suelo debido a la expansión de la frontera agrícola (De Jong et al., 2000), resultando en una disminución del bosque maduro al tiempo que han aumentado las tierras de uso agrícola y potreros (Cairns et al., 2000). Es por esto que urge encontrar formas eficientes de restauración que permitan promover la regeneración de bosques y sus procesos. Zermeño et al. (2016) reconocieron que la perturbación por el uso agrícola afecta la regeneración del bosque, y que el uso ganadero

reduce la regeneración. Por lo que resulta esencial desarrollar servicios ecosistémicos en un ambiente con un creciente abandono de tierras y con bajo potencial de regeneración.

Con miras a aportar conocimiento que estribe en la mejora de la restauración con sistemas agroforestales, el proyecto del cual forma parte este servicio social busca aportar elementos para responder la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las especies y ensamblajes funcionales que podrían establecerse más exitosamente en sitios agropecuarios abandonados? Para ello, se planteó realizar el estudio en la región de Marqués de Comillas, Chiapas, ya que en esta zona se encuentra el macizo de bosque tropical más grande de México, en donde se alberga una alta biodiversidad (INE 2000), este sitio además ha tenido cuatro décadas de deforestación y modificación de uso de suelo por actividades antrópicas (De Jong et al., 2000), y se presentan áreas con bajo potencial de regeneración debido a la degradación por actividad agropecuaria (Zermeño et al., 2016).

4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto se desarrolló en el municipio de Marqués de Comillas en el estado de Chiapas, como parte de la tesis Doctoral de la alumna Laura Cedillo, la cual se está realizando en el laboratorio de Ecología y Manejo de Bosques Tropicales en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El municipio de Marqués de Comillas pertenece a la zona de influencia de la Reserva de la Biósfera de Montes Azules (RBMA) en la Región de la Selva Lacandona, Chiapas. En la actualidad, el municipio tiene un 60% de su territorio con uso agropecuario, sin embargo, es una zona de alta importancia ecológica, prueba de esto es que diversos proyectos han centrado su atención en la regeneración y conservación de sus remanentes de cobertura forestal para contribuir al mantenimiento de la conectividad estructural y funcional de la RBMA y de esta manera mejorar la calidad de vida de los habitantes de Marqués de Comillas (Carabias et al., 2020; Meli et al., 2013; Barceinas, 2015; De la Maza et al., 2015).

El trabajo experimental se lleva a cabo en la parte suroeste del municipio, donde se establecieron dos parcelas a las que llamaremos Olivar e Irene (Figura 1). La primera parte del proyecto consistió en ayudar a identificar ensamblajes vegetales con alta y baja complementariedad funcional, para posteriormente evaluar el rendimiento y la productividad de los diferentes ensamblajes vegetales con los resultados del trabajo experimental realizado en las parcelas, donde se alternaron cultivos con especies nativas para generar policultivos.



Figura 1. Mapa de ubicación de la investigación y parcelas. (Ramón, 2001)

5. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Explorar ensambles de especies vegetales útiles con características funcionales complementarias que ejemplifiquen el desarrollo de bosques comestibles en sus primeras etapas.

6. ESPECIFICACIÓN Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS DE ACUERDO AL CALENDARIO PROPUESTO

A continuación, se presenta el calendario de actividades que se realizaron en el servicio social (tabla 1). Las actividades se llevaron a cabo durante 24 semanas. Desde la semana dos iniciamos con la captura de datos, ya que se contaba con información de dos años de muestreo. Para alcanzar los objetivos del proyecto fue necesario realizar análisis de los datos de campo que nos permitieran responder la pregunta de ¿Cómo influyen los niveles de complementariedad funcional en el desempeño y rendimiento de bosques comestibles tropicales? El presente servicio social sirvió de apoyo para analizar el desempeño y el rendimiento de los bosques comestibles. También se trabajó en la búsqueda de información para encontrar los mejores ensambles vegetales y para apoyar a la elaboración del marco teórico del proyecto Doctoral.

Tabla 1. Calendario de actividades realizadas durante el servicio social.

Actividad	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19-24
Introducción al proyecto	x																		
Captura de datos	x	X	x																
Parcelas en Excel				x	X														

Captura de datos						x	x												
Búsqueda de información para desarrollar el marco teórico del proyecto							x	x	x	x									
Búsqueda de información de usos de especies							x	x											
Captura de datos								x	x	x									
Análisis descriptivos											x	x	x						
Análisis de cultivos													x	x					
Captura de datos														x	x				
Análisis e interpretación de datos															x	x	x		
Estimación cobertura																			x
Escritura d informe final																			x

7. IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL

El proyecto del cual formó parte el presente servicio social tiene un notable impacto social y ecológico. El objetivo principal del proyecto, como ya se ha mencionado, es desarrollar bosques comestibles, a través de establecer las bases para generar sistemas productivos sustentables que permitan mitigar los problemas ambientales que afectan una de las zonas de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera de Montes Azules.

Al proponer una alternativa sustentable a los tradicionales sistemas productivos en una de las regiones con mayor biodiversidad del país, se están atendiendo problemáticas ambientales en contra de los monocultivos que tanto afectan a la biodiversidad, pero también se están atendiendo problemas sociales y económicos, ya que los beneficios de los bosques comestibles no serán únicamente ambientales, los pobladores de la región también se verán beneficiados al tener tierras mas enriquecidas y menos degradadas.

Como es evidente, las implicaciones y los múltiples beneficios del proyecto en el cual participé realizando mi servicio social, son muchas. Es muy importante que este tipo de

trabajos tengan beneficios tangibles para la sociedad, y que no se queden únicamente como un requisito para obtener un grado o un título académico.

8. APRENDIZAJE Y HABILIDADES OBTENIDAS

Durante el desarrollo del servicio social mejoré mis habilidades en el manejo de bases de datos y análisis de los mismos. Esto es muy importante para un biólogo porque en cualquier área que nos desarrollemos necesitamos tener habilidades en el manejo y análisis de bases de datos. Estas técnicas son herramientas básicas de estadística descriptiva, lo que incluye recoger, ordenar, almacenar, realización de tablas dinámicas y gráficos. El objetivo de estos análisis fue evaluar el rendimiento (cantidad de frutos y biomasa) y el desempeño (crecimiento y estado sanitario) de los sistemas agroforestales. Los análisis incluyeron datos de dos años de muestreo (11 censos) realizados en el municipio de Marqués de Comillas en el estado de Chiapas, y se realizaron pruebas de estadística descriptiva para determinar la variación en la supervivencia, crecimiento en altura cobertura y diámetro del tallo de las especies vegetales evaluadas para determinar los mejores ensambles ecológicos de los bosques comestibles, esto con la finalidad de determinar la complementariedad funcional de dichos ensambles. Resaltemos que un ensamble es un conjunto de especies vegetales, y el estudio de estos ensambles me permitió estudiar bibliográficamente las interacciones biológicas entre especies trabajadas de la selva Lacandona. También aprendí a realizar análisis de las tasas de sobrevivencia de las especies vegetales con curvas de sobrevivencia.

Otro factor importante en mi proceso de aprendizaje en este servicio social fue mejorar mis habilidades en la búsqueda de literatura especializada y en la redacción de textos científicos al contribuir al proceso de elaboración del marco teórico del proyecto del cual formó parte mi servicio social. Además de la búsqueda de información que tuve que realizar para elaborar mi documento de servicio social. Todo esto me permitió incrementar mi aprendizaje sobre la ecología de los sistemas forestales y la restauración de ecosistemas.

9. FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL

Como parte del proyecto de apoyo a la investigación, se realizó el análisis de los datos obtenidos en las parcelas experimentales con el objetivo de evaluar el rendimiento y la productividad de los ensambles vegetales. Esta evaluación fue de suma importancia porque permitió responder a la pregunta de ¿Cómo influyen los niveles de complementariedad funcional en el desempeño y rendimiento de bosques comestibles tropicales? Es un proyecto con fuertes bases ecológicas que pretendió contribuir en el desarrollo social a través de la mejora de la seguridad alimentaria de los habitantes de la región, ofreciéndoles alternativas de uso de la tierra más amigables con el ambiente en comparación con las actividades agropecuarias predominantes en el municipio, las cuales se basan en la implementación de monocultivos que tanto afectan a la biodiversidad. Es reconocido que la implementación de policultivos incrementa la diversidad de una región, favoreciendo los procesos de los ciclos biogeoquímicos y mejorando la calidad de los servicios ambientales (Beer et al., 2003; Altieri, 1999). Estas actividades se enmarcan en la Misión de la UAM Xochimilco porque el conocimiento adquirido en la universidad sirvió de apoyo en un proyecto cuyo objetivo no solo es conservar los ecosistemas del sureste mexicano, que ya es mucho decir, sino también

para el implemento de técnicas de producción acorde con la conservación del medio ambiente y la mejora de la calidad de vida de los habitantes de la región a través de la conservación de los recursos naturales y la producción de alimento.

La participación en este servicio social también me permitió establecer contacto con investigadores de una de las Universidades más importantes de América Latina, reforzando e incrementando los conocimientos adquiridos durante la Licenciatura en Biología cursada en la UAM-X.

Los resultados obtenidos durante la realización del servicio social fueron las siguientes:

Como primer paso, mi participación en este proyecto de servicio social se centró en ayudar a reconocer a las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas útiles en la región de la selva Lacandona, con la finalidad de establecer los ensambles (conjunto) de especies vegetales que se plantaron en las parcelas de estudio. En las especies arbóreas, se compilaron 150 especies útiles para la región de la selva Lacandona, reconociendo información ecológica y social relevante para la restauración. Posteriormente, se reconocieron las especies que logísticamente fueran viables para utilizar en el experimento, esto es, que se pudieran propagar en viveros locales, así como que se pudieran coleccionar y propagar para la temporada de lluvias de agosto-octubre del 2020; la primera información se obtuvo por comunicación con viveros locales y la segunda mediante la exploración de las temporadas de fructificación de las especies. Además, se reconocieron las especies señaladas como especies de alto valor de importancia para la restauración para la zona de estudio (Meli et al., 2013), las cuales coincidieron ampliamente con aquellas que se sabían propagar. El primer filtro para obtener las especies potenciales fue, principalmente la capacidad de propagarlas, y con ello la lista de especies arbóreas se redujo a 31 especies potenciales.

Para estas 31 especies potenciales, se obtuvieron datos de atributos funcionales relacionados a su desempeño (área foliar: AF, área foliar específica: AFE, contenido de materia seca: CMS, densidad de madera: DM, peso de semilla: PS). La información fue compilada de trabajos previos del LEMByT (Cedillo, 2017; Lobheck, 2014; Tauro, 2013) y la Base de datos de la Red de Ecología e Información Botánica (Maitner et al., 2018).

Finalmente, se creó un índice para reconocer a las especies arbóreas clave de este conjunto, de manera que se tuviera prioridad por aquellos ensambles que tuvieran las especies clave de mayor importancia. Para este índice se consideraron atributos de importancia para el experimento: especie zoocórica (0 o 1), fijación de nitrógeno (0 o 1), especie caducifolia (0 o 1), velocidad de crecimiento (inverso de DM), facilidad de establecimiento, para el cual se utilizó la amplitud de nicho de las especies (0 a 1), interés de la población (0,5,1) y usos potenciales (0 a 1, y que se obtenía por el número de usos entre 8 posibles usos). Además, se eliminaron diversas especies, que para ese momento no podrían utilizarse, principalmente por motivos técnicos. La lista finalmente se conformó por 29 especies arbóreas clave.

Para las especies herbáceas y arbustivas, se recopiló información sobre especies que son de interés en la región, ya sea porque son cultivadas o son especies útiles entre los pobladores. Esta información se obtuvo de bibliografía (INIFAP, 2018), trabajo de campo, talleres en campo y material de difusión realizados por el proyecto de bosques comestibles y cocina-colaboratorio. En total se obtuvieron 66 especies y variedades, de las cuales se seleccionaron las especies potenciales en base a los criterios de selección de herbáceas para sistemas agroforestales y restauración de ambientes degradados (tabla 2; Beert et al., 2003; Soto-Pinto et al., 2008), obteniéndose 12 especies potenciales. La información para esta selección se obtuvo de literatura y con habitantes de la región. Finalmente, para estas 12 especies potenciales se obtuvieron datos de rasgos funcionales: altura, AF, AFE, PS y densidad de tallo (SD: Stem density), esta última como análogo a la de densidad de madera, la cual se obtuvo por revisión bibliográfica y consultando la Base de datos de la Red de Ecología e Información Botánica (Maitner et al., 2018).

Tabla 2. Características consideradas para la selección de herbáceas para sistemas agroforestales

- | | |
|---|--|
| • Cultivos con demandantes de luz | • Con potencial económico |
| • Que no sombreen antes del establecimiento de cultivos | |
| • No trepadoras con árboles jóvenes | • Que exista experiencia con el cultivo |
| • No cultivos que agoten nutrientes | • Poco exigente con mano de obra |
| • Excluir cultivos de tubérculo o raíz | • Aptos para desarrollarse en zona degradada |
| | • Especies nativas |
| • Fijen nitrógeno | |

Con las especies potenciales (29 arbóreas y 12 herbáceas y arbustivas) se generaron ensambles aleatorios de tres especies, que tuvieran 1 especie arbórea, 1 arbusto y 1 especie herbácea. Con base en los atributos funcionales de las especies de cada ensamble, se analizó la complementariedad de cada uno de ellos. Los ensambles se analizaron de manera exploratoria con un MFAD que es un índice que mide la disimilitud de los rasgos entre pares de especies, y no considera las abundancias.

Para reconocer si los ensambles tenían niveles de complementariedad significativamente bajos y altos, se eligieron ensambles que estuvieran por encima y por debajo de los niveles de significancia inferiores y superiores del total de ensambles generados aleatoriamente ($P.05 = MFAD.51$, $P.95 = MFAD.84$), de estos ensambles, se dio prioridad a aquellos que presentaran a las especies arbóreas clave identificadas anteriormente. Con ello se obtuvieron los seis ensambles finales con los que se trabajará en el desarrollo de la tesis Doctoral de la

cual mi servicio social formó parte. Dichos ensambles se presentan en la tabla 3 y se ilustran en la figura 2.

Tabla 3. Ensambls con diferentes niveles de complementariedad a utilizar en el estudio

Nivel de complementariedad	Especies	MFAD
Alta	<i>Cojoba arborea</i> (frijolillo)- <i>Ananas comosus</i> (piña)- <i>Capsicum annum</i> (chile)	.88
Alta	<i>Inga pavoniana</i> (inga)- <i>Ananas comosus</i> (piña)- <i>Capsicum annum</i> (chile)	.86
Alta	<i>Brosimum alicastrum</i> (ramón) - <i>Inga pavoniana</i> (inga) - <i>Lycopersicon esculentum</i> (jitomate)	.85
Baja	<i>Cedrela odorata</i> (cedro)- <i>Crotalaria longirostrata</i> (chipilín)- <i>Physalis philadelphica</i> (tomate verde)	.51
Baja	<i>Cedrela odorata</i> (cedro) - <i>Bixa Orellana</i> (achiote) - <i>Physalis philadelphica</i> (tomate verde)	.51
Baja	<i>Tabebuia rosea</i> (maculí), <i>Ochroma pyramidale</i> (balsa), <i>Crotalaria longirostrata</i> (chipilín)	.51



Figura 2. Ensambls vegetales conformados por especies de importancia para la región.

Los datos de campo fueron vaciados en una base de datos y se realizaron análisis estadísticos reconociendo la variación en la supervivencia, crecimiento en altura cobertura y diámetro del tallo para los distintos niveles del estudio. Los niveles, del más alto al menor fueron los siguientes: tratamientos (alta complementariedad funcional, baja complementariedad, monocultivos de especies de baja complementariedad y de alta complementariedad; como controles), ensambles, especies. Se analizó la tasa de supervivencia para los distintos niveles en cada uno de los 11 censos realizados (figura 3).

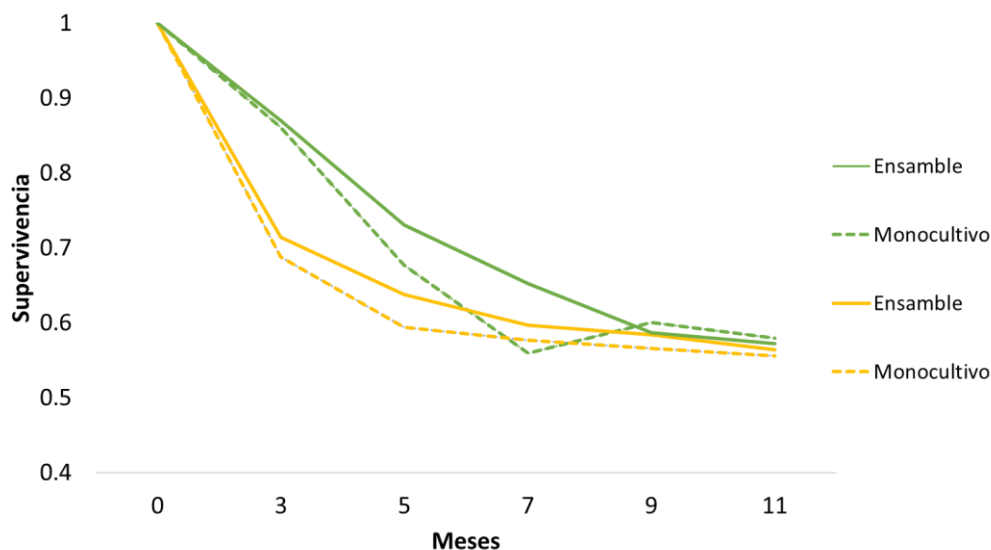


Figura 3. Curva de supervivencia en 11 meses. En verde, supervivencia de todos los ensambles de alta complementariedad, en amarillo, supervivencia de los ensambles de baja complementariedad. La línea se distingue entre línea continua (ensamble) y línea discontinua (monocultivo).

Como se puede observar en la figura 3 ambos ensambles tanto con alta como con baja complementariedad tuvieron una mayor sobrevivencia que los monocultivos, siendo evidente que los ensambles con alta complementariedad tuvieron una mayor tasa de sobrevivencia. Estos resultados apoyan lo establecido por Tilman et al. (1997) sobre la hipótesis de la complementariedad de nicho, la cual señala que una diversidad de valores de los rasgos funcionales puede coexistir a través del uso complementario de los recursos, dando lugar a una mayor productividad de los ecosistemas que es lo que se busca en la generación de bosques comestibles. Los valores de sobrevivencia más altos en los ensambles con más alta complementariedad nos ayudan a responder la pregunta de investigación planteada en el proyecto del cual forma parte mi servicio social, ¿Cómo influyen los niveles de complementariedad funcional en el desempeño y rendimiento de bosques comestibles tropicales? Pues al parecer los resultados indican que una alta complementariedad mejora la productividad de las parcelas.

Con respecto al estado fitosanitario, que forma parte de la evaluación del desempeño o rendimiento de las parcelas, se observó en la parcela olivar una tendencia de mayor daño en ensambles de baja complementariedad con relación a los ensambles de alta complementariedad funcional. Dentro de la parcela Irene los valores tendieron a ser similares (Figura 4a). En la figura 4b se puede observar que los mayores daños se presentaron por folivoría (39%), seguido de individuos enfermos (24%).

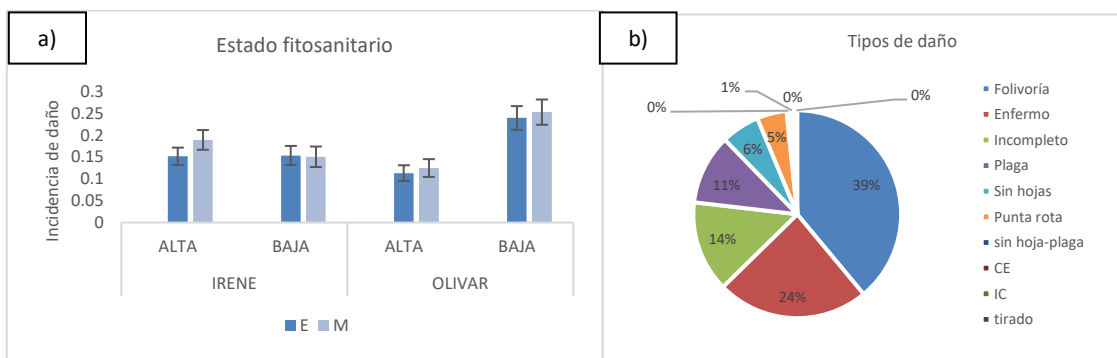


Figura 4. Estado fitosanitario cotejando la variación en la incidencia del total de especies en todos los ensambles (E) por tratamiento contra los monocultivos (M), por tratamiento y parcela; y el porcentaje de incidencia de cada uno de los tipos de daño registrados.

Todos estos análisis se realizaron para contribuir a la comprobación de la hipótesis de estudio del cual forma parte este servicio social. Esta hipótesis establece que los ensambles de especies con baja complementariedad tendrán altas tasas de mortalidad y bajas tasas de crecimiento, así como bajo rendimiento en biomasa, mientras que los ensambles de especies con alta complementariedad tendrán bajas tasas de mortalidad, altas tasas de crecimiento y alto rendimiento en biomasa. Aunque en este servicio social solo se evaluó la sobrevivencia de las especies, se pudo observar, como ya se mencionó con anterioridad, que las mayores sobrevivencias de ensambles se presentaron en especies con alta complementariedad, tal como se establece en la hipótesis de estudio. Esto tiene lógica porque de acuerdo con la literatura si las especies de un lugar tienen diferentes requerimientos ecológicos, entonces puede generarse complementariedad, dando disminución a la competencia o incluso dando lugar a procesos de facilitación y en el caso de los sistemas productivos se incrementa la productividad (Alberti et al., 2018; Olguín et al., 2019), ya que como bien es sabido los monocultivos tienen una baja diversidad, y al tener un sistema productivo conformado por ensambles, como se establece en los bosques comestibles, la productividad se incrementa como consecuencia de una alta complementariedad funcional que deriva en una mayor diversidad tal como afirma el trabajo de Cedillo (2017).

Lo más importante es que estos resultados pueden apoyar la importancia de la selección de especies desde el punto de vista funcional en agroecosistemas con la finalidad no solo de lograr un buen rendimiento para los productores, sino que también nos permita mejorar las características ecológicas de los sistemas productivos para hacer frente a la crisis ambiental actual y que estos sistemas productivos sirvan a su vez como una zona de amortiguamiento

que permita mantener la cobertura forestal de los alrededores (Cedillo, 2017; Salgado-Negret, 2016; Tauro, 2013; Torralba, 2012).

10. REFERENCIAS

Alberti, J., P. Daleo & O. Iribarne. (2018). ¿Blanco, negro o escala de grises? Determinación de la contribución relativa del nicho ecológico y la teoría neutral en los ensamblajes de especies. *Ecología Austral*. 28: 104-112. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.0.622>

Altieri M. A. (1999). Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable. ISBN (Nordan): 9974-42-052-0, 337 pp.

Barceinas A. (2015). Fortalecimiento de capacidades locales y educación ambiental como factor de cambio para la conservación de la selva en Marqués de Comillas. En: Carabias, J., J. de la Maza y R. Cadena (coord.), *Conservación y Desarrollo Sustentable en la Selva Lacandona: 25 años de experiencia*, 487-513, Natura y Ecosistemas Mexicanos, México.

Beert J., Harvey C., Ibrahim M., Harmand, J. M., Samarriba E. & Jiménez f. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*. Vol. 10 (37-28).

Brown, S. & A. E. Lugo. (1994). Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining. *Restoration Ecology* 2(2): 97-111.

Cairns, M., P. Haggerty, R. Alvarez, B. H. J. De Jong, & I. Olmsted. (2000). Tropical Mexico's recent land-use change: a region's contribution to the global carbon cycle. *Ecological Applications* 10,1426–1441

Carabias J., Meli P., Castro E., de la Maza J., & Cadena R. (2020). Naturaleza y servicios ecosistémicos sanos: Condición para el bienestar en la Selva Lacandona, México. En: Meli P., 2020. *Hacia una valoración incluyente y plural de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Visiones, avances y retos en América Latina*, 228-247.

Cedillo L, (2017). Gradiente de diversidad funcional de especies arbóreas en paisajes agropecuarios de una región Neotropical. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad Ecológica. 79 pp.

De Jong, B.H., Ochoa-Gaona, S., Castillo-Santiago, M.A., Ramírez-Marcial, N. & Cairns, M.A. (2000). Carbon flux and patterns of land-use/land-cover change in the Selva Lacandona: México. *AMBIO* 29, 504–511

De la Maza, J., J. Carabias, L. Ruiz, A. Mastretta, & V. Valadez. (2015). Ecoturismo para la conservación. Bases para el desarrollo ecoturístico en el municipio Marqués de Comillas, Selva Lacandona, Chiapas. En: Carabias, J., J. de la Maza y R. Cadena (coord.), *Conservación y Desarrollo Sustentable en la Selva Lacandona: 25 años de experiencia*, 333-351, Natura y Ecosistemas Mexicanos, México.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2015). Evaluación de Los Recursos Forestales Mundiales 2015. Compendio de Datos. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. doi:ISBN 978-92-5-106654-

Gaceta UNAM. (2003). Marco Institucional de Docencia. Ley Universitaria. Aprobado en sesión de la Comisión de Trabajo Académico del Consejo Universitario el día 30 de septiembre de 2003. Publicado el día 6 de octubre de 2003.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2018). Programa de desarrollo del INIFAP 2018-2024: Mayor productividad en armonía con el medio ambiente. México, CDMX, México. 464 p.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/509563/Programa_de_Development_del_INIFAP_2018-2019.pdf

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). (2018). The assessment report on land degradation and restoration, Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

Jacobs, D. F., Oliet, J. A., Aronson, J., Bolte, A., Bullock, J. M., Donoso, P. J., & Landha, S. M. (2015). Restoring forests: What constitutes success in the twenty-first century?. 601–614.
<https://doi.org/10.1007/s11056-015-9513-5>

Laughlin, D. C. (2014). Applying trait-based models to achieve functional targets for theory-driven ecological restoration. *Ecology Letters*, 17, 771–784. <https://doi.org/10.1111/ele.12288>

Lavorel, S. & Garnier, E., (2002). Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Funct. Ecol.* 16, 545–556.

Lohbeck, M. (2014). Functional ecology of tropical forest recovery. Tesis de doctorado. Wageningen University. Países bajos. 224 pp.

Maitner BS, Boyle B, Casler N, et al. (2018). The BIEN R package: A tool to access the Botanical Information and Ecology Network (BIEN) Database. *Methods Ecol Evol.* 9:373-379.
<https://doi.org/10.1111/2041-210X.12861>

Myers N (1984). The primary source: Tropical forest and our future. Norton. Nueva York, EEUU. 399 pp

Meli P., J.M. Rey Benayas, J. Carabias, L. Ruiz & M. Martínez Ramos. (2013). Restauración de los ecosistemas ribereños y sus servicios ecosistémicos. Meta-análisis global y un estudio de caso en Chiapas, México. En: Servicios ecosistémicos hídricos: estudios de caso en América Latina y el Caribe, Red ProAgua CYTED. Larterra P, Lara A, Manson R, Barrantes G (Eds.), Valdivia, 39 -58.

Naeem, S. & Wright, J.P. (2003). Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: deriving solutions to a seemingly insurmountable problem. *Ecol. Lett.* 6, 567–579.

Olguin, F. Y., C. Graciano, M. A. Pinazo, M. F. Arturi & J. F. Goya. (2019). Evaluación de la competencia en rodales mixtos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze y especies forestales nativas del Bosque Atlántico con diferentes requerimientos lumínicos. XIII Jornadas técnicas forestales y ambientales 2019, Eldorado, Misiones. Argentina.

Ostertag, R., Warman, L., Cordell, S., & Vitousek, P. M. (2015). Using plant functional traits to restore Hawaiian rainforest. *Journal of Applied Ecology*, 52(4), 805–809.
<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12413>

Salgado-Negret, B. (Ed.). (2016). La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia. 236 pp.

Soto-Pinto, L. (2018). Diseño de Sistemas Agroforestales para la Producción y la Conservación, Experiencia y Tradición en Chiapas. Colegio de la Frontera del Sur. ISBN: 978-607-7637-02-8.

Tauro, A. (2013). Sucesión y dimensiones ecológicas en bosques tropicales secundarios. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, 100 pp.

Torralba, M. (2012). Análisis de la variación de la diversidad funcional en los principales usos del suelo en sierra morena. Tesis Master, Universidad Autónoma de Madrid-Universidad Complutense de Madrid, España.

Tilman, D., J. Knops, D. Wedin, P. Reich, M. Ritchie & E. Siemann. (1997). The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277: 1300-1302.

United Nations (UN), Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2017). World Population Prospects. The 2017 Revision. <https://population.un.org/wpp>.

Violle et al. (2007). Let the concept of trait be functional. *Advancing ecology*, 116, 882-892. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x>.

Whitmore TC (1997). Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss. En Laurence WF, Bierregaard RO (Eds.) *Tropical forest remnants. Ecology, Management, and Conservation of fragmented communities.* The University of Chicago Press. EEUU. pp. 3-12

Zermeño-Hernández, I., Pingarroni, A., & Martínez-Ramos, M. (2016). Agricultural land-use diversity and forest regeneration potential in human-modified tropical landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 230, 210–220. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.007>