



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

**Evaluación de viabilidad de semillas de leguminosas
leñosas de la Selva Baja Caducifolia nativas de la región
“La Montaña”, Guerrero.**

QUE PRESENTA LA ALUMNA

Eila Santiago Luna

Matrícula: 2163024282

ASESOR:

Dra. Virginia Cervantes Gutiérrez (No. Económico 34406)

Ciudad de México

Fecha: Abril, 2023

Resumen

La pérdida de recursos naturales y productivos en el país, causada principalmente por actividades agropecuarias, lleva consigo problemas ambientales y sociales. A pesar de que en México se han implementado estrategias de restauración para combatir esta problemática, aún son escasos los proyectos que se desarrollen bajo un enfoque interdisciplinario pero que además, realicen una evaluación de las prácticas implementadas.

Este servicio social se desarrolló bajo la modalidad de Actividades Relacionadas con la Profesión dentro del proyecto “Evaluación de Estrategias de Rehabilitación en Cinco Comunidades Indígenas del Trópico Seco en la región “La Montaña” del Estado de Guerrero” con el objetivo de generar información que contribuya a la evaluación de las estrategias implementadas.

Las actividades se realizaron de manera virtual. Con el fin de evaluar la viabilidad de semillas de plantas que son utilizadas para implementar actividades de restauración, se tomó un curso de estadística paramétrica orientado a la germinación de semillas. Posteriormente, se realizó la evaluación de la viabilidad de semillas de una especie de leguminosa nativa a la selva baja caducifolia de la Montaña de Guerrero, *Leucaena esculenta* (Benth.) morfo vaina corta, proveniente del sitio Paraje Teteltzin. Se midieron cuatro variables de respuesta: capacidad de germinación (CG), coeficiente de velocidad de kotowski (CV), tiempo necesario para alcanzar el 50% de germinación (TG50) y el tiempo lag (TL); también se realizaron análisis de varianza haciendo uso del programa estadístico Statgraphics X64. Los resultados obtenidos muestran que los tratamientos de calor de ½ minuto y 1 minuto de ebullición producen una mayor capacidad de germinación en los diferentes tiempos de almacenamiento; así mismo indican que la semilla sigue siendo viable después de 20 años de almacenamiento.

Para contribuir y facilitar el seguimiento del metaanálisis sobre la restauración en México, se realizó una búsqueda de artículos en cuatro revistas: 7 artículos fueron hallados en la revista Agroforestry Systems.; 21 en Botanical Science; 17 en Ecological Engineering; y 2 en Ecosistemas y Recursos Agropecuarios.

El presente servicio social me brindó herramientas para el procesamiento y análisis de datos que me serán de utilidad para cualquier proyecto y a lo largo de mi formación profesional. Además la información generada sobre la viabilidad de semillas puede resultar muy útil para otros proyectos de reforestación y restauración. Por otro lado, con la búsqueda de artículos obtuve un panorama general sobre los diferentes proyectos de restauración que se están implementado en el país.

Palabras clave: especies nativas, Guerrero, índices de germinación, restauración, Selva Baja Caducifolia.

Índice

<u>1.</u>	<u>Marco institucional</u>	1
<u>2.</u>	<u>Introducción</u>	1
<u>3.</u>	<u>Antecedentes del Proyecto</u>	3
<u>4.</u>	<u>Ubicación Geográfica</u>	4
<u>5.</u>	<u>Objetivo General</u>	4
<u>6.</u>	<u>Especificación y fundamentos de las actividades desarrolladas</u>	5
<u>6.1.</u>	<u>Curso de estadística paramétrica orientado a la germinación de semillas nativas</u>	5
<u>6.2.</u>	<u>Evaluación de la viabilidad de semillas leguminosas nativas</u>	5
<u>6.3.</u>	<u>Búsqueda de artículos de experiencias de restauración en México</u>	14
<u>7.</u>	<u>Impacto de las actividades del servicio social en proyecto de adscripción</u> ..	15
<u>8.</u>	<u>Aprendizaje y habilidades obtenidas durante el desarrollo del servicio social</u>	16
<u>8.1.</u>	<u>Curso de estadística paramétrica orientado a la germinación de semillas nativas</u>	16
<u>8.2.</u>	<u>Evaluación de la viabilidad de semillas leguminosas nativas</u>	16
<u>8.3.</u>	<u>Revisión de artículos sobre la restauración en México</u>	16
<u>9.</u>	<u>Fundamento de las actividades del servicio social</u>	17
<u>10.</u>	<u>Referencias</u>	17

1. Marco institucional

El servicio social se desarrolló bajo la modalidad de Actividades Relacionadas con la Profesión. Las actividades realizadas forman parte del proyecto “Evaluación de Estrategias de Rehabilitación en Cinco Comunidades Indígenas del Trópico Seco en la región “La Montaña” del Estado de Guerrero”; el cual es coordinado por la Dra. Virginia Cervantes Gutiérrez y se desarrolla dentro de las instalaciones del Laboratorio de Planeación Ambiental, que está adscrito al DEHA de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X).

2. Introducción

Durante los últimos cincuenta años, los seres humanos hemos manipulado y transformado los ecosistemas de forma más rápida y extensa para satisfacer la creciente demanda de alimentos, agua, combustibles, madera, etc.; esta transformación ha contribuido a obtener beneficios para el ser humano, pero al mismo tiempo, ha llevado a la degradación de los bienes y servicios ecosistémicos (MEA, 2005). La degradación de la naturaleza no sólo tiene consecuencias biológicas, como el deterioro del medio biótico y abiótico, sino también de carácter económico y social, afectando de forma directa o indirecta, la calidad de vida de las poblaciones humanas (Carabias y Arizpe, 1993 en Cervantes et al., 2000; Carabias et al., 1994).

Ante esta situación surgió la necesidad de desarrollar estrategias que permitieran la recuperación y el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, a mediano y largo plazo; esto es a través de acciones de restauración (Aronson et al., 2007). La restauración ecológica (RE) es, de acuerdo a su definición más reciente, una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado, transformado o destruido; busca facilitar la reanudación de los procesos, tomando como modelo un estado preexistente o histórico del ecosistema, también denominado sistema de referencia. (SER, 2004). El enfoque de la RE está asociado a prácticas de conservación a largo plazo (Young, 2000) de sistemas naturales (Clewel, 2000). En cambio, la Restauración Ambiental (RA) tiene como objetivo mejorar las condiciones de un sistema que ha sido degradado, dañado o destruido, con la finalidad de conducirlos a un estado arbitrariamente escogido, para mantener e incrementar su calidad ambiental y productiva, a través de diferentes estrategias (rehabilitación, mitigación, reconversión); su enfoque está dirigido a los sistemas socio-ecológicos, por lo tanto, no sólo analiza los factores ambientales, sino también los socioeconómicos que generan el disturbio (Cervantes et al., 2008; Arriaga et al., 2014).

En México, la Selva Baja Caducifolia (SBC) es un ecosistema que caracteriza al trópico seco, pues representa cerca del 60% de la vegetación tropical (Trejo y Dirzo, 2000). Se distingue por su amplia distribución, alta diversidad y gran magnitud de endemismos (Trejo y Dirzo, 2002; Rzedowski y Calderón, 2013). Sin embargo, es uno de los ecosistemas más amenazados, pues ha presentado tasas de deforestación de 1.9% anual llevando la pérdida del 50% de su cobertura (Cervantes et al., 2000; Trejo, 2005). Para contrarrestar esta problemática es necesario implementar estrategias de restauración ambiental que permitan mantener los beneficios socio-ambientales (Chaparro, 2016), de los que han dependido directamente las poblaciones humanas durante siglos (Challenger, 1998 citado en Cervantes et al., 2000). En consecuencia, se ha propuesto utilizar especies nativas de la SBC en las prácticas de reforestación y rehabilitación de sistemas degradados (Arriaga et al., 1994; Cervantes et al., 1998). México cuenta con muchas especies de leguminosas leñosas potencialmente útiles, sin embargo, existe escasa información sobre su utilidad en la reforestación y se conoce poco sobre la germinación de muchas otras especies de este ecosistema (Cervantes et al., 1998; González-Vélez et al., 2020).

Debido a lo antes mencionado, y a que la SBC de la región “La Montaña” del Estado de Guerrero presenta un alto grado de degradación, es importante realizar estudios sobre la viabilidad de las semillas de leguminosas nativas de esta región. Las semillas desempeñan un papel fundamental en la propagación y conservación del germoplasma vegetal, y así mismo son el principal recurso para reforestar (Vázquez-Yanes et al., 1997); por esta razón, realizar un análisis sobre el mantenimiento de la viabilidad de semillas a través del tiempo, contribuirá a la generación de conocimiento sobre la preservación in situ y ex situ del germoplasma nativo así como también sobre la propagación en vivero de plantas de alta calidad que contribuya a lograr una reforestación exitosa de los sistemas socio-ecológicos.

Por otro lado, a pesar de que las políticas públicas en materia de restauración ambiental se han ido fortaleciendo desde inicios del Siglo XX, el deterioro de los ecosistemas sigue presentándose debido a que dichas actividades se han limitado a prácticas de reforestación y conservación (Carabias et al., 2007). Recientemente, los metaanálisis han adquirido importancia en la toma de decisiones; es una técnica estadística que permite identificar variables y tendencias de un fenómeno a partir de estudios de caso independientes (Ojeda y Wurth, 2014). En este sentido, realizar un metaanálisis sobre la restauración en México permitirá generar información sobre las diferentes prácticas de restauración que se han llevado a cabo en nuestro país y de los impactos que han tenido en los ecosistemas degradados, tal conocimiento podría servir de apoyo en la consolidación de políticas públicas con un enfoque integrado de los ecosistemas.

3. Antecedentes del Proyecto

Los antecedentes del proyecto al que se encuentra adscrito este servicio social, se enfocaron a construir procesos ambientales y socioeconómicos bajo un marco de estudio sistémico e interdisciplinario para una comunidad indígena, San Nicolás Zoyatlán, en la región de La Montaña, Guerrero.

Esta experiencia mostró que la combinación de herramientas metodológicas utilizadas por las ciencias ambientales y sociales permitió no solo identificar el estado del ambiente productivo y natural, sino también los factores causales de dicho estado así como los procesos de apropiación de los recursos por parte de sus pobladores; así mismo permitió diseñar e implementar estrategias de rehabilitación que contribuyan a mejorar la dinámica del suelo y la vegetación y los servicios ambientales (Cervantes, 2005).

El diseño metodológico desarrollado en esta comunidad brindó las bases que permitieron extender las estrategias de rehabilitación con sus respectivas adecuaciones a otras cuatro comunidades de la región de La Montaña, Guerrero, que comparten características ambientales y problemáticas de degradación similares. La región de La Montaña se ubica al noroeste del estado de Guerrero y comprende una extensión de 6,530 km². Comprende dos zonas ecológicas, la cálido-húmeda con bosque tropical caducifolio como vegetación dominante y la templado-subhúmeda con bosques de encino-pino (Carabias et al, 1994).

Las comunidades donde se desarrolla el proyecto actual pertenecen a tres municipios de la región cálido-húmeda: Barranca del Ocate, Villa de Guadalupe y Tenango Tepexi son del municipio de Tlapa de Comonfort; el Barrio de las Mesitas al de Alcozauca y la comunidad piloto, San Nicolás Zoyatlán es del municipio de Xalpatláhuac.

Se establecieron sistemas agroforestales y plantaciones en las comunidades de Tlapa y Xalpatláhuac y solo plantaciones en Alcozauca. Para lo cual se rehabilitaron los viveros comunitarios y se produjeron 22 especies nativas de la SBC, pertenecientes a los géneros *Acacia*, *Agave*, *Diphysa*, *Erythrina*, *Eysenhardtia*, *Gliricidia*, *Havardia*, *Leucaena*, *Lysiloma*, *Mimosa*, *Pithecellobium* y *Prosopis*. Para ello fue necesario retomar estudios sobre la biología y distribución de las especies, así como estudios ecofisiológicos que permitieran generar técnicas de propagación masiva (Arriaga et al., 1994; Cervantes, 1996). Todo esto favoreció que en los viveros se produjeran plantas de alta calidad para contrarrestar la escases de germoplasma detectada en varias especies y utilizar el material genético nativo de la región que está potencialmente adaptado a las condiciones ambientales de los sitios en lo que se trabajó.

La evaluación de las acciones de restauración ambiental realizadas en cinco comunidades indígenas de la región de La Montaña, representan una gran oportunidad para contribuir en el desarrollo de proyectos de restauración interdisciplinarios que involucren una evaluación continua a mediano y largo plazo, ya que dichos proyectos son escasos en México.

4. Ubicación Geográfica

Las actividades del servicio social se realizaron a distancia a causa de la contingencia provocada por el virus SARS-Cov2. Para el análisis de viabilidad se utilizaron datos de la germinación de semillas de la especie *Leucaena esculenta*, leguminosa nativa de la SBC, procedentes de dos sitios: Paraje Teteltzin y San Nicolás Zoyatlán, que pertenecen al municipio de Xalpatláhuac de la región “La Montaña” de Guerrero; los datos fueron proporcionados por la Dra. Virginia Cervantes Gutiérrez, encargada del proyecto al que se encuentra adscrito este Servicio Social. *L. esculenta* se distribuye desde Nayarit hasta Oaxaca en áreas con selva baja caducifolia, matorral subtropical, encinar, bosque de pino encino y selva mediana subperenifolia en altitudes que varían de 500 a 1,900 m.s.n.m. En la región de La Montaña se establece en laderas abruptas formando parte de la vegetación primaria de la selva baja caducifolia (Arriaga et al., 1994).

En cuanto a la elección de artículos para el análisis del estado del arte de la restauración en México, la información que se revisó fue a nivel del país, puesto que la elección de los artículos incluyó a los diferentes Estados de México.

5. Objetivo General

Realizar la evaluación ambiental, social y económica del impacto de las estrategias de rehabilitación realizadas entre 1996 y 1999 en terrenos de cinco comunidades de la zona cálida y semicálida subhúmeda de la región de La Montaña, Guerrero, con la finalidad de elegir los criterios e indicadores que permitan calificar el proceso de recuperación del ambiente natural y productivo.

Las actividades de servicio social se vinculan a dicho objetivo general puesto que, analizar la viabilidad de semillas de distintas especies de leguminosas forma parte de la evaluación ambiental de manera indirecta, dado que se trata de las semillas de las especies nativas que se utilizaron en la rehabilitación de las distintas localidades en las que se ha trabajado en esta región. Respecto al estudio del estado del arte de la restauración, conocer y analizar otras experiencias de restauración utilizadas en México, a la luz de la experiencia de La Montaña de Guerrero, permitirán dimensionar los avances y oportunidades de mejora que puede haber para el presente proyecto.

6. Especificación y fundamentos de las actividades desarrolladas

Durante este servicio social se realizaron tres actividades. La primera fue un curso de estadística paramétrica orientado a la germinación de semillas. Esta herramienta fue la base para poder realizar el análisis de la viabilidad de semillas de una especie nativa, *L. esculenta*, de la Selva Baja Caducifolia de la región de “La Montaña”, Guerrero. Por otra parte, se participó en la búsqueda de artículos sobre las experiencias de restauración en el país en cuatro revistas científicas. Cabe resaltar que todas las actividades fueron realizadas en línea, mismas que se especifican a continuación.

6.1. Curso de estadística paramétrica orientado a la germinación de semillas nativas

Durante los meses de marzo, junio y julio tomé el curso de bioestadística impartido por la Dra. Ivonne Reyes Ortega. Se revisaron diferentes temas como: tipos de estudio y de muestreo; técnicas y métodos de muestreo; introducción a la fisiología de las semillas; características de la semilla y el proceso de germinación; características de la estadística descriptiva y paramétrica inferencial. El curso tuvo su enfoque en esta última orientado a la germinación de semillas; revisamos parámetros descriptivos para una muestra o población, análisis de correlación y de varianza. Posteriormente, obtuve a partir de datos de germinación de semillas de maguey índices de germinación, que se usaron como variables de respuesta para ejercitar las técnicas antes mencionadas para evaluar la germinación de las semillas. Al final del curso revisamos el programa estadístico Statgraphics X64, el cual utilicé más adelante para el análisis de la germinación de las semillas.

6.2. Evaluación de la viabilidad de semillas leguminosas nativas

Los datos de germinación que analicé pertenecen a las semillas de la especie *Leucaena esculenta* (Benth.) morfo vaina corta, llamada comúnmente guaje colorado o guaje rojo y su lugar de procedencia es Paraje Teteltzin, Guerrero. Estas semillas fueron almacenadas bajo condiciones de almacenamiento controlado en congelación durante varios años.

Las actividades las realicé en los meses de octubre del 2021 a febrero del 2022. La primera parte consistió en vaciar en una hoja de cálculo de Excel los datos de germinación diaria obtenidos para diferentes tiempos de almacenamiento y tratamientos pregerminativos, de acuerdo con el diseño experimental desarrollado por Virginia Cervantes para evaluar la germinación de *L. esculenta* (Tabla 1).

Tabla 1. Diseño experimental para evaluar la germinación de *Leucaena esculenta* (Benth.) morfo vaina corta, bajo distintos tiempos de almacenamiento y tratamientos pregerminativos.
Segundos = segs; Minutos = min.

# Siembra-Año	Tratamiento	Diseño
1- 14/05/1996	T1- Testigo	Tamaño de muestra= 100
	T2- 1/2 min ebullición	4 repeticiones de 25
	T3- 1 min ebullición	semillas por tratamiento
2- 12/05/1997	T1- Testigo	Tamaño de muestra= 100
	T2- 1/2 min ebullición	4 repeticiones de 25 semillas por tratamiento
3- 28-27/01/2000 (T1,T2) Y 14/03/2000 (T3)	T1- Testigo	Tamaño de muestra= 200
	T4- 15 segs ebullición	4 repeticiones de 50
	T3- 1/2 min ebullición	semillas por tratamiento
4- 24/04/2018	T1- Testigo	Tamaño de muestra= 250
	T2- 1/2 min ebullición	5 repeticiones de 50
	T3- 1 min ebullición	semillas por tratamiento

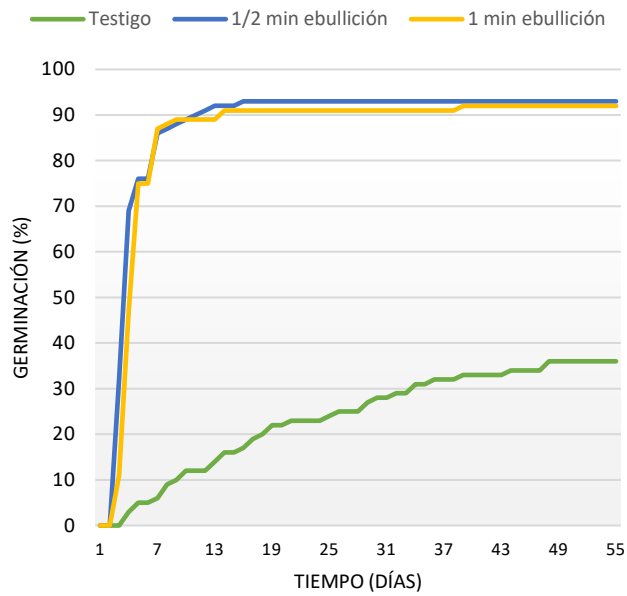
Posteriormente grafiqué, para comparar visualmente, los datos de germinación acumulada y diaria de los tratamientos testigo y calor húmedo en diferentes tiempos de almacenamiento (Figs. 1 y 2).

En las gráficas de germinación acumulada (Figura 1) se observa que en todos tiempos de almacenamiento las semillas testigo difieren de los demás tratamientos de calor húmedo, presentando siempre porcentajes bajos de germinación (15-35%) mientras que las semillas con tratamientos de calor húmedo alcanzaron más del 80% de germinación en los primeros 15 días a partir de la siembra.

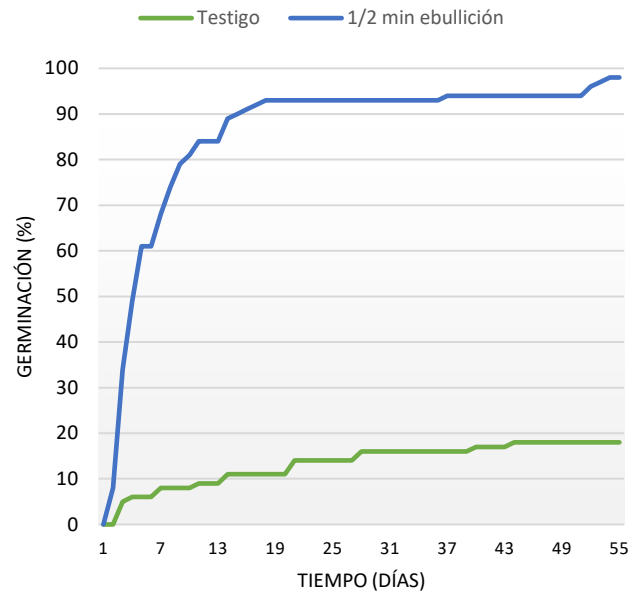
Para la siembra del año 2000 el tratamiento de 15 segs. de ebullición presentó un porcentaje menor de germinación en comparación con los demás tratamientos de calor. Sin embargo, a simple vista no parecen haber diferencias significativas entre tratamientos de calor húmedo; para poder observar si realmente existen diferencias entre estos tratamientos fue necesario realizar un análisis de varianza.

En las gráficas de germinación diaria también podemos observar un patrón similar en todos los años evaluados, en donde las semillas testigo presentaron un proceso más lento de germinación (50 días) en comparación con los tratamientos de calor húmedo, los cuales por el contrario, tuvieron una germinación más homogénea y a mayor velocidad, es decir que las semillas germinaron en un tiempo más corto. De igual forma para observar si existen diferencias en la velocidad de germinación entre tratamientos de calor húmedo se realizaron análisis de varianza.

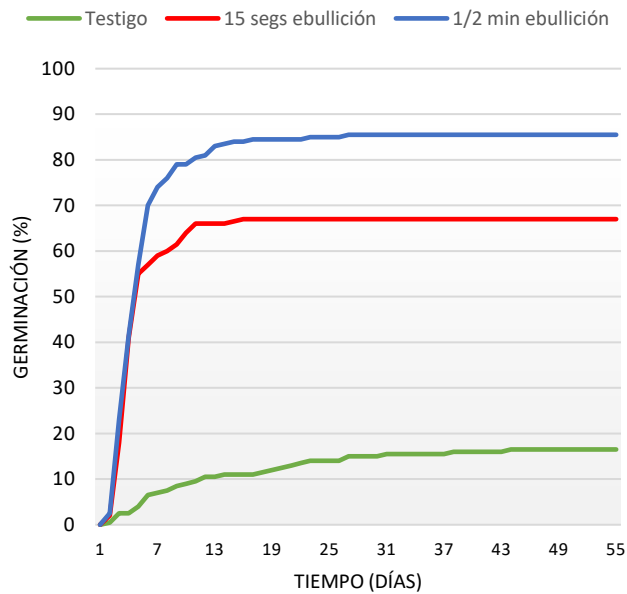
a. Germinación acumulada (%) 1996



b. Germinación acumulada (%) 1997



c. Germinación acumulada (%) 2000



d. Germinación acumulada (%) 2018

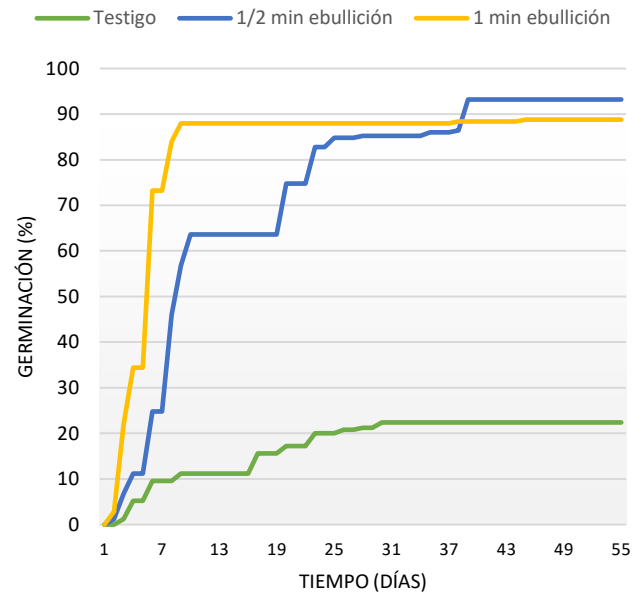
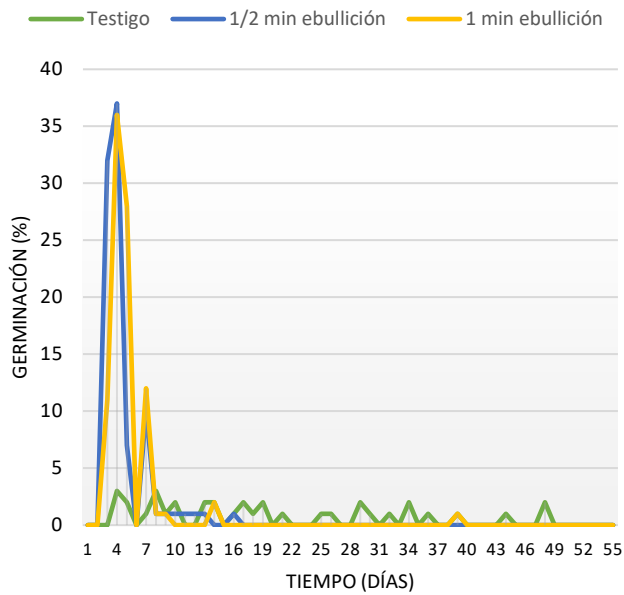
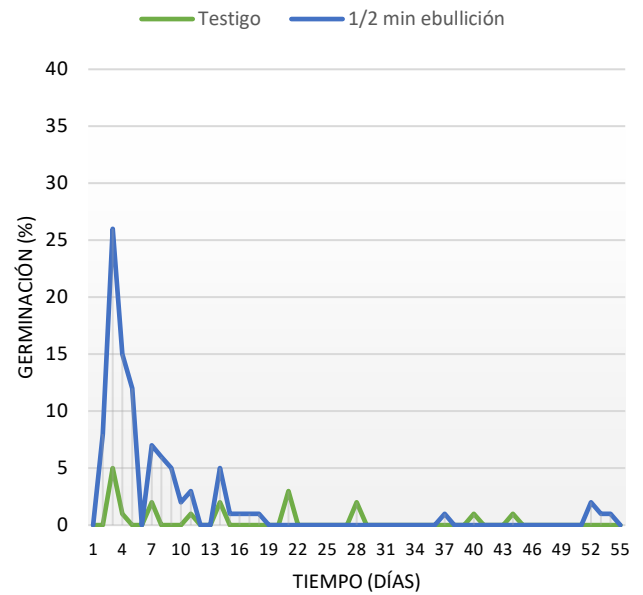


Figura 1. Germinación acumulada de *L. esculenta* en respuesta a diferentes tratamientos de calor húmedo y tiempo de almacenamiento: a) Siembra del año 1996, b) siembra de 1997, c) siembra del 2000 y d) siembra del año 2018.

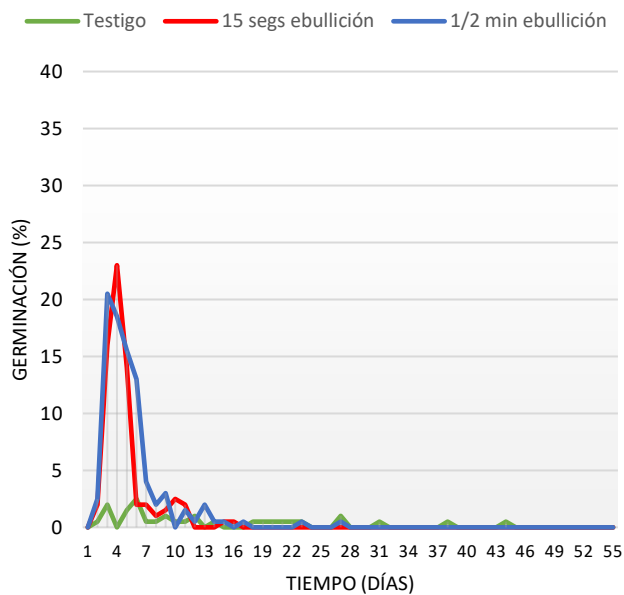
a. Germinación diaria (%) 1996



b. Germinación diaria (%) 1997



c. Germinación diaria (%) 2000



d. Germinación diaria (%) 2018

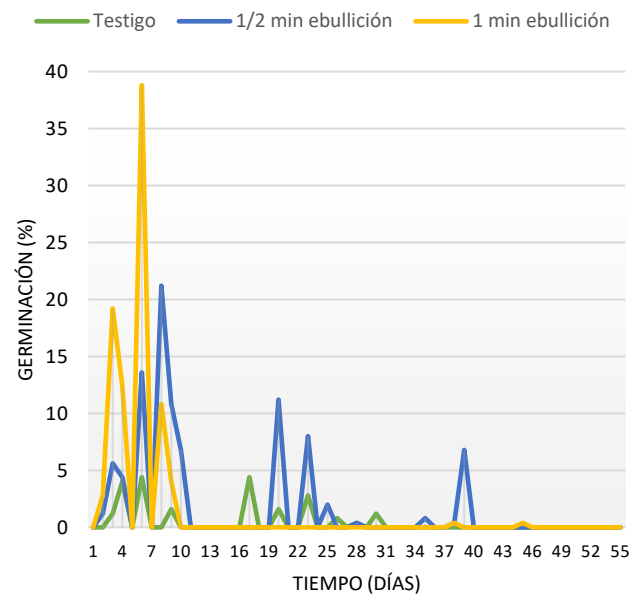


Figura 2. Germinación diaria de *L. esculenta* en respuesta a diferentes tratamientos de calor húmedo y tiempo de almacenamiento: **a)** Siembra del año 1996, **b)** siembra de 1997, **c)** siembra del 2000 y **d)** siembra del año 2018.

Para conocer el mantenimiento de la viabilidad de las semillas a través del tiempo de almacenamiento en relación con los tratamientos de calor húmedo realicé dos tipos de análisis de varianza: análisis de varianza de una vía para comparar los tratamientos de calor húmedo en semillas sin almacenamiento, del año 1996, y otro para semillas del año 2000 con una variante en el tratamiento de calor; y análisis factorial que incluyó dos factores. El Factor 1 estuvo representado por los tratamientos pregerminativos de calor húmedo y el Factor 2 por el tiempo de almacenamiento, es decir, por las diferentes siembras.

Realicé los análisis de varianza usando la versión de prueba del programa estadístico Statgraphics X64. Cabe destacar que para poder realizar los análisis fue necesario hacer una transformación arcseno a las variables con valores en porcentajes (capacidad germinativa y coeficiente de velocidad de Kotowski).

Las variables de respuesta consideradas para los análisis de varianza fueron las siguientes: la capacidad de germinación (CG), máximo porcentaje de semillas capaces de germinar bajo condiciones óptimas; coeficiente de velocidad de germinación de Kotowski (CV), el cual es una medida de la distribución de la germinación en el tiempo en relación con el número de semillas germinadas; y el tiempo lag (TL) el cual se refiere al tiempo necesario para la activación del metabolismo de la semilla (González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996).

En la Tabla 1 se observa que hay diferencias significativas entre los tratamientos de calor húmedo. De acuerdo con la prueba de rangos múltiples (Tabla 2) para CG y CV únicamente el tratamiento testigo difiere de los tratamientos de calor húmedo. Esto indica que con los tratamientos de ½ y 1 minuto de ebullición se obtuvieron una mejor capacidad y velocidad germinativa, sin presentar diferencias significativas entre ellos.

Tabla 1. Análisis de varianza que muestra el efecto de los tratamientos de calor húmedo: ½ y 1 minuto de ebullición, en la capacidad germinativa (CG) y coeficiente de velocidad de germinación (CV) en semillas sin almacenamiento de *L. esculenta*. (P<0.05)

	Factor 1	
	F	P
CG	50.95	0.0000
CV	56.65	0.0000

Tabla 2. Prueba de rangos múltiples (LSD 95%) para las semillas sin almacenamiento de *Leucaena esculenta*.

Variable	Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
CG	Testigo	4	36.5827	X
	1 min	4	73.8338	X
	1/2 min	4	75.0571	X
CV	Testigo	4	13.2113	X
	1 min	4	26.0617	X
	1/2 min	4	28.0324	X

Para las semillas con cuatro años de almacenamiento, en la Tabla 3 se observa que existen diferencias significativas entre tratamientos. La prueba de rangos múltiples (Tabla 4) indica que todos los tratamientos tienen una capacidad germinativa significativamente diferente; con el tratamiento de calor de ½ minuto de ebullición se obtuvo una mejor capacidad germinativa. Por otro lado, para CV, el tratamiento testigo es el único que difiere estadísticamente de los demás y presentó el menor valor de germinación (Tabla 4).

Tabla 3. Análisis de varianza que muestra el efecto de los tratamientos de calor húmedo: 15 segundos y ½ minuto de ebullición, en la capacidad germinativa (CG) y coeficiente de velocidad de germinación (CV) en semillas con cuatro años de almacenamiento de *L. esculenta*. (P<0.05)

	Factor 1	
	F	P
CG	46.43	0.0000
CV	101.73	0.0000

Tabla 4. Prueba de rangos múltiples (LSD 95%) para las semillas con cuatro años de almacenamiento de *L. esculenta*.

Variable	Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
CG	Testigo	4	23.7114	X
	15 segs	4	55.3251	X
	1/2 min	4	68.1603	X
CV	Testigo	4	16.0761	X
	1/2 min	4	25.4725	X
	15 segs	4	26.9883	X

Se realizó un análisis de dos vías para conocer el comportamiento del tratamiento de calor húmedo que mostró los mejores resultados de germinación a través del tiempo, donde el Factor 1 estuvo representado por el tratamiento de ½ minuto de ebullición, y como Factor 2 todos los tiempos de almacenamiento.

En la Tabla 5 se observa que ambos factores y su interacción tuvieron efectos significativos en la capacidad germinativa de las semillas. En la prueba de rangos múltiples (Tabla 6) se observan diferencias entre los tiempos de almacenamiento; la siembra del año 2000 difiere significativamente de la siembras de 1996 y 1997, pero no del 2018.

Tabla 5. Análisis de varianza factorial que muestra el efecto del tratamiento de calor húmedo de ½ min de ebullición (Factor 1), el tiempo de almacenamiento (Factor 2) y su interacción, en la capacidad germinativa (CG), coeficiente de velocidad de germinación (CV) y tiempo lag (TL) en semillas de *L. esculenta*. (P<0.05)*

	Factor 1		Factor 2		Interacción Factor 1-2	
	F	P	F	P	F	P
CG	475.67	0.0000	3.72	0.0237	4.17	0.0154
CV	21.35	0.0001	3.93	0.0195	8.09	0.0006
TL	8.01	0.0088	0.23	0.8733	0.66	0.5831

Tabla 6. Prueba de rangos múltiples (LSD 95%) para las semillas de *L. esculenta* con tratamiento de calor húmedo de ½ min de ebullición para diferentes variables de respuesta a través del tiempo.

Variable	Año	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
CG	2000	8	45.9359	X
	2018	10	51.7837	XX
	1997	8	54.1526	X
	1996	8	55.8199	X
CV	2018	10	16.0346	X
	1996	8	20.6219	X
	2000	8	20.7743	X
	1997	8	21.244	X
TL	2000	8	2.125	X
	2018	10	2.5	X
	1996	8	2.875	X
	1997	8	2.875	X

Para la velocidad de germinación, los dos factores y su interacción (Tabla 5) también tuvieron un efecto significativo en las semillas. Esto indica que el tratamiento de calor húmedo presentó una diferencia significativa en los diferentes tiempos de almacenamiento; la siembra del 2018 difirió significativamente de las demás presentando una velocidad menor. Por otro lado, no se observan diferencias significativas para TL.

Dadas las variaciones arriba presentadas, se realizó un análisis factorial de dos vías para valorar el efecto de los tratamientos de calor húmedo inicialmente probados, ½ min y 1 min de ebullición, en las semillas sin almacenamiento y en las semillas con mayor tiempo de almacenamiento.

Para la capacidad germinativa, la Tabla 7 indica que solamente los tratamientos de calor húmedo (Factor 1) tienen efectos significativos. Sin embargo las diferencias que se presentan son respecto a las semillas testigo; los tratamientos de ½ min y 1 min de ebullición no difieren significativamente entre ellos (Figura 3) y con ambos tratamientos de calor húmedo se obtuvieron valores de CG altos.

Tabla 7. Análisis de varianza factorial que muestra el efecto de los tratamientos de calor húmedo (Factor 1), el tiempo de almacenamiento (Factor 2) y su interacción en la capacidad germinativa (CG), coeficiente de velocidad de germinación (CV) y tiempo lag (TL) en semillas de *L. esculenta* para dos años evaluados, 1996 y 2018. (P<0.05)

	Factor 1		Factor 2		Interacción Factor 1-2	
	F	P	F	P	F	P
CG	185.83	0.0000	3.26	0.0853	1.61	0.2233
CV	72.23	0.0000	20.26	0.0002	34.1	0.0000
TL	0.04	0.8502	4.48	0.0527	4.48	0.0527

Tabla 8. Prueba de rangos múltiples (LSD 95%) para dos años evaluados, 1996 y 2018, de *L. esculenta*.

Variable	Año	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
CG	2018	15	58.1564	X
	1996	12	61.8245	X
CV	2018	15	19.0247	X
	1996	12	22.4351	X
TL	1996	8	2.25	X
	2018	10	1.7	X

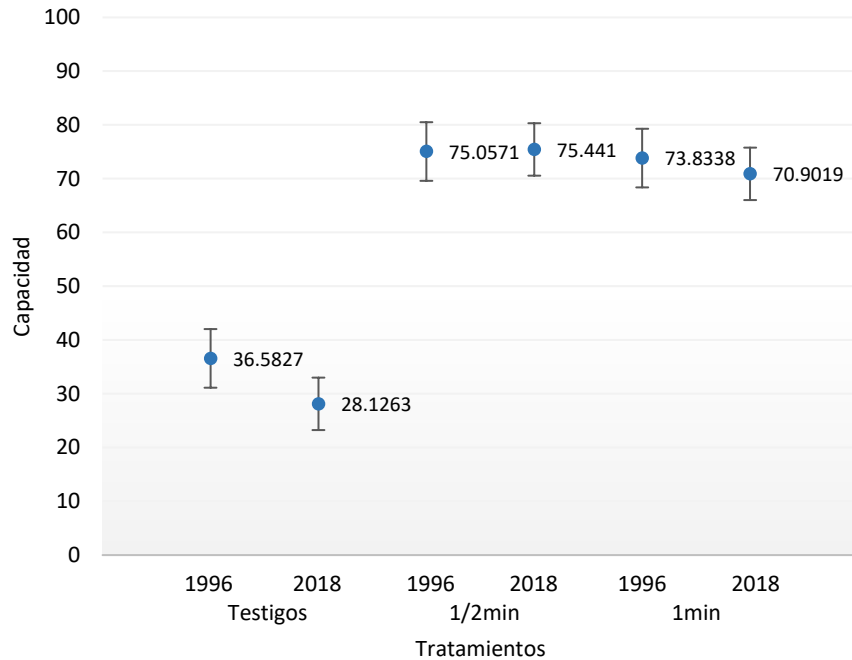


Figura 3. Dispersión de medias por tratamiento de calor y por tiempos de almacenamiento aplicados a las semillas de *L. esculenta*.

Contrario a lo que ocurre con la velocidad germinativa, la Tabla 7 indica que los dos factores y su interacción tienen un efecto significativo en esta variable; se observan diferencias significativas en ambos años (Tabla 8) con una velocidad menor para 2018. Para TL no se observan diferencias significativas (Tabla 7).

De manera concluyente, las semillas siguen siendo viables después de varios años de almacenamiento y los tratamientos de calor de ½ min y 1min de ebullición son los más efectivos tanto para romper la latencia de las semillas como para obtener el óptimo germinativo de *L. esculenta*, esta información corrobora lo propuesto por Cervantes *et al.* (1996).

6.3. Búsqueda de artículos de experiencias de restauración en México.

El objetivo de esta actividad fue en primera estancia realizar una búsqueda de artículos sobre el estado del arte de la restauración en el país en revistas indexadas, mismos que después serían revisados y clasificados mediante seminarios de discusión. Desafortunadamente debido a que el tiempo del servicio social se extendería más con esta actividad no participé en los seminarios. Sin embargo, se llevó a cabo la primer parte que correspondió a la búsqueda de artículos en revistas científicas nacionales e internacionales.

Esta actividad la realicé durante los meses de agosto y septiembre, usando diferentes palabras clave. Los artículos debieron ser publicados entre las fechas de marzo del 2016-septiembre del 2021. La búsqueda la hice en cuatro revistas, en las cuales encontré un total de 47 artículos: 7 en la revista Agroforestry Systems, 21 en Botanical Science, 17 en Ecological Engineering y 2 en Ecosistemas y Recursos Agropecuarios (Figura 4).

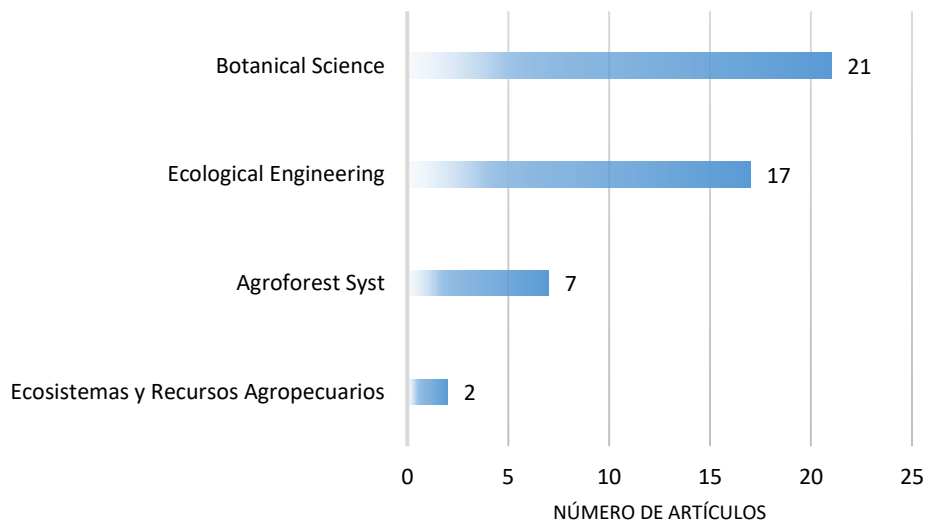


Figura 4. Número de artículos encontrados por revista.

Posteriormente realicé una base de datos en una hoja de cálculo de Excel donde clasifiqué a los artículos de acuerdo con las palabras clave seleccionadas. Se observó que el mayor número de artículos mencionan la palabra restauración (Figura 5).

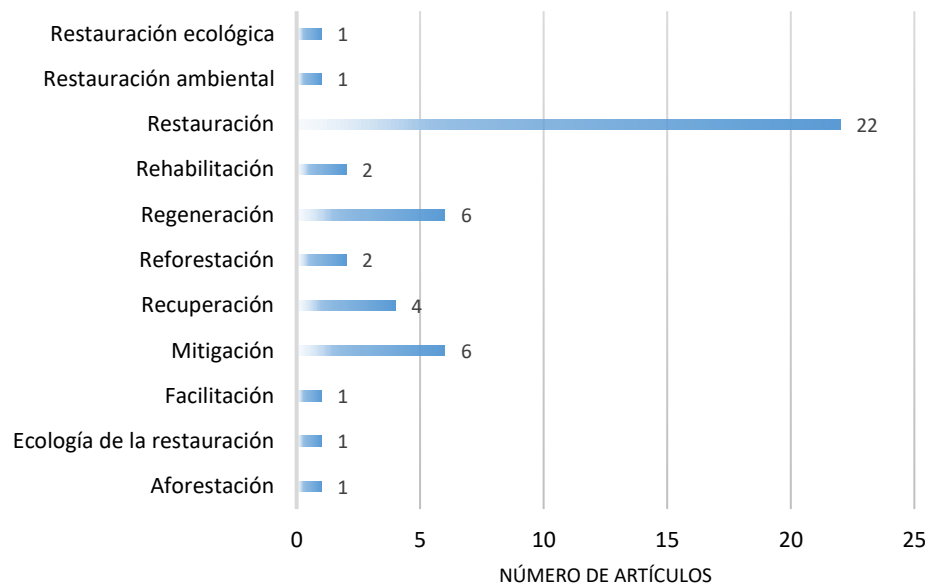


Figura 5. Número de artículos encontrados por palabra clave.

7. Impacto de las actividades del servicio social en proyecto de adscripción

Las actividades que se realizaron durante este servicio social formaron parte de y contribuyeron a obtener información importante para el proyecto “Evaluación de Estrategias de Rehabilitación en Cinco Comunidades Indígenas del Trópico Seco en la región “La Montaña” del Estado de Guerrero”.

El análisis de la viabilidad de semillas de una especie leguminosa nativa, *Leucaena esculenta* (Benth.) morfo vaina corta, a través de la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos y de almacenamiento contribuye a ampliar los conocimientos sobre la conservación del germoplasma nativo de la región. Así mismo contribuye a incrementar la información sobre la propagación masiva de especies nativas en viveros de una forma rápida y accesible que a su vez servirá para futuros proyectos de restauración ambiental. Además, esta información es de gran utilidad para poder actualizar el libro de técnicas para propagar especies nativas de selva baja caducifolia y criterios para establecer áreas de rehabilitación, de Cervantes et al., 2000, una de las metas actuales del proyecto de la Montaña de Guerrero.

Respecto a la búsqueda de artículos sobre experiencias de restauración en México, se obtiene un panorama general sobre los proyectos de restauración que se están llevando a cabo dentro del país. Estos artículos facilitarán el seguimiento del metaanálisis donde serán clasificados con más detalle.

8. Aprendizaje y habilidades obtenidas durante el desarrollo del servicio social

8.1. Curso de estadística paramétrica orientado a la germinación de semillas nativas

El curso de estadística paramétrica me ayudó a reforzar mis conocimientos sobre las técnicas de muestreo y el análisis de datos que adquirí a lo largo de la carrera, pero al mismo tiempo adquirí nuevos conocimientos y habilidades en la obtención de parámetros descriptivos, pruebas de t, análisis de correlación y de varianza en programas estadísticos. Por otro lado, también reforcé mis conocimientos sobre la fisiología de las semillas y de las plantas, temas vistos durante los módulos de Biodiversidad y Recursos Naturales e Historias de Vida.

8.2. Evaluación de la viabilidad de semillas leguminosas nativas

El curso antes mencionado fue de mucha ayuda para procesar los datos de germinación y llevar a cabo la evaluación. Durante el proceso de análisis de semillas reforcé mis habilidades para manipular una base de datos en Excel. Aprendí a obtener índices germinativos haciendo uso de este mismo programa; así mismo, reforcé mis habilidades para interpretar un análisis exploratorio a través de la obtención de parámetros estadísticos; este mismo me fue de mucha ayuda para continuar con los análisis de varianza. Una de las cosas importantes que también aprendí fue la transformación Arcseno de datos con valores en porcentajes para que estos pudieran ser ingresados al programa estadístico. Además aprendí que el uso de programas estadísticos como el Statgraphics X64, el que usé para mis análisis, muchas veces está limitado por la falta de accesibilidad ya que las instituciones académicas no cuentan con licencia y para la comunidad estudiantil resulta muy costoso obtener una. Por ello cabe mencionar las bondades de este programa al contar una versión de prueba muy accesible y que además, facilita la interpretación de los datos al contar con una explicación breve de cada análisis realizado. Por otra parte sin el apoyo de la Dra. Ivonne Reyes Ortega no me hubiera sido posible aprender a usar este programa. Además, aprendí que hacer una evaluación de viabilidad de semillas es muy complejo pero la información que se genera puede ser muy útil para otros proyectos de restauración.

8.3. Revisión de artículos sobre la restauración en México

Por último, durante la revisión de artículos para la restauración sobre la restauración, mejoré mis habilidades de búsqueda de artículos científicos en revistas indexadas, practiqué el uso correcto de las palabras clave y además logré tener un panorama general sobre la cantidad de proyectos y el tipo de estrategias que se están implementado en el país.

9. Fundamento de las actividades del servicio social

La pérdida de cubierta vegetal en México, causada principalmente por actividades agropecuarias y de explotación forestal, ha propiciado la degradación de importantes recursos y servicios ambientales de los que se benefician las poblaciones humanas. Las prácticas de recuperación de estos recursos se han limitado en su mayoría a la reforestación y conservación, dejando a un lado necesidades sociales, económicas y políticas. En este sentido la revisión de los artículos sobre el arte de restauración en México permite consolidar conocimientos sobre las diferentes estrategias que son utilizadas en la recuperación de sistemas naturales, culturales y socio-ecológicos dentro del país, así como ser más crítico respecto a la forma en que estas son implementadas.

Por otra parte, en México existen muchas especies de plantas nativas potencialmente útiles para la reforestación, sin embargo, existe poca información sobre su uso y sobre la germinación de las mismas. Durante los módulos de Biodiversidad y Recursos Naturales e Historias de Vida se adquieren conocimientos que están ligados al ciclo de vida de las plantas, y de otros organismos; el análisis de la viabilidad de semillas a través de diferentes variables de respuesta germinativa permite reforzar estos conocimientos. Además, cabe recalcar que realizar estudios fenológicos y ecofisiológicos de la germinación de las semillas es de suma importancia debido a que son el principal recurso para reforestación de sistemas naturales y socio-ecológicos.

La UAM-Xochimilco tiene como misión la formación de biólogos comprometidos con la gestión, conservación y la restauración de los recursos naturales, que beneficien a la sociedad. De esta manera las actividades realizadas en este servicio social permiten ampliar los conocimientos adquiridos tanto en los módulos ya mencionados así como en los dos últimos módulos de la licenciatura, sobre el análisis de sistemas complejos bajo un enfoque interdisciplinario; otorgándole al egresado las bases para desarrollarse ampliamente en el campo laboral.

10. Referencias

1. Arriaga, V., Cervantes, V. y Vargas, A. (1994). Manual de Reforestación con Especies Nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. Instituto Nacional de Ecología, SEDESOL. México.
2. Arriaga, V., Cervantes, V. y Reyes-Ortega, M. I. (2014). Evaluación del impacto y logros alcanzados en restauración y conservación ambiental de los proyectos financiados a través del Programa de Restauración y Compensación Ambiental (1ª Etapa). Centro Interdisciplinario de

Biodiversidad y Ambiente A. C. (CeIBA). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto LP001. Ciudad de México.

3. Aronson, J., Renison, D., Rangel-Ch, J. O., Levy-Tacher, S., Ovalle, C. y Del Pozo, A. (2007). Restauración del Capital Natural: sin reservas no hay bienes ni servicios. *Ecosistemas* 16 (3): 15-24.
4. Carabias, J., Provencio, E. y Toledo, C. (1994). Manejo de Recursos Naturales y Pobreza Rural. UNAM, Fondo de Cultura Económica. México.
5. Carabias, J., Arriaga, V. y Cervantes-Gutiérrez, V. (2007). Las Políticas Públicas de la Restauración Ambiental en México: limitantes, avances, rezagos y retos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 80S: 85-100.
6. Cervantes, V. 1996. La reforestación en La Montaña de Guerrero: una estrategia alternativa con leguminosas nativas. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
7. Cervantes, V. Carabias, J. y Vázquez-Yanes, C. (1996). Seed germination of woody legumes from deciduous tropical forest from southern Mexico. *Forest Ecology and Management* 82: 171-184.
8. Cervantes, V., Arriaga, V., Meave, J. y Carabias, J. (1998). Growth analysis of nine multipurpose woody legumes native from southern Mexico. *Forest Ecology and Management* 110: 329-341.
9. Cervantes, G. V., López, G. M., Salas, N. N. y Hernández, C. G. (2000). Técnicas para Propagar Especies Nativas de la Selva Baja Caducifolia y Criterios para Establecer Áreas de Reforestación. PRONARE SEMARNAP, México.
10. Cervantes, V. 2005. Un enfoque interdisciplinario para la restauración ambiental: estudio de caso de una comunidad nahua del sur de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
11. Cervantes, V., J. Carabias y Arriaga, V. (2008). Evolución de las políticas públicas de restauración ambiental. 155-226 pp. En: *Capital Natural de México, Vol. III: Políticas Públicas y Perspectivas de Sustentabilidad*. CONABIO, México.
12. Chaparro, A. (2016). Evaluación de la Estrategia de Restauración Ambiental (Rehabilitación) Establecida en la Comunidad Rural Villa de Guadalupe,

Municipio de Tlapa de Comonfort, Guerrero. Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México.

13. Clewell, A. F. (2000). Restoring for Natural Authenticity. *Ecological Restoration* 18 (4): 216-217.
14. González-Vélez, G., Andrés-Hernández, A. R., Valdez-Eleuterio, G., Álvarez-Quiroz, N., Martínez-Moreno, D. y Rivas-Arancibia, S. (2020). Germinación de semillas de seis especies arbóreas maderables de una selva baja caducifolia en Puebla, México. *Agrociencia* 54:227-240.
15. Gonzalez-Zertuche, L. y Orozco-Segovia, A. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58: 15-30.
16. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and Human Wellbeing: general synthesis*. Island Press, USA.
17. Ojeda, D. O. y Wurth, O. J. (2014). ¿Qué es un metaanálisis? *Revista Chilena de Anestesia* 43: 343-350.
18. Rzedowski, J. y Calderón, G. (2013). Datos para la apreciación de la flora fanerogámica del bosque tropical caducifolio de México. *Acta Botánica Mexicana* 102:1-23.
19. SER. (2004). Principios del SER Internacional sobre la Restauración Ecológica. Society for Ecological Restoration. Science and Policy Working Group. www.ser.org
20. Trejo, I. y Dirzo, R. (2000). Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in México. *Biological Conservation* 94:133-142.
21. Trejo, I. y Dirzo, R. (2002). Floristic diversity of mexican seasonally dry tropical forest. *Biodiversity and Conservation* 11:2063-2084.
22. Trejo, I. (2005). Análisis de la diversidad de la Selva Baja Caducifolia en México. 111-122 pp. En: Halffter, G., Soberón, J., Koleff, P. y Melic, A (Eds.). *Sobre Diversidad Biológica: El Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. Monografías Tercer Milenio. España.
23. Vázquez-Yanes, C., Orozco, A., Rojas, M., Sánchez, M. E. y Cervantes Gutiérrez, V. (1997). *La Reproducción de Plantas: semillas y meristemas*. Fondo de Cultura Económica, México. Consultado en:

<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/cpt157.htm>

24. Young, T. P. (2000). Restoration Ecology and Conservation Biology. *Biological Conservation* 92: 73-83.