



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS

EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA LA GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO SOBRE

LA FENOLOGÍA Y LA PROPAGACIÓN DE ONCE ESPECIES DEL BOSQUE

TROPICAL SECO DE AMATLÁN, MORELOS

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

MARTHA ADRIANA NÚÑEZ CRUZ

TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: DRA. MARÍA DEL CONSUELO BONFIL SANDERS
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

COMITÉ TUTOR: DRA. ALICIA CASTILLO ÁLVAREZ
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD,
UNAM

DRA. ALMA DELFINA OROZCO SEGOVIA
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO, ABRIL 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS

**EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA LA GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO SOBRE
LA FENOLOGÍA Y LA PROPAGACIÓN DE ONCE ESPECIES DEL BOSQUE
TROPICAL SECO DE AMATLÁN, MORELOS**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

MARTHA ADRIANA NÚÑEZ CRUZ

TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: DRA. MARÍA DEL CONSUELO BONFIL SANDERS
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

COMITÉ TUTOR: DRA. ALICIA CASTILLO ÁLVAREZ
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD,
UNAM
DRA. ALMA DELFINA OROZCO SEGOVIA
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO, ABRIL 2016



OFICIO FCIE/DEP/112/16

ASUNTO: Oficio de Jurado

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **30 de noviembre de 2015** se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en el campo de conocimiento de **Manejo Integral de Ecosistemas** del (la) alumno (a) **NÚÑEZ CRUZ MARTHA ADRIANA** con número de cuenta **303313216** con la tesis titulada **"Educación ambiental para la generación de conocimiento sobre la fenología y la propagación de once especies del bosque tropical seco de Amatlán, Morelos"**, realizada bajo la dirección del (la) **DRA. MARÍA DEL CONSUELO BONFIL SANDERS**:

Presidente: DR. GUILLERMO IBARRA MANRÍQUEZ
Vocal: DRA. IRAMA SILVIA MARISELA NÚÑEZ TANCREDI
Secretario: DRA. ALICIA CASTILLO ÁLVAREZ
Suplente: DR. JORGE ARTURO MEAVE DEL CASTILLO
Suplente: DRA. SILVIA CASTILLO ARGÜERO

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., 29 de febrero de 2016

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante el periodo de estudios (becario 545800).

Al Programa de Apoyo a los Estudios de Posgrado (PAEP) de la UNAM por el apoyo otorgado para la asistencia al V Congreso Mexicano de Ecología.

Esta investigación pudo realizarse gracias al Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT por su apoyo al proyecto con clave IN-218815 y título "Investigación para la restauración ecológica de los bosques tropicales secos". Este apoyo permitió realizar el trabajo de campo y obtener una beca para la escritura de la tesis.

A mi tutora Dra. Consuelo Bonfil por el apoyo para realizar este proyecto, así como las revisiones y comentarios que mejoraron el escrito.

A mi comité tutorial, formado por la Dra. Alicia Castillo y la Dra. Alma Orozco, por haber aceptado participar y guiar este trabajo.

A los miembros de mi jurado, Dr. Guillermo Ibarra, Dra. Irama Núñez, Dra. Alicia Castillo, Dr. Jorge Meave y Dra. Silvia Castillo por revisar el manuscrito y contribuir a mejorar la tesis.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A mi asesora Consuelo por haberme invitado a participar en este nuevo reto, por tu confianza y por contribuir en mi formación académica.

A todos los niños de la telesecundaria "Quetzalcóatl" quienes me aceptaron desde el primer día e hicieron muy agradables mis estancias en Amatlán. Asimismo agradezco a los profesores por darme la oportunidad y el tiempo de trabajar con los alumnos.

Al Comisario de la comunidad de Amatlán, el señor Isidro Ramírez por darme las facilidades para trabajar en el vivero comunitario. A las personas que aceptaron ser entrevistadas y compartir parte de su conocimiento conmigo.

Agradezco al Sr. Santiago Torres por ser mi guía durante las salidas de campo y por su amistad. A Emi Ramírez, así como a sus papás, quienes me abrieron las puertas de su casa y con quien compartí tan agradables momentos.

A las profesoras Marisela y Silvia por darme su confianza y amistad. Ustedes también hicieron mis visitas muy divertidas.

A Mónica Mildrette y Valeria Petroni por acompañarme en las primeras salidas de campo. A Melbi Ramos, Mariana Hernández e Iván Castellanos por su colaboración en algunos análisis estadísticos.

A Yazmín Mendoza por compartir pláticas y consejos. A Lupita y a Dany por hacer mis estancias en Morelia más amenas, gracias por su amistad y apoyo.

A mis viejos amigos que siempre han estado al pendiente de mí, Rafael, Laura, Edson, Benjamín, Jessica, Cynthia, Silvia, Fanny, Isaac y aquellos que faltaron por mencionar.

A Guis por tu apoyo incondicional, motivación, compañerismo, comprensión, paciencia y amor. Gracias por estar a mi lado estos años.

A mis pequeñas sobrinas Valeria, Valentina e Iyari no sólo por darme sonrisas, sino por ayudarme con el arduo trabajo de limpiar y contar semillas cuando fue necesario, las amo niñas.

A mis hermanos Alma, Karina, Gabriela y José porque al igual que mis padres, siempre me han apoyado en cualquier circunstancia, y el trabajo que implicó esta tesis no fue la excepción.

Les agradezco y dedico este trabajo a mis padres:

A mi mamá quien me ha apoyado y motivado hasta el final, eres la persona más fuerte que he conocido y sin duda mi ejemplo a seguir, te quiero Victoria.

A Jacinto Núñez por haber sido mi compañía durante gran parte de las salidas de campo, ha sido una experiencia única el poder compartir contigo todos esos momentos, gracias papá te quiero mucho.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

1 INTRODUCCIÓN	1
2 ANTECEDENTES	5
3 OBJETIVOS	8
4 MARCO CONCEPTUAL	9
4.1 Manejo sustentable de los socioecosistemas	9
4.2 La comunicación ambiental como herramienta para el manejo de socioecosistemas	10
4.3 El papel de la educación ambiental en el manejo de socioecosistemas	12
4.4 La participación social para la generación de conocimiento científico	13
5 MÉTODOS	16
5.1 Sitio de estudio	16
5.2 Enfoque de investigación	20
5.3 Diseño y herramientas metodológicas	21
5.3.1 Talleres de educación ambiental	21
5.3.2 Entrevistas para recuperar el conocimiento tradicional	28
5.4 Registro de la fenología reproductiva	29
5.5 Recolección de frutos y semillas y pruebas de viabilidad	33
5.6 Pruebas de germinación	34
5.7 Elaboración del cuadernillo de especies	37
6 RESULTADOS	38
6.1 Talleres de educación ambiental	38
6.2 Recuperación del conocimiento tradicional	65
6.3 Fenología reproductiva	68
6.4 Recolección de frutos y pruebas de viabilidad	77

6.5 Germinación	78
7 DISCUSIÓN	82
7.1 Talleres de educación ambiental	82
7.2 Recuperación del conocimiento tradicional	89
7.3 Fenología reproductiva	92
7.4 Viabilidad y germinación	96
8 CONCLUSIONES	99
9 LITERATURA CITADA	100
10 ANEXOS	117
Anexo 1. Entrevista para la recuperación del conocimiento tradicional	117
Anexo 2. Métodos y resultados de la caracterización de la vegetación de un parque de bosque tropical seco de Amatlán, Morelos.	118
Anexo 3. Cuestionarios para conocer la percepción de estudiantes y profesoras respecto a los talleres de educación ambiental	120
Anexo 4. Características de los individuos de las once especies elegidas para el registro fenológico	121
Anexo 5. Actividad para conocer la percepción de la problemática ambiental local	122
Anexo 6. Cuadernillo "Nuestro primer libro de la flora de Amatlán"	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la comunidad Amatlán de Quetzalcóatl	17
Figura 2. Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica de Tepoztlán	18
Figura 3. Mural de evaluación participativa	27
Figura 4. Número de alumnos y asistencia en el ciclo escolar (2013-2014)	39
Figura 5. Alumnos de la telesecundaria haciendo una actividad de repaso	42
Figura 6. Práctica con los alumnos de observación al microscopio	42
Figura 7. Factores que intervienen en la germinación	43
Figura 8. Alumna haciendo pruebas de viabilidad	44
Figura 9. Resultados de germinación de semillas de <i>Leucaena macrophylla</i>	47
Figura 10. Trasplante en la secundaria	48
Figura 11. Periódico mural de las experiencias durante el ciclo 2013-2014	49
Figura 12. Número de alumnos y asistencia durante el ciclo (2014-2015)	50
Figura 13. Alumno dibujando especie de estudio	51
Figura 14. Alumnas exponiendo calendarios fenológicos (fenogramas)	52
Figura 15. Montaje de experimentos de germinación y trasplantes	53
Figura 16. Juego “preguntas y respuestas”	55
Figura 17. Demostración de lo aprendido	56
Figura 18. Alumnos participando en una competencia de repaso	58
Figura 19. Entrega de cuadernillo “Nuestro primer libro de la flora de Amatlán”	59
Figura 20. Resultados del mural de evaluación participativa (talleres)	60
Figura 21. Resultados del mural de evaluación participativa (temas /actividades)	61
Figura 22. Respuestas del cuestionario aplicado a alumnos	62
Figura 23. Gráficas de araña con los valores de la intensidad promedio	71
Figura 24. Vainas depredadas o vanas	77
Figura 25. Porcentajes de viabilidad de las especies de estudio	78
Figura 26. Porcentaje de germinación promedio	79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Áreas Naturales Protegidas en Morelos	2
Cuadro 2. Número de alumnos de la telesecundaria "Quetzalcóatl"	22
Cuadro 3. Temas y actividades realizadas en la telesecundaria (ciclo 2013-2014)	23
Cuadro 4. Temas y actividades realizadas en la telesecundaria (ciclo 2014-2015)	24
Cuadro 5. Especies arbóreas de estudio	30
Cuadro 6. Tratamientos pre-germinativos aplicados a las semillas de estudio	35
Cuadro 7. Número de semillas usadas por tratamiento en las pruebas de germinación	36
Cuadro 8. Promedio anual del índice de intensidad de Fournier (IF) de la fructificación	69
Cuadro 9. Duración de la fenología reproductiva	73
Cuadro 10. Índices de sincronía de la fructificación	74
Cuadro 11. Estadística circular para evaluar la estacionalidad	75
Cuadro 12. Coeficientes de correlación de Spearman de las variables climáticas con la intensidad de la producción de la fructificación	76
Cuadro 13. Porcentajes de germinación de las ocho especies de estudio	81

RESUMEN

Las altas tasas de deforestación registradas en México en las últimas décadas están asociadas con serios procesos de deterioro ambiental, y esto ha provocado una reducción de los recursos forestales tradicionalmente usados por los habitantes de las zonas rurales. En este contexto resulta necesario desarrollar nuevas formas de investigar y trabajar que contribuyan al manejo sustentable de los recursos naturales. Las actividades de educación ambiental pueden servir como un vehículo para crear conciencia e involucrar a los jóvenes comunidades en la investigación científica y generar información útil para los programas de manejo. Con el fin de promover la participación social de una parte de los jóvenes y generar conocimiento sobre la fenología reproductiva de especies arbóreas nativas del bosque tropical estacionalmente seco, se llevaron a cabo talleres de educación ambiental con estudiantes de la Telesecundaria "Quetzalcóatl", en Amatlán, Morelos durante un año y medio. Mediante la integración de elementos metodológicos como la investigación-acción y el enfoque interpretativista, se realizaron diversas dinámicas para: a) conocer su percepción sobre los problemas ambientales y discutir algunas soluciones posibles, b) explicar y clarificar algunos conceptos biológicos, c) realizar salidas al campo para registrar la fenología y recolectar semillas, d) montar experimentos de germinación, y e) discutir los resultados. Además, se entrevistó a los familiares para recuperar parte del conocimiento local y usos de las especies de estudio. La fenología reproductiva y la germinación de semillas se evaluaron en once especies arbóreas elegidas con base en su importancia para los pobladores locales: cuatro pertenecen a la familia Burseraceae (*Bursera bipinnata*, *B. copallifera*, *B. fagaroides* y *B. glabrifolia*), seis a Leguminosae (*Acacia pennatula*, *Eysenhardtia polystachya*, *Leucaena esculenta*, *L. macrophylla*, *Lysiloma acapulcensis* y *Mimosa benthamii*) y una a Malvaceae (*Guazuma ulmifolia*). Se realizaron registros mensuales de la producción de flores y frutos durante un año. Se recolectaron las semillas y se estimó la viabilidad por el método de flotación; la germinación se registró, tanto en la escuela (por los alumnos) como

en una cámara de germinación (15-25 °C periodo 12 h) con tres tratamientos: remojo, lijado y control (dependiendo la especie).

Los resultados obtenidos muestran que las actividades más atractivas para los alumnos estuvieron relacionadas con trabajos prácticos y fuera del aula (incluyendo las observaciones fenológicas y las pruebas de germinación), sin embargo su participación fue constante en todo el periodo de estudio. Ellos elaboraron un cuadernillo en que se presentan los resultados de usos, fenología y germinación de las especies de estudio para consulta de la población local, lo cual les resultó muy satisfactorio. El estudio fenológico permitió identificar cuándo se presentan frutos maduros: en las especies de *Bursera* entre septiembre y diciembre, con excepción en *B. fagaroides* que los presentó a partir de febrero. En *Guazuma ulmifolia* los frutos maduros pueden recolectarse a partir de enero, al igual que en las leguminosas, excepto en *Eysenhardtia polystachya*, que los presentó en octubre. Respecto a la germinación de las semillas, difirió entre especies y tratamientos: en Leguminosae se incrementó con el lijado y el remojo (41-53 % respecto al control), mientras que en *Bursera fagaroides* fue mayor en el control y se incrementó (~60 %) en condiciones controladas; en el resto de las especies de *Bursera* la germinación fue baja y en algunos casos nula. En *Guazuma ulmifolia* se produjo mayor germinación en la escuela que en la cámara de germinación (66.6 % vs 5.8 %). La participación de los estudiantes en el registro fenológico en campo y las pruebas de germinación incrementaron su interés y conocimiento de la flora local, y las actividades realizadas en los talleres contribuyeron a fortalecer su formación y su capacidad de análisis y discusión. Este trabajo representa un primer acercamiento para involucrarlos en proyectos de conservación y manejo de los recursos naturales de su comunidad.

ABSTRACT

The high deforestation rates occurring in Mexico in the last decades are closely associated to environmental degradation, and have also caused a reduction in the forest resources traditionally used by rural communities. In this context, it is particularly relevant to develop new research and work approaches that contribute to the sustainable management of natural resources. Environmental education activities may function as a vehicle to develop awareness and to involve rural communities in scientific research to produce useful information for management projects. In order to promote the social involvement of young people and produce knowledge on the reproductive phenology of tree species native to the seasonally dry tropical forest, a series of environmental education workshops were carried out in the junior high school "Quetzalcóatl" in Amatlán, Morelos, during a year and a half. Through the integration of methodological elements such as action-research and the interpretativist approach, various dynamics were made in order to: a) know their perception on environmental problems and discuss possible solutions, b) clarify some biology concepts, c) do field work to register tree phenology and collect seeds, d) germinate them, and e) discuss results. Besides, family members were interviewed to recover local knowledge and uses of the study species. Reproductive phenology and seed germination were evaluated in eleven tree species, chosen by their relative importance to local people: four in the Burseraceae family (*Bursera bipinnata*, *B. copallifera*, *B. fagaroides* and *B. glabrifolia*), six in Leguminosae (*Acacia pennatula*, *Eysenhardtia polystachya*, *Leucaena esculenta*, *L. macrophylla*, *Lysiloma acapulcensis* and *Mimosa benthamii*) and one in Malvaceae (*Guazuma ulmifolia*). Monthly registers were made of flower and fruit production during a year. Seeds were collected and viability was assessed by floating them in water; germination was registered both at school (by students) and in a germination chamber (15-25 °C, 12 h period) with three treatments: soaking, scratching with sandpaper, and control (depending on the species).

Results show that the most attractive activities for students were related to practical activities, as well as those outside the classroom (including phenological observations and germination tests). However, they worked well throughout the study period. They produced a booklet presenting results on the use, phenology and seed germination of the study species for the local population to consult, which was very satisfactory for them. Results of the phenology study allowed us to identify when ripe fruits can be found: in the *Bursera* species during September-December, with the exception of *B. fagaroides*, which had them at the beginning of February. In *Guazuma ulmifolia* ripe fruits can be collected starting in January, as well as in Leguminosae, with the exception of *Eysenhardtia polystachya*, which had them in October. Regarding seed germination, there were differences among species and treatments: in Leguminosae it increased in soaked and scratched seeds (41-53 % in relation to the control) while in *Bursera fagaroides* it was higher in the control and increased (~60 %) in the germination chamber; in other *Bursera* species germination was either low or null. In *Guazuma ulmifolia* there was higher germination at school than in the germination chamber (66.6 % vs 5.8 %). The involvement of the students in the phenological registers in the field and the germination tests increased their interest and knowledge on the local flora, and the activities in the workshops contributed to strengthen their skills and capacity to analyze and discuss results. This work is a first approach to promote their involvement in conservation and natural resource management projects in their community.

1. INTRODUCCIÓN

Aunque Morelos es uno de los estados con menor superficie en el país (4,879 km², 0.2 % del territorio nacional) (INEGI, 2016), presenta una alta biodiversidad, ya que en él se encuentran el 21 % de las especies de mamíferos, el 33 % de aves, el 14 % de reptiles y el 10 % de las plantas vasculares reportadas para el país (Bonilla-Barbosa y Ríos, 2003; CONABIO y UAEM, 2004). Esto se explica en parte porque en su territorio confluyen las dos regiones biogeográficas de América, la Neártica y la Neotropical. Su porción norte forma parte del Eje Volcánico Transversal, mientras que las porciones media y sur se ubican en la cuenca del río Balsas (Aguilar, 1995). Por ello, en el estado se pueden encontrar diversos tipos de vegetación, siendo el de mayor extensión el bosque tropical caducifolio (Palacio-Prieto *et al.*, 2000; Trejo y Dirzo, 2000; Espejo-Serna *et al.*, 2002), al que en adelante llamaremos bosque tropical seco (BTS).

En el estado de Morelos, el cambio de uso del suelo con fines agropecuarios ha motivado que anualmente se desmonten y se quemen grandes extensiones de vegetación (CONABIO y UAEM, 2004). Cuando las condiciones del suelo no son favorables, los terrenos agrícolas son abandonados por su baja productividad y con frecuencia se establecen pastizales destinados a la ganadería, los cuales suelen tener un bajo rendimiento (Guerrero, 2002; CONABIO y UAEM, 2004; Gardner, 2009). Trejo y Dirzo (2000) estimaron que en Morelos la cobertura del BTS en 1989 era de 1095.7 km², que corresponde al 38 % de su área potencial, mientras que la tasa de deforestación registrada entre 1973 y 1989 fue de 1.4 % anual. Además, en ese periodo gran parte de los bosques remanentes presentaba síntomas de degradación. A partir de estos datos se estimó que el área remanente de bosque en 2015 sería de 770 km², lo que equivale al 70 % de la cobertura estimada en 1989 (Trejo y Dirzo, 2000). De continuar esta tendencia, los bosques remanentes estarán más fragmentados y degradados en el futuro cercano, lo que implica una importante pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos.

Con el objetivo de promover la preservación de la biodiversidad y el manejo sustentable de los recursos naturales, en Morelos se han decretado cinco Áreas Naturales Protegidas de carácter federal con diferentes categorías: Reserva de la Biósfera, Área de Protección de Flora y Fauna y Parque Nacional (Cuadro 1) (Paz y Cuevas, 2006).

Cuadro 1. Áreas Naturales Protegidas (federales) decretadas en el estado de Morelos.

Nombre	Categoría	Superficie (ha)
Sierra de Huautla	Reserva de la Biósfera	59,030
Corredor Biológico Chichinautzin	Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre	37,302
El Tepozteco	Parque Nacional	22,000
Lagunas de Zempoala	Parque Nacional	3,965
Iztaccíhuatl-Popocatepetl	Parque Nacional	700

Amatlán de Quetzalcóatl es un poblado cuyo territorio forma parte del Parque Nacional El Tepozteco, en el noreste del estado. En el territorio de Amatlán se presenta un amplio gradiente altitudinal (1250-2300 m snm) y varios tipos de vegetación: en las partes más altas se presentan bosques de pino-encino, seguidos por bosques de encino en las partes medias y en las zonas más bajas domina el bosque tropical seco, con diversos ecotonos entre ellos. Es en las partes bajas en donde se lleva a cabo la mayor parte de la producción agropecuaria y por lo tanto, donde el paisaje está más fragmentado.

Desde hace siglos, los recursos vegetales en este poblado se han usado como un medio de subsistencia, no solamente para obtener alimento, sino también plantas medicinales y materiales para construcción, entre otros. Los elementos de la flora también se han usado para satisfacer necesidades culturales y rituales, estéticas y recreativas. El conocimiento tradicional local generado a través de estas prácticas ha sido importante, especialmente por la recolección de plantas medicinales y la preparación de ceremonias espirituales en las se usan algunas de ellas (Cappiello, 2010; Hagman, 2015). Sin embargo, este conocimiento se ha ido perdiendo por diversas razones, entre ellas las nuevas

costumbres –producto de la migración de parte de la población a las grandes ciudades– y la urbanización causada por la cercanía a la ciudad de México y a Cuernavaca y Tepoztlán (Santos-Márquez, 1995).

En este escenario, la conservación de la diversidad biológica y cultural de la zona podría fortalecerse a través de actividades de educación ambiental para el manejo de los socio-ecosistemas (Maass, 2012). Los programas de educación ambiental responden a la necesidad de construir formas de trabajo que contribuyan al manejo sustentable, tomando como eje central el respeto a las culturas y utilizando tanto el conocimiento de los habitantes locales, como de la información generada por las instituciones de investigación científica. Además, pueden contribuir a cerrar la brecha que hay entre los procesos de generación del conocimiento y su aplicación social, que es uno de los desafíos científicos más grandes de la actualidad (Castillo y González-Gaudiano, 2010).

Además de que los BTS presentan tasas altas de deforestación, también se han identificado diversos problemas ambientales que causan su deterioro, como el libre pastoreo de ganado, la extracción selectiva de especies y, en menor medida, los incendios. Para hacer frente a esta problemática, instituciones oficiales como la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), han emprendido acciones para recuperar parte de la cubierta vegetal a través de los programas de reforestación. Sin embargo, en dichos programas muchas veces se usan especies exóticas o inadecuadas para el sitio debido, entre otros factores, a la falta de conocimiento sobre la flora nativa y su propagación (Guerrero, 2002; Bonfil y Trejo 2010). Ante esta situación, los estudios fenológicos pueden servir como una forma de generar conocimiento sobre las especies nativas de importancia local, a la vez que constituyen un recurso para fomentar la participación social.

La fenología es el estudio de las fases (vegetativa y reproductiva) o actividades periódicas y repetitivas del ciclo de vida de las plantas y su variación temporal a lo largo del año (Ochoa-Gaona *et al.*, 2008). La fase vegetativa comprende el crecimiento de las yemas foliares, así como la expansión y la senescencia de la lámina foliar, mientras que la fase

reproductiva incluye el desarrollo de botones florales y flores en antesis, así como la iniciación, el crecimiento, la maduración y dispersión de los frutos (Williams-Linera y Meave, 2002). La evaluación sistemática de los eventos fenológicos permite conocer los patrones en la producción de estructuras a lo largo del año e identificar las épocas en las que se encuentran disponibles. Esto puede facilitar el desarrollo de planes de manejo y de aprovechamiento sustentable por las comunidades locales (Mejía-Gutiérrez, 1988; Ochoa-Gaona *et al.*, 2008).

El conocimiento fenológico permite determinar las estrategias de recolección de frutos, lo que puede incrementar la cantidad y la calidad de semillas disponibles para la producción de nuevas plántulas, establecer viveros y plantaciones forestales y de restauración, además de desarrollar programas de propagación vegetativa, entre otros fines (Villasana *et al.*, 1997; Ochoa-Gaona *et al.*, 2008).

En este contexto, en la presente investigación se planteó realizar talleres de la educación ambiental con los estudiantes de la telesecundaria de Amatlán, con la finalidad de incentivarlos a investigar fenómenos ecológicos como la fenología y la germinación de semillas de especies arbóreas de importancia local y discutir su utilidad para hacer frente a algunos de los problemas ambientales locales y regionales. También se buscó recuperar parte del conocimiento local de las especies seleccionadas, a través de entrevistas realizadas a los adultos en compañía de los alumnos, para saber cuáles son las más valoradas, ya que es necesario incluir en los programas de reforestación a las especies que constituyen parte importante en la vida de los pobladores por sus usos tradicionales (Moreno-Casasola y Paradowska, 2009).

Por otra parte, este proyecto favorece el vínculo entre la generación del conocimiento y su uso social, e incluso podría ser un primer paso para establecer algunos proyectos de manejo de la vegetación del BTS en la comunidad.

2. ANTECEDENTES

Los bosques tropicales secos son los de mayor distribución en México, sin embargo el conocimiento sobre su regeneración y restauración es escaso (Bonfil y Trejo, 2010). La fenología de las especies que lo conforman tampoco está bien conocida, no obstante se han realizado estudios que describen ciertos patrones fenológicos y se exploran algunos de los factores que los determinan.

Debido a que este tipo de vegetación se caracteriza por una temporalidad muy marcada en la precipitación, la disponibilidad del agua es el factor más importante que define los eventos fenológicos y también afecta el crecimiento y la distribución de los árboles (Lugo y Murphy, 1986; Hinckley *et al.*, 1991; Borchert, 1994). En BTS el periodo de pérdida de hojas se produce al inicio de la temporada seca, mientras que la foliación se presenta al inicio de la temporada lluviosa; en muchas especies la floración y la fructificación se presentan durante de la temporada seca, lo cual parece estar asociado al pico de la actividad de polinizadores y dispersores (Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Nunes *et al.*, 2012). Otros factores que influyen en los patrones fenológicos son la temperatura, el fotoperiodo e incluso las relaciones de filogenia (Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Justiniano y Fredericksen, 2000; Lobo *et al.*, 2003; Davies *et al.*, 2013).

A pesar de los estudios que se han realizado hasta el momento, el conocimiento fenológico de las especies de los bosques tropicales aún es escaso y fragmentario (Fournier y Charpantier, 1975; Ochoa-Gaona *et al.*, 2008). Algunos estudios realizados en los BTS de México son los de Bullock y Solís-Magallanes (1990), quienes registraron y describieron la fenología de 108 especies en la Estación de Biología de Chamela, Jalisco. Valdez-Hernández y colaboradores (2010) relacionaron las variables ambientales con las respuestas fenológicas de cinco especies del BTS en Yucatán; en el mismo estado, Salinas-Peba *et al.* (2013) evaluaron la variación espacial y temporal en la fenología reproductiva de tres especies arbóreas, *Bursera simaruba*, *Lysiloma latisiliquum* y *Piscidia piscipula*. Finalmente, Maldonado (2014) describió los eventos fenológicos foliares y reproductivos de 32 especies

del bosque tropical caducifolio de la región de Nizanda, Oaxaca, y evaluó si estas características permitían distinguir grupos funcionales.

Un estudio en el que se combinó la generación del conocimiento fenológico de especies de BTS con la participación social, es el de Luna-Nieves (2012), quien realizó un programa en el que miembros de una comunidad del municipio de Churumuco, Michoacán, evaluaron la fenología de 15 especies arbóreas seleccionadas por las preferencias locales, con el objetivo de identificar y seleccionar árboles semilleros útiles en posteriores programas de manejo.

Se han documentado otros ejemplos destacados en nuestro país que involucran la participación de las comunidades en el desarrollo de proyectos productivos, de manejo y de conservación. Entre ellos se encuentran los de las comunidades que habitan la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, quienes recibieron capacitación para diseñar y desarrollar proyectos de producción alternativos (Del Río *et al.*, 2003) y el de la comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro, en Michoacán, que ha desarrollado un exitoso esquema de manejo para la producción forestal, proporcionando empleo a los miembros de la cooperativa, pero también conservando y manejando sus bosques (Aguirre, 2010). Otro ejemplo es la promoción del ecoturismo y la conservación en la Reserva de la Biosfera Montes Azules en Chiapas (Betancourt, 2006).

Aunque hay casos en que las comunidades han logrado desarrollar programas de manejo, es importante reconocer que el éxito de la implementación de estos proyectos no sólo depende de su interés, sino también del entendimiento de los procesos ecológicos y de la comunicación y participación entre los sectores involucrados (Castillo, 2000; Jardel *et al.*, 2008). Desde esta perspectiva, resultan interesantes los estudios como el mencionado de Luna-Nieves, (2012), que comparte ambos enfoques, tanto en la generación de conocimiento ecológico, como el de la participación de actores locales para generar dicho conocimiento y aplicarlo en planes de manejo.

En el caso específico de la comunidad de Amatlán, no se han realizado estudios que apoyen a la toma de decisiones para el manejo de sus recursos. Hasta ahora las investigaciones se han centrado en documentar el conocimiento local de las especies medicinales (Gómez y Chong, 1985; Capiello, 2010) y en algunas técnicas agrícolas y de conservación biocultural del maíz nativo, con énfasis en la transmisión de conocimientos y tradiciones a través de las generaciones (Hagman, 2015). Por otro lado, Cayetano (2014) caracterizó la distribución y la diversidad de la avifauna de Amatlán, y a partir de esa investigación se realizó una breve guía de las especies más comunes y llamativas de la región, que puede ser de utilidad para las personas encargadas de los recorridos ecoturísticos que se llevan a cabo. Actualmente se está realizando un estudio de caracterización de la vegetación con el objetivo de proponer estrategias de conservación y restauración.

En este contexto, la necesidad de realizar investigación resulta evidente, pero ésta resultará mucho más útil si se logra integrar la participación social para el manejo, lo que podría redundar, entre otros aspectos, en un incremento en la conservación de la vegetación remanente del BTS y el incremento de su conectividad a través del manejo de las especies arbóreas.

3. OBJETIVOS

Objetivo general:

- Promover la participación de los jóvenes de la secundaria de Amatlán, Morelos, en la generación de información sobre la flora arbórea nativa, con el fin de contribuir al manejo y la conservación de la biodiversidad de su territorio.

Objetivos particulares:

- Conocer, a través de talleres de educación ambiental, la percepción de los alumnos en cuanto a la importancia de sus bosques y los principales problemas que enfrentan.
- Realizar, conjuntamente con los alumnos, la descripción de la fenología reproductiva de once especies arbóreas nativas, además de estimaciones preliminares de la viabilidad de las semillas y su germinación, con la finalidad de propagarlas.
- Recuperar, con ayuda de los jóvenes, parte del conocimiento colectivo tradicional de las especies de estudio, como su distribución local y usos en la comunidad.
- Describir la intensidad, la duración, la intensidad, la estacionalidad, la sincronía y la frecuencia de las fenofases reproductivas, y evaluar la relación entre la producción de frutos y algunas variables climáticas.

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 Manejo sustentable de los socioecosistemas

El concepto de manejo de ecosistemas surgió de la preocupación de algunos científicos por los efectos que las actividades humanas tienen sobre los ecosistemas (Grumbine, 1994; Jardel *et al.*, 2008). Sin embargo, actualmente, más allá de poner atención en las consecuencias de las actividades de transformación y explotación de los recursos naturales, los análisis se enfocan en la forma en que las sociedades humanas los utilizan (MEA, 2003).

El manejo es un proceso de intervención humana sobre los ecosistemas con el fin de aprovechar o producir bienes y servicios (Jardel *et al.*, 2008). El manejo sustentable puede definirse entonces como la gestión del uso, producción y protección de los recursos naturales, de forma que permita brindar a las personas o comunidades cierto bienestar social, económico y cultural, y que los ecosistemas puedan mantener la capacidad de proveerlos (Tregigda y Milne, 2006). Cuando el manejo es sustentable, se toma como principio la conservación de la biodiversidad y de los procesos de los ecosistemas, por lo que también se busca remediar o mitigar los efectos adversos de las actividades sobre el medio ambiente (Tregigda y Milne *et al.*, 2006; Jardel *et al.*, 2008). El proceso de manejo ocurre en la interfase de dos subsistemas, el biofísico (ecosistemas) y el sociosistema (sistema social que está influenciado por procesos culturales, políticos, demográficos y económicos) (Collins *et al.*, 2007; Jardel *et al.*, 2008).

En este esquema, un socioecosistema se refiere a la conjunción de ambos subsistemas, en el que hay un mecanismo de retroalimentación entre ellos. Por un lado, el subsistema biofísico proporciona servicios ambientales al sociosistema y, por el otro, el sociosistema toma decisiones de manejo sobre el subsistema biofísico, de acuerdo con sus necesidades (Maass, 2012). Por esta razón se considera igualmente importante entender e involucrar al sistema social para la toma de decisiones sobre el manejo y la conservación (Naiman, 1999; Castillo, 2006).

A partir de que se comenzó a visualizar la estrecha relación entre los aspectos naturales y los sociales en sus diferentes acepciones, también se han favorecido los procesos de comunicación y de colaboración, no sólo de manera interdisciplinaria (Fischer *et al.*, 2015), sino también transdisciplinaria. La transdisciplinariedad ha sido un término muy usado recientemente, y aunque aún no hay una definición clara, es considerada un enfoque de investigación que implica el desarrollo de capacidades para generar puentes de comunicación y participación entre el sector científico y los actores no académicos, orientado hacia la construcción de saberes que tendrán una aplicación práctica (Pregernig, 2006). En este sentido, la comunicación y la educación ambiental son procesos que pueden apoyar el diálogo entre distintos grupos para la planificación y la construcción de conocimiento y desarrollar proyectos de manejo (Andelman, 2003; Fischer *et al.*, 2015).

4.2 La comunicación ambiental como herramienta para el manejo de socioecosistemas

El manejo de socioecosistemas es considerado como un proceso social que requiere del intercambio continuo de información, experiencias y perspectivas. Supone que, mediante la interacción de los distintos sectores sociales, la construcción de estrategias sustentables de aprovechamiento, conservación y restauración de ecosistemas podría ser más promisorias (Castillo, 2003; Castillo y González-Gaudiano, 2010).

La comunicación ambiental es un proceso participativo y multidireccional que negocia soluciones (Andelman, 2003). Si se promueve la comunicación en dos vías, entre el transmisor y el receptor, se podrá saber lo que el público objetivo piensa sobre el tema, podrá promover soluciones, llevarlas a cabo y monitorear los resultados de esas acciones (Solano, 2001). El objetivo central de la comunicación ambiental es contribuir con elementos y fundamentos a la planificación, puesta en marcha, seguimiento y apoyo de procesos de recuperación, mejoramiento y manejo de recursos naturales (Tréllez y Quiroz, 1995). También puede considerarse como un vehículo para captar la atención del público sobre los problemas ambientales y resaltar las potencialidades que un manejo adecuado puede traer para una familia, una comunidad, una ciudad o un país (Solano, 2001). La

implementación exitosa de nuevas formas de manejo o de producción en el ámbito rural depende en gran medida del interés que las comunidades muestren por participar e involucrarse en estas propuestas (Luna-Nieves, 2011), por lo que se han desarrollado mecanismos para incorporarlas como actores primordiales en el proceso de planificación y manejo de muchas áreas naturales, así como en programas de restauración, acompañados de un segundo objetivo, el de promover el desarrollo rural (Klooster y Masera, 2000; Del Río *et al.*, 2003).

En este escenario, la comunicación ambiental, entendida como la disseminación de la información para promover y fortalecer una toma de conciencia colectiva, también puede ser un proceso útil para la recuperación del conocimiento ecológico tradicional (Castillo, 2000; Turner *et al.*, 2000), que se define como el conjunto de conocimientos, prácticas y creencias, construidos mediante un proceso adaptativo, que es transmitido a través de generaciones, abordando la relación entre los seres vivos (incluyendo humanos) y el ambiente (Berkes *et al.*, 2000). Propiamente se habla del conocimiento adquirido mediante actividades cotidianas como la caza, la recolección de plantas medicinales, la preparación de ceremonias espirituales o el mismo sustento familiar (Drew, 2005).

Las acciones de manejo pueden entenderse como un proceso social de toma de decisiones que, a la vez que permite satisfacer las necesidades de las sociedades humanas, mantiene las funciones de los ecosistemas a largo plazo, por lo que requiere del diseño e implementación de intervenciones técnicas y comunicativas efectivas. Las primeras se definen como las actividades prácticas o recomendaciones dirigidas a manipular los elementos de los ecosistemas. Las intervenciones comunicativas son las actividades concebidas para trabajar con la gente, con la intención de que los actores se involucren en acciones concretas. De esta forma se crea un espacio para el aprendizaje colectivo, bajo una concepción de educación ambiental que puede sensibilizar, proporcionar conocimiento y despertar la toma de conciencia de las sociedades en relación con los ecosistemas y su importancia para la vida humana (Sauvé, 1999; Castillo, 2005; Castillo y González-Gaudio, 2010).

4.3 El papel de la educación ambiental en el manejo de socioecosistemas

Castillo y González-Gaudiano (2010) consideran que las actividades de educación ambiental pueden apoyar en gran medida los proyectos de manejo de socioecosistemas. En algunos estudios se ha demostrado que la educación ambiental ha sido un medio útil para vincular la investigación con la puesta en marcha de acciones de conservación, restauración y aprovechamiento de recursos naturales con un enfoque de manejo de socioecosistemas (Ruvalcaba *et al.*, 2010).

Si bien la educación ambiental (EA) ha sido ampliamente discutida, la mayoría de los autores coincide en que es un proceso de enseñanza-aprendizaje permanente, por medio del cual el individuo adquiere conocimientos y desarrolla hábitos que le permiten modificar las pautas de conducta individual y colectiva en relación con el medio ambiente. Su propósito es lograr que los distintos sectores y grupos que integran a la sociedad se involucren conscientemente en la prevención y solución de los problemas ambientales a través de la participación (INE, 2013). La EA promueve la formación de individuos y grupos sociales con conocimientos, habilidades, sentimientos, valores y conductas favorables para la construcción de un nuevo paradigma social, caracterizado por pautas de convivencia social con la naturaleza (SEMARNAT, 2006). La EA puede ser abordada desde tres enfoques diferentes:

1. Educación ambiental formal, que se lleva a cabo como parte de las actividades de instituciones académicas en todos los niveles de escolaridad y tiene intencionalidades específicas (Novo, 1995).
2. Educación ambiental no formal, que se realiza fuera de las instituciones educativas y se traduce en acciones de cuidado y respeto por la diversidad biológica y cultural, de una manera intencional, estructurada y sistematizada (González-Gaudiano y Gaudiano, 1993; Novo, 1995).

3. Educación ambiental informal, que es la que se efectúa a través de los medios de comunicación como la radio, la televisión, las revistas, los periódicos, los libros y los anuncios espectaculares, entre otros (González-Gaudiano y Gaudiano, 1993).

Las tres modalidades de educación ambiental son válidas y complementarias, porque inciden sobre los individuos en diferentes fases o momentos de su vida; sin embargo, es importante señalar que la educación no formal puede abordar problemas específicos que requieren de decisiones colectivas tomadas por conjuntos de la sociedad civil (jóvenes, adultos, etc.), para los cuales las respuestas escolares resultan insuficientes, ya que los educadores escolares no pueden cubrir el amplio abanico de necesidades respecto a temas ambientales (Novo, 1996).

Asimismo, en los procesos de educación ambiental no formal se pueden emplear metodologías participativas (Castillo y González-Gaudiano, 2010), que busquen promover la elaboración de conocimientos de cierto tema con la intervención de otros sectores además del científico (Reyes, 2006b).

4.4 La participación social para la generación de conocimiento científico

A nivel social, la participación es un proceso mediante el cual diferentes grupos sociales influyen e intervienen en el desarrollo de iniciativas o políticas (Carrero y García, 2008). Por medio de la participación social se trata de estimular y apoyar la decisión y el compromiso para la acción que asumen los individuos y grupos sociales frente a diversas circunstancias relacionadas al ambiente en el que viven (Tréllez, s.f.).

En la investigación de problemas ambientales, la participación social puede estimular interpretaciones y propuestas de soluciones de acuerdo con la problemática que enfrentan las sociedades actuales y sus entornos naturales. La participación social en la investigación científica de problemas ambientales se define como el involucramiento en el proceso de generación de conocimientos de los actores sociales (agricultores, productores, u otros no

considerados académicos) que son dueños o viven en el lugar o región en el que se realizará el proyecto de investigación (Reyes, 2006b).

La investigación participativa se considera parte de una experiencia educativa que sirve para determinar las necesidades de la comunidad y para aumentar la conciencia y el compromiso dentro de ésta. En este esquema, el aprendizaje no se concentra en procesos educativos formales o escolarizados, sino en conocimientos en torno a su realidad, promoviendo también el uso del conocimiento popular para lograr uno más integrado de hechos y procesos concretos. Esta metodología postula la conjugación de la teoría con la práctica, por lo que tendrá una influencia crucial en la autoformación del sujeto (De Shutter, 1983).

Reyes (2006b), considerando las propuestas de algunos autores (De Shutter, 1983; Anderson, 1999; Esteva y Reyes, 2003), sugiere que hay cuatro niveles de involucramiento de los sectores sociales en una investigación participativa:

- Nivel 1. El grupo social o la comunidad en la que se investiga un problema ambiental brinda información a los especialistas o académicos que están realizando el estudio.
- Nivel 2. El grupo social o la comunidad participa en la elaboración de la agenda temática o en la definición del problema que debe ser investigado.
- Nivel 3. El grupo social o la comunidad se involucra en el proceso de la investigación, desde la definición de objetivos, pasando por la recolección de datos, la interpretación de los mismos, hasta la programación de acciones que se derivan de la investigación y que pretenden resolver problemas sobre el entorno social y ecológico.
- Nivel 4. El mayor nivel de participación se da cuando el grupo social o la comunidad, a diferencia de los otros tres niveles, es capaz de conducir por sí misma la investigación, con el apoyo, pero no con la conducción de los académicos.

Para fines de este estudio, el nivel tres de participación propuesto por los autores podría aprovecharse para la implementación de actividades de educación ambiental con jóvenes a través de talleres, con el fin de realizar una investigación que proporcione conocimiento útil para futuros programas de manejo en la comunidad.

En este estudio resultan muy convenientes los talleres, porque son espacios de construcción colectiva de conocimiento que combinan la teoría con la práctica alrededor de un tema (Candelo *et al.*, 2003; Maya, 2007). Pueden realizarse con un número limitado de personas o de forma colectiva y participativa, mediante el trabajo activo, creativo, concreto, sistemático y el aporte del intercambio de experiencias, discusiones, entre otras actividades, que ayudan a generar puntos de vista, soluciones y alternativas a problemas dados (Candelo *et al.*, 2003). Como respuesta a las reflexiones y discusiones de los contenidos abordados, los participantes pueden apropiarse de los aprendizajes, que consisten no sólo en la adquisición de conocimientos, sino también de habilidades, valores, actitudes, hábitos y emociones (Pérez-Gómez *et al.*, 2009).

5. MÉTODOS

5.1 Sitio de estudio

Amatlán de Quetzalcóatl se encuentra en el este del municipio de Tepoztlán, en el norte de Morelos (coordenadas 18° 59' 58.8" y 99° 01' 51.74" N, 18° 55' 33.61" y 99° 02' 39.29" S, 18° 58' 40.8" y 99° 00' 40.35" E y 18° 58' 03.6" y 99° 03' 21.75" O). La propiedad de la tierra es comunal y el territorio tiene una extensión aproximada de 2,610 ha, que se distribuyen a lo largo de un gradiente altitudinal que va de 1250 a 2300 m snm. Una parte importante de su territorio pertenece al Parque Nacional El Tepozteco (Figuras 1; DRCEN, 2008).

Los terrenos del norte de la comunidad forman parte de la formación Tepoztlán, que está compuesta predominantemente por detritos volcánicos andesíticos, depositados en capas que varían de espesor. La topografía de la formación difiere de la que caracteriza a la mayoría de las rocas volcánicas de la región, ya que presenta acantilados escalonados mejor desarrollados (Fries, 1960). Se han registrado tres unidades de suelo: feozems, regosoles y vertisoles. Los primeros son los de mayor extensión y se utilizan para la agricultura debido a que son suelos ricos en materia orgánica y nutrientes; los regosoles generalmente son suelos jóvenes y sensibles a la erosión y los vertisoles tienen un alto contenido de arcillas y son difíciles de manipular (INEGI, 2009).

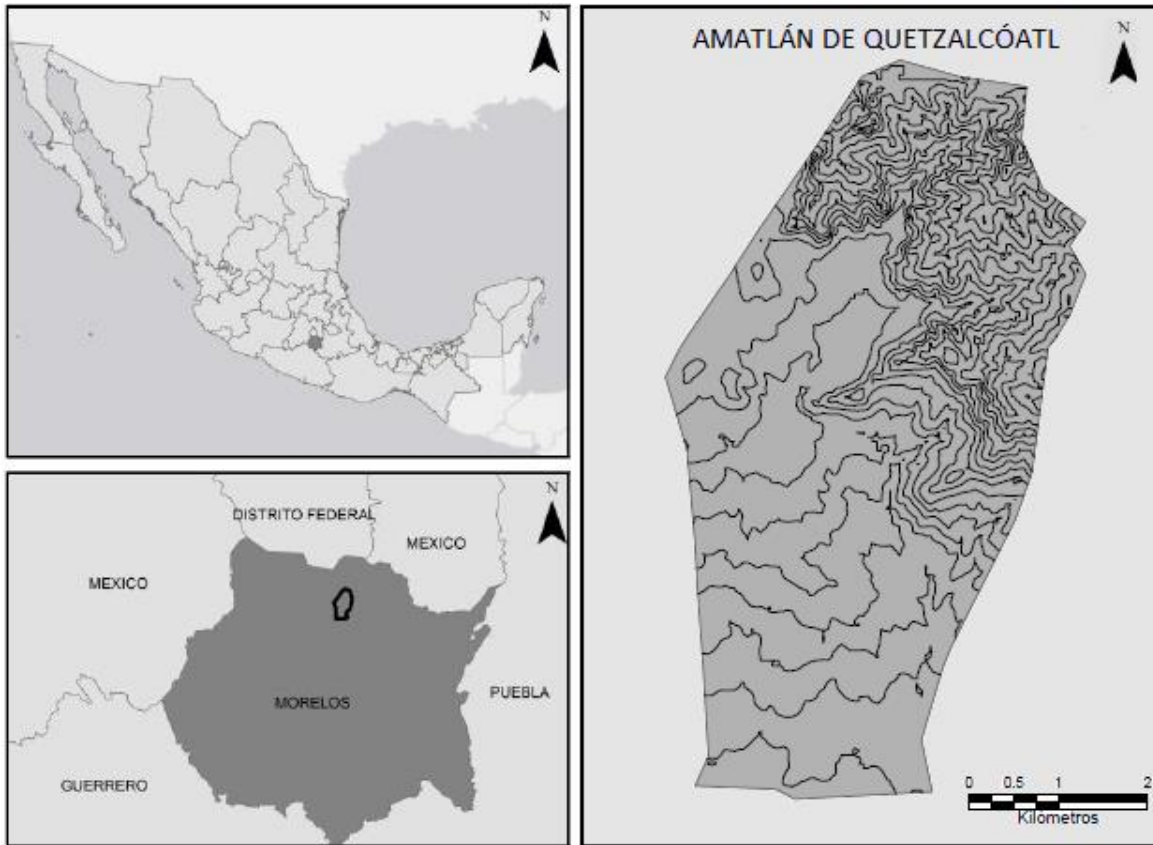


Figura 1. Ubicación del polígono del poblado de Amatlán de Quetzalcóatl en el estado de Morelos, México.

Clima. De acuerdo con los registros de la estación meteorológica de Tepoztlán, que se ubica a una altitud de 1384 (la más cercana a Amatlán), el clima es semicálido subhúmedo con lluvias en verano ((A)C (w₂")(w)a(i")g). La temperatura media anual oscila entre 18 y 22 °C y la precipitación anual es de alrededor de 1000 mm. En el sitio se presenta una marcada estacionalidad climática, con una temporada seca de noviembre a mayo (Figura 2; DRCEN, 2008).

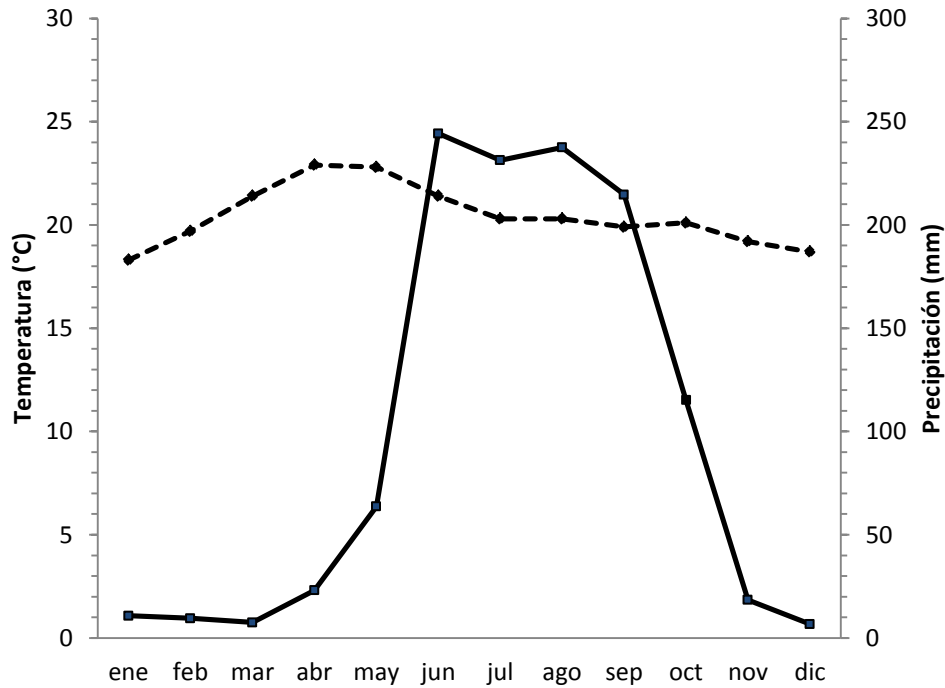


Figura 2. Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica de Tepoztlán, elaborado a partir de los datos de la misma estación del SMN. Línea punteada indica la temperatura y línea continua indica la precipitación.

Vegetación. Aunque no se han realizado estudios detallados de la vegetación en Amatlán, en general se presentan los mismos tipos de vegetación registrados en el Corredor Biológico del Chichinautzin y en el PNT (Vega-Guzmán *et al.*, 2008). Debido al gradiente altitudinal, en las partes más altas hay bosque de pino-encino, en el que dominan especies como *Pinus teocote*, *Quercus laurina* y *Q. candicans*; en las partes medias se encuentran bosques de encino, en los que destacan *Quercus magnoliifolia*, *Q. glaucoides* y *Q. castanea*. La zona más baja está conformada por parches remanentes de bosque tropical caducifolio, mezclados con encinares secos. En el primero dominan las leguminosas, en especial de los géneros *Lysiloma*, *Erythrina*, *Acacia* y *Leucaena*, y se encuentran diversas especies del género *Bursera* y de otros como *Ipomoea*, *Ceiba*, *Ficus*, *Plumeria* y *Dodonaea*. En los encinares de las partes bajas dominan *Quercus magnoliifolia* y *Q. glaucoides* (Vega-Guzmán *et al.*, 2008; Taracena, 2015; K. Bilbatua, comunicación personal).

Contexto ambiental. Al igual que en Tepoztlán, la problemática ambiental que se presenta en Amatlán se debe a factores como la creciente urbanización, la expansión de la frontera agropecuaria, los incendios forestales y la extracción de flora y fauna silvestre para su comercialización (DRCEN, 2008). Esta situación ha llevado a plantear la necesidad de realizar estudios que proporcionen información para una adecuada planificación y toma de decisiones sobre el manejo del territorio y sus recursos naturales. Algunas instituciones que están desarrollando trabajos de investigación y monitoreo en coordinación con la dirección del Parque El Tepozteco, son la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Acción y Desarrollo Ecológico A.C., y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) (DRCEN, 2008).

En los últimos años en la comunidad de Amatlán se ha desarrollado un proyecto ecoturístico, *Quetzalcóatl Temachtiani*, que proporciona oportunidades de desarrollo económico a los pobladores, quienes han mostrado interés en conservar y proteger sus áreas silvestres, así como manejar sustentablemente sus recursos naturales y difundir sus tradiciones, usos y costumbres (DRCEN,2008).

En 2013, atendiendo a solicitudes de comunidades y ejidos interesados en la conservación de sus recursos naturales, el Proyecto Integral para la Conservación y Restauración de sitios prioritarios del estado de Morelos (a cargo de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del estado), financió obras con tres ejes: rehabilitación ecológica, conservación a través de proyectos productivos, y combate y prevención de incendios. Como parte de este programa se financió la construcción de un vivero comunitario en Amatlán, con el fin de producir especies forestales de importancia para la restauración de sitios deteriorados, generar alternativas de desarrollo social y promover la participación de los habitantes (CONAFOR, 2013; Secretaría de Desarrollo Sustentable, consultado en julio, 2015).

Contexto sociodemográfico. Amatlán de Quetzalcóatl es una localidad indígena y mestiza, cuya lengua era náhuatl, aunque actualmente sólo algunos adultos mayores lo hablan. En 2010 la población estaba conformada por 1029 habitantes y se reportan como las

principales actividades económicas la agricultura (40 % de la población) y el turismo (41 %; INEGI, 2010). Se ha reportado que en la comunidad se lleva a cabo la conservación biocultural del maíz *in situ*, con cinco razas de maíz nativo cultivadas, así como otros productos de la milpa, principalmente frijol y calabaza (Hagman, 2015).

Los niveles de escolaridad predominantes son primaria y secundaria (CONAPO, 2005). La telesecundaria "Quetzalcóatl" es la única secundaria en la comunidad. Parte de los estudiantes de este nivel acuden a otra escuela en la cabecera municipal, en Tepoztlán.

5.2 Enfoque de investigación

La presente investigación se fundamentó en dos paradigmas, el de investigación-acción y el interpretativista. La investigación-acción se considera un "proyecto de acción", actualmente utilizado con diversos enfoques y perspectivas, dependiendo la situación que se quiere abordar (Bausela, s.f.; Murillo, 2010). De acuerdo con Carr y Kemis (1988) es un proceso cíclico de investigación y acción constituido por cuatro fases: planificación, acción, observación y reflexión. En la primera fase se identifica un problema, se hace un diagnóstico de la situación y se realiza un plan de acción. En la segunda se implementa ese plan para posteriormente, mediante la observación (fase 3), recolectar datos y evidencias que permitan evaluar sus efectos. Esta fase está estrechamente ligada al enfoque interpretativista, que se explicará más adelante. En la última fase, se hace una reflexión en torno a los datos obtenidos durante el proceso de observación, que puede servir para mejorar el plan inicial.

Desde esta perspectiva, dicho enfoque se implementó tanto a nivel de proyecto, como a nivel de los talleres de educación ambiental. Como menciona Murillo (2010), se parte de una situación o problema, se analiza con la finalidad de generar un cambio, se implementa una intervención (plan de acción) y se observa, reflexiona, analiza y evalúa dicha acción.

El enfoque interpretativista es una aproximación que permite entender la vida cotidiana y las estructuras sociales, tomando en cuenta el significado que la gente otorga a los fenómenos (Cantrell, 1996). Con base en este enfoque se empleó una metodología cualitativa, la cual permite obtener y analizar datos descriptivos (cualitativos), surgidos de las propias palabras, habladas o escritas, y de la conducta observable de las personas (Taylor y Bogdan, 1987).

Los datos cualitativos se obtienen a través de diferentes métodos, como las entrevistas, los grupos focales, las encuestas y la observación participante, entre otras, en las que el investigador puede realizar planteamientos abiertos y desarrollar una comprensión sobre procesos, relaciones y percepciones del fenómeno de interés (Sampieri *et al.*, 2006; Drury *et al.*, 2011). Los investigadores inician un estudio con interrogantes e intereses generales, en los que no predefinen la naturaleza ni el número de los casos –escenarios o informantes– que se habrán de estudiar, los cuales se definen a medida que progresa el estudio (Taylor y Bogdan, 1987).

5.3 Diseño y herramientas metodológicas

5.3.1 *Talleres de educación ambiental*

El primer paso del proyecto fue invitar a los docentes y alumnos a participar. Primero se entrevistó a los profesores para explicarles el objetivo del trabajo y pedirles su autorización para realizar los talleres de educación ambiental. Esta visita exploratoria también permitió conocer el número de estudiantes inscritos, las instalaciones y los recursos (computadoras, microscopio, proyector, etc.) que podrían ser útiles para los talleres. Debido a que el número de alumnos fue reducido durante el periodo de estudio (enero de 2014 a julio de 2015; Cuadro 2), se invitó a los tres grados a participar. Cada grupo estaba a cargo de un profesor, y uno de ellos se desempeñaba también como director.

Cuadro 2. Número de alumnos de la Telesecundaria Quetzalcóatl durante el periodo de trabajo.

Ciclo escolar	Grado escolar			Total
	1°	2°	3°	
2013 – 2014	11	6	5	22
2014 – 2015	6	10	7	23

Con el objetivo de despertar el interés de los alumnos en el proyecto, entre enero y julio de 2014 se realizaron talleres de participación y de educación ambiental dos veces al mes, durante una hora con cada grupo. En cada ocasión se tomó nota de la asistencia de los alumnos, su participación, intereses, opiniones y de las inquietudes que surgieron. Se buscó que los temas y actividades que se abordaran fueran útiles para cumplir con el objetivo principal del proyecto, es decir, generar conjuntamente información sobre la fenología reproductiva y la propagación de algunas especies nativas de la región (Cuadro 3). Con la finalidad de establecer confianza y empatía con los alumnos, en febrero se llevó a cabo un taller de pintura, con la ayuda de un maestro especializado. Los estudiantes dibujaron mediante técnicas sencillas algunas estructuras de los árboles de la región que recolectaron ellos mismos.

Cuadro 3. Temas y actividades tratados en los talleres durante el primer periodo de trabajo con los alumnos (diciembre de 2013 – julio de 2014).

Fecha	Tema / actividad realizados
11-12-13	Presentación. Discusión de la problemática ambiental de la región y reflexión de la importancia de cuidar los bosques de su localidad.
10-01-14	Identificación de las diferentes estructuras de los árboles del patio de la escuela.
24-01-14	Estructura floral y reproducción vegetal (práctica de disección de flores e identificación de sus estructuras).
07-02-14	Taller de pintura con el pintor Santiago Robles.
21-02-14	Tipos de semillas y su dispersión.
21-03-14	Práctica de disección y observación de semillas. Observación de embriones al microscopio.
04-04-14	Pruebas de viabilidad y tratamientos pre-germinativos.
18-04-14	Pruebas de flotación y germinación de semillas de dos especies del género <i>Leucaena</i> (guaje) con tres tratamientos (control y escarificación térmica y mecánica).
09-05-14	Germinación de las especies de guaje (práctica de germinación).
26-05-14	Trasplante de plántulas de guaje a macetas.
11-06-14	Elaboración de un periódico mural con las experiencias de las actividades realizadas hasta el momento y con el ciclo de vida de una planta, resaltando la producción de semillas y/o frutos.
25-06-14	
16-07-14	Clausura del ciclo escolar 2013-2014 y presentación del periódico mural a los familiares.

La directora y las profesoras aceptaron continuar con el proyecto durante el siguiente ciclo escolar (2014-2015). Cabe mencionar que es común que en cada ciclo

escolar se asignen nuevos docentes a la telesecundaria. En este caso, la nueva directora permitió trabajar un módulo de 40 minutos semanalmente con cada grupo (120 min en total). Las actividades y los temas abordados en este segundo periodo se enlistan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Temas y actividades tratados en los talleres durante el segundo periodo de trabajo con los alumnos (septiembre de 2014 – julio de 2015). No se incluyen las salidas al campo llevadas a cabo para el registro fenológico.

Fecha	Tema/actividad realizados
03-09-14	Dibujos de los árboles de estudio (con material vivo y de herbario), haciendo énfasis en la descripción de las características (forma de la hoja, presencia de espinas, tricomas, frutos) que permitieran distinguir las especies.
10-09-14	Se definió qué es una entrevista con el fin de saber cómo aplicarlas a los adultos. Los alumnos eligieron un tema relacionado con el lugar en que viven y se entrevistaron entre ellos.
17-09-14	Se retomó el concepto de fenología y se hizo una práctica con los árboles del patio de la escuela (conteo de semillas y/o frutos, presencia de flores).
24-09-14	Se realizaron los calendarios fenológicos con los datos obtenidos de campo hasta el momento.
01-10-14	Se limpiaron las semillas para las pruebas de germinación de las especies colectadas hasta el momento (<i>Leucaena macrophylla</i> , <i>Leucaena esculenta</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> y <i>Bursera fagaroides</i>).
8-10-14	Se realizaron pruebas de viabilidad (flotación) y se discutieron los resultados.
15-10-14	Escarificación (mediante lijado) de las semillas.
22-10-14	Montaje del experimento de germinación.
08-11-14	Discusión de los resultados de germinación: realización de gráficas (a mano) y obtención de porcentajes para facilitar la discusión y conclusión.

- 3-12-14
10-12-14
- Trasplante de las plántulas obtenidas en el experimento de germinación al vivero.
- 21-01-15
- Se realizó un juego «Preguntas y respuestas», con el fin de recordar conceptos clave revisados a lo largo de los talleres.
- 28-01-15
- Limpieza de las semillas colectadas para la segunda parte de las pruebas de germinación (*Bursera copallifera*, *B. bipinnata*, *B. glabrifolia* y *Eysenhardtia polystachya*).
- 04-02-15
- Pruebas de flotación y obtención de los porcentajes; discusión de los resultados.
- 18-02-15
- Escarificación de las semillas para montar el experimento de germinación.
- 04-03-15
- Montaje del experimento de germinación.
- 18-03-15
- Trasplante de las plántulas de *Eysenhardtia polystachya* en el vivero.
- 15-04-15
- Elaboración de gráficas en la computadora y discusión de los resultados de las pruebas de germinación, comparando los obtenidos en la escuela y en la cámara de germinación.
- 13-05-15
- Trabajo en el vivero y discusión en lluvia de ideas de las propuestas para el producto final.
- 22-05-15
- Se realizaron actividades deportivas por parte de la escuela, en las cuales la autora de la tesis participó. Se hizo una dinámica sobre la importancia de la conservación cultural y ecológica de su comunidad.
- 03-06-15
10-06-15
15-06-15
- Elaboración del cuadernillo "Nuestro primer libro de la flora de Amatlán".
- 22-06-15
- Preparación de algunos materiales para "la demostración de lo aprendido".
- 26-06-15
- Se llevó a cabo "la demostración de lo aprendido" Los alumnos expusieron parte del trabajo que se realizó durante los talleres. Se hizo la presentación del primer borrador del cuadernillo.

03-07-15	Se realizó (conjuntamente con las profesoras) una competencia entre los alumnos, para abordar temas de todas las materias, incluyendo los que se desarrollaron en los talleres de educación ambiental.
14-06-15	Ceremonia de clausura.
24-06-15	Se entregó el cuadernillo "Nuestro primer libro de la flora de Amatlán" a la biblioteca local.

Evaluación de los talleres de educación ambiental. Como parte de la evaluación final de los talleres de educación ambiental, se realizaron murales de evaluación participativa. Éstos permiten identificar visualmente las opiniones de las personas, incluso de manera anónima; consisten en hacer una gráfica en forma de pastel dividida en secciones que corresponden al número de aspectos que se desea evaluar y, a través de un código de colores, los participantes pueden reflejar diferentes opiniones (Escalas y Güell, 2005).

En este caso se hicieron dos murales, uno para que los alumnos opinaran en general sobre los talleres de educación ambiental y el otro para conocer qué temas y/o actividades les parecieron más atractivos y cuáles no. En el primero se identificaron ocho aspectos a evaluar y el código de colores que se utilizó fue: rojo que significa "en desacuerdo", amarillo – "ni acuerdo, ni desacuerdo" y verde – "de acuerdo". En el segundo mapa se evaluaron 12 temas y el código de colores fue: rojo – "no me interesó, amarillo – "me interesó poco" y verde – "sí me interesó" (Figura 3). La dinámica consistió en proporcionar a los estudiantes una planilla de estampillas de los colores del código, posteriormente se leyeron los aspectos a evaluar en voz alta y se les dieron unos minutos para colocarlas donde desearan.

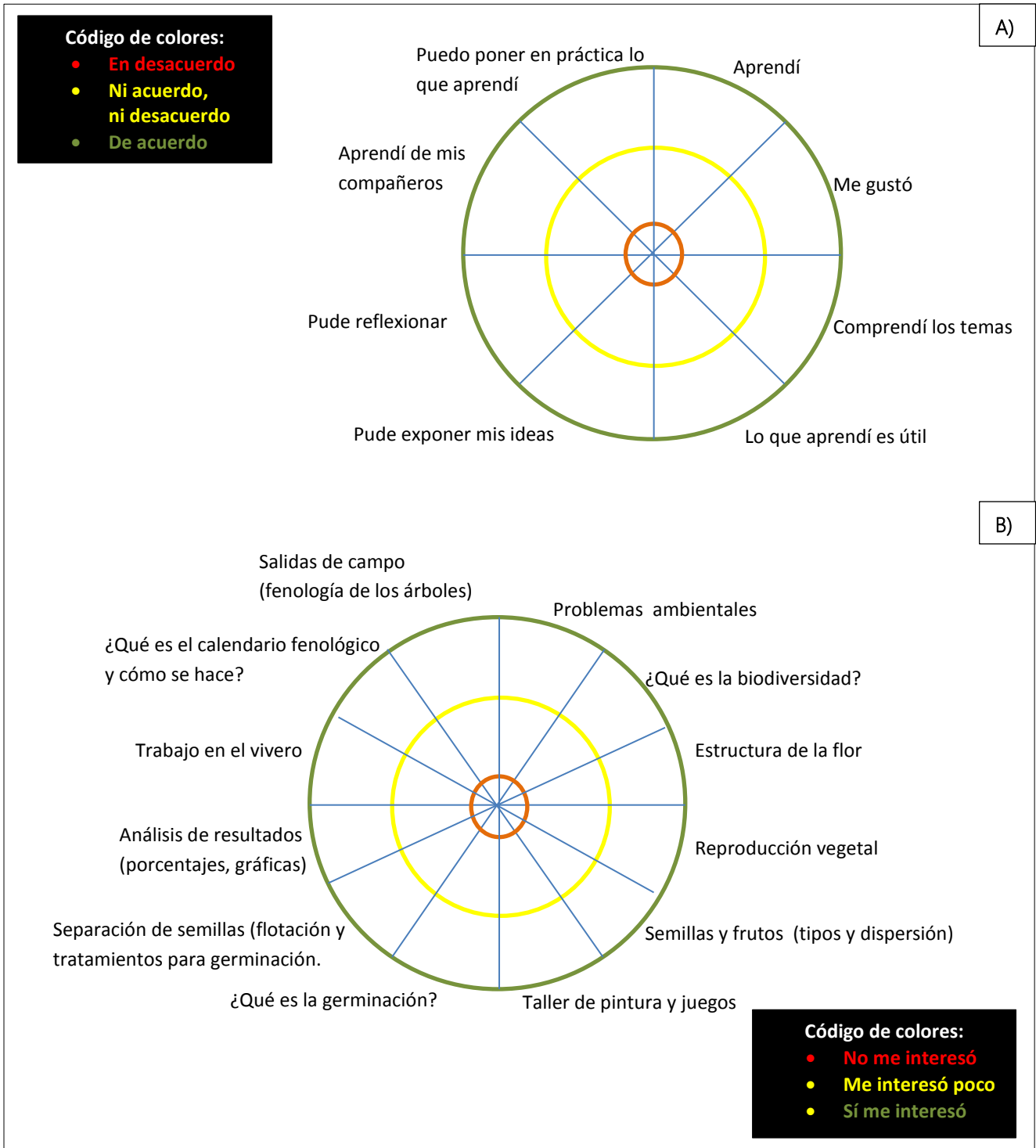


Figura 3. Murales de evaluación participativa para las actividades de educación ambiental en la telesecundaria de Amatlán. A) Percepción de los talleres en general, B) Evaluación de los temas y/o actividades.

5.3.2 *Entrevistas para recuperar el conocimiento tradicional*

Se empleó la entrevista semi-estructurada como herramienta cualitativa para la obtención de datos. La entrevista es un instrumento muy útil para indagar sobre un problema y comprender cómo se conceptualiza por los sujetos de estudio. En términos generales, puede definirse como una conversación en la cual las personas pueden hablar sobre lo que saben, piensan y creen (Toro y Parra, 2006). La entrevista semi-estructurada tiene una secuencia de temas y preguntas sugeridas, pero sujeta a cambios, dependiendo de las situaciones particulares de los entrevistados (Álvarez-Gayou, 2003). Es importante también que en una interacción cara a cara con las personas de estudio, se elaboren notas que pueden ser valiosas posteriormente (Taylor y Bogdan, 1987).

Con el fin de recuperar parte del conocimiento tradicional de algunas especies nativas y saber cuáles son las más valoradas por sus usos tradicionales, así como identificar sus características generales y distribución local, se realizaron 15 entrevistas semi-estructuradas en compañía de algunos alumnos a padres de familia y adultos mayores (Anexo 1). Las entrevistas se realizaron durante el transcurso del proyecto, buscando la oportunidad de encontrar a los familiares (padres, abuelos, tíos) de los alumnos en casa y que tuvieran tiempo disponible para ser entrevistados. Sólo se grabaron en audio digital las entrevistas de las personas que lo autorizaron; de las que no aceptaron, las respuestas se escribieron conforme respondían. Para completar la información sobre las especies más valoradas y relacionarlas con su abundancia local, se realizó un muestreo de la vegetación en un parche de bosque tropical seco semi-conservado; los métodos empleados y resultados obtenidos se presentan en el Anexo 2.

Por otro lado, para concluir el trabajo en la telesecundaria y conocer la percepción de los alumnos y profesores acerca de los talleres de educación ambiental, se realizaron cuestionarios breves de forma escrita (alumnos) y oral (profesoras) (Anexo 3).

Análisis de datos cualitativos. La información obtenida con las distintas herramientas cualitativas se condensó en bases de datos en Excel, para sistematizarla y ordenarla.

Posteriormente se analizó mediante el uso de elementos de análisis cuantitativo (conteo de frecuencias), aunque gran parte correspondió a un análisis cualitativo (relatos de experiencias y significados (Sampieri *et al.*, 2003).

5.4 Registro de la fenología reproductiva

Selección de especies. Se eligieron once especies arbóreas nativas del bosque tropical seco de importancia por sus usos locales; además se buscó que se encontraran en lugares accesibles para poder acudir con los alumnos a realizar los registros (Cuadro 5).

A partir de enero de 2014 se realizaron recorridos para elegir los árboles que se observarían. Se seleccionaron, de acuerdo con su abundancia, entre cinco y ocho individuos reproductivos (con presencia de flores femeninas) por especie, con un diámetro a la altura del pecho ≥ 10 cm (Anexo 4) (Bullock y Solis-Magallanes, 1990). Se marcaron individuos sin enfermedades aparentes y por orden de aparición, con una distancia entre ellos de por lo menos 50 m, para evitar en lo posible elegir individuos emparentados (Fournier y Charpantier, 1975; Luna-Nieves, 2011).

Observaciones fenológicas. El registro fenológico se realizó en compañía de los alumnos que desearon participar y contaban con el permiso de sus padres para salir al campo; en total fueron 13 alumnos en distintas salidas. Al inicio de los recorridos se hacían varios ejemplos en conjunto para explicar el procedimiento, después lo hacían solos, usando un formato que se les proporcionó, y siempre bajo la supervisión de la autora de la tesis. Se realizaron observaciones mensuales (durante un año) de la producción de flores y frutos inmaduros y maduros de las especies seleccionadas. El registro de la floración se realizó de forma cualitativa, mediante la presencia-ausencia de las estructuras florales en cualquier estadio de desarrollo, con el fin de que la observación fuera más sencilla y se pudieran hacer los recorridos en un día para que los alumnos pudieran participar. La fructificación se registró contando el número de frutos y/o semillas en un cuarto de la copa del árbol (indicando el porcentaje de frutos inmaduros y maduros), para posteriormente hacer una

extrapolación a la producción total por árbol. La distinción entre los estadios de desarrollo de los frutos se basó principalmente en el cambio de color, el tamaño y/o textura (Luna-Nieves, 2011).

Cuadro 5. Especies arbóreas nativas de la localidad de Amatlán, Tepoztlán, Morelos. Los números entre paréntesis indican el número de individuos estudiados por especie.

Especie/Familia	Sexo	No. de individuos	Nombre común	Usos
Burseraceae				
<i>Bursera bipinnata</i>	Dioica	6	Copal chino	Cerca viva
<i>Bursera copallifera</i>	Dioica	8	Copal	Cultural (resina); cerca viva.
<i>Bursera fagaroides</i> var. <i>elongata</i>	Dioica	5	Coazitlalli	Cerca viva.
<i>Bursera glabrifolia</i>	Dioica	7	Copal	Cerca viva.
Leguminosae				
<i>Acacia pennatula</i>	Hermafrodita	5	Tehuixtle blanco	Medicinal
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Hermafrodita	5	Palo dulce	Comestible, medicinal, forrajero, doméstico
<i>Leucaena esculenta</i>	Hermafrodita	5	Guaje	Restauración de suelos, forraje, medicinal, combustible y construcción.
<i>Leucaena macrophylla</i>	Hermafrodita	5	Guaje blanco	Comestible.
<i>Lysiloma acapulcense</i>	Hermafrodita	5	Tepehuaje	Aserrío, medicinal, forrajero
<i>Mimosa benthamii</i>	Hermafrodita	5	Tehuixtle rojo	Madera para carbón
Malvaceae				
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Hermafrodita	5	Cuahuilote	Reforestación y restauración, asociado a sistemas agroforestales. Artesanías, construcción, medicinal y forrajero.

Análisis de datos fenológicos. La descripción de los patrones fenológicos se realizó en ocho de las once especies de estudio, ya que fueron las que produjeron frutos aparentemente sanos, es decir que no tuvieran evidencias de depredación o malformación. Se estimaron la intensidad, la duración, la sincronía, la estacionalidad y la frecuencia de la producción de frutos inmaduros y maduros. En el caso de la floración, debido a que sólo se hizo una evaluación cualitativa (presencia-ausencia) sólo se pudieron obtener la duración y la frecuencia. Para realizar algunos de los análisis a partir del conteo de frutos y de los porcentajes que correspondían a inmaduros y maduros, se formaron seis categorías de la intensidad de fructificación: 0 (ausentes), 1 (1 – 10 %), 2 (11 – 25 %), 3 (26 – 50 %), 4 (51 – 75 %) y 5 (76 – 100 %) (Fournier, 1974; Luna-Nieves, 2011). El valor máximo de la producción de frutos por individuo (100 %) correspondió al número máximo de la cuantificación realizada durante el periodo de fructificación (Herrerías-Diego *et al.*, 2006).

La intensidad se estimó modificando el índice de Fournier (IF), el cual expresa la producción de estructuras como la proporción porcentual en un tiempo dado, y se calcula mediante la siguiente fórmula (Fournier, 1974):

$$IF = \frac{\sum_i^n X_i(100)}{(m)(n)}$$

donde X_i es la categoría de intensidad en un tiempo dado en el individuo i , m es el valor máximo de la escala utilizada para cuantificar la intensidad y n es el número de observaciones por especie en un tiempo dado.

La duración se definió como el tiempo que transcurre entre el inicio y el final de una fenofase. Para ello se estimaron la media, la moda, la desviación estándar y los números mínimo y máximo de los meses en los que se observaron flores y frutos (inmaduros y maduros). De acuerdo con la media de cada fenofase, la duración puede clasificarse como breve (menor a 2 meses), intermedia (2 - 5 meses) y extendida (mayor a 5 meses) (Newstrom *et al.*, 1994; Luna-Nieves, 2011).

Se estimó la estacionalidad, con el objetivo de conocer la distribución de las fenofases en el tiempo y determinar si alguna se restringió a cierta temporada del año. Se utilizó la estadística circular, con la que se puso a prueba la hipótesis nula de que los frutos en sus dos estadios de maduración se distribuyen homogéneamente a lo largo del año (Morellato *et al.*, 2010). Para ello, a los meses del año se les asigna un valor de 30°, por ejemplo, a enero le corresponde 0°, a febrero 30°, a marzo 60° y así sucesivamente. Debido a que estos datos presentan una distribución circular, se calculó el ángulo medio α y la magnitud del vector r . El primer parámetro indica el punto del año en que el mayor número de individuos presenta frutos, mientras que el vector r indica la dispersión o concentración de las observaciones. El vector r puede tomar valores de 0 a 1, en donde 1 indica que los datos se agrupan en una sola dirección, es decir, que la presencia de una fenofase se concentró en un tiempo dado. En cambio, si el valor de r es cercano a 0 significa que los datos se distribuyen a lo largo del año (Zar, 2010). Para probar la distribución estadística de α se realizó una prueba de Rayleigh (z) y se consideraron tres posibilidades: 1) las fenofases se presentan en la temporada seca (noviembre – mayo); 2) las fenofases se presentan en temporada de lluvias (junio – octubre), o 3) las fenofases se presentan en ambas temporadas (Newstrom *et al.*, 1994). Este análisis se realizó con el programa Oriana 4.0.

La sincronía con la que se presentaron las distintas fenofases se evaluó a partir del índice de sincronía (S) (Freitas y Bolmgren, 2008), que considera no sólo el grado de superposición de una fenofase en cada individuo de la población con respecto al total, sino que incorpora, además, las diferencias en la intensidad con la que se presenta la fenofase en la población. El índice puede tomar valores de 0 a 1, donde 1 significa que los individuos están en máxima sincronía, y 0 cuando ocurre lo contrario.

La fórmula para calcular el índice de sincronía (S) es:

$$S = \sum \frac{di}{N} \quad \text{donde} \quad di = \frac{1}{T_i} \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T \sqrt{f_{i,t} f_{j,t}}, j \neq i$$

donde d_i es el nivel de sincronización de individuos i en relación con la población de los j individuos muestreados; f es el valor relativo de la intensidad de la fenofase, que va de 0 a 1; T_i es el número total de meses en los que $f_i > 0$; N es el número total de individuos estudiados en la población; j es el individuo de la población; t es un mes del año y T es el número total de meses para la especie de estudio (cuando $f_i > 0$). De acuerdo con los valores obtenidos, podemos considerar eventos asincrónicos (0 – 0.24), poco sincrónicos (0.25 – 0.4), sincrónicos (0.5 – 0.74) y muy sincrónicos (0.75 – 1), ya sea de floración o de fructificación.

La frecuencia se refiere a la periodicidad de los eventos fenológicos registrados en un ciclo anual, que se pueden clasificar en tres categorías: 1) continua, en especies que presentaron alguna fenofase por más de diez meses, 2) subanuales, las que presentaron dos ciclos cortos discontinuos de producción de alguna estructura reproductiva y, 3) anuales, las que sólo registraron un ciclo corto de producción de las estructuras a lo largo del año (Luna-Nieves, 2011).

Por último, se hicieron correlaciones de Spearman por cada especie, para evaluar si la intensidad de la producción de frutos (inmaduros y maduros) se correlacionó con variables climáticas como la precipitación y la temperatura durante el periodo de estudio (obtenidas de la estación meteorológica de Tepoztlán). Se utilizó el programa estadístico R (R Foundation for Statistical Knowledge, versión 3.0.3).

5.5 Recolección de frutos y semillas y pruebas de viabilidad

Con la participación de algunos alumnos se recolectaron los frutos y semillas maduras de entre cinco y diez árboles por especie con apariencia sana (no mostrar indicios de depredación o mal desarrollados) (Cornelissen *et al.*, 2003). Las semillas recolectadas se limpiaron y se realizaron pruebas preliminares de viabilidad, por el método de flotación, en el salón de clases.

Análisis de datos. La información obtenida se analizó y sistematizó conjuntamente con los alumnos, con el fin de que desarrollaran algunas capacidades y habilidades, como obtener porcentajes y promedios que les permitieran procesar y comprender la información. Los porcentajes de viabilidad de las distintas especies se obtuvieron con el número de semillas que se hundieron (llenas o viables) y que flotaron (vanas).

5.6 Pruebas de germinación

Diseño experimental. Se realizaron dos lotes de pruebas de germinación de las semillas: a) en condiciones controladas en una cámara de germinación con temperatura fluctuante (18-32 °C) y, b) en el salón de clases a temperatura ambiente, con los alumnos.

Dependiendo de la especie, se aplicaron algunos tratamientos pre-germinativos para documentar cuál resultaba más efectivo (mayor porcentaje de germinación) (Cuadro 6). El número de semillas utilizadas por especie dependió de su disponibilidad (Cuadro 7). Para montar el experimento de germinación se emplearon cajas PET con sustrato de arena; éstas se colocaron en una mesa y su posición se rotó periódicamente para que las semillas estuvieran expuestas a las mismas condiciones.

Cuadro 6. Tratamientos pre-germinativos aplicados a las semillas de las especies de estudio.

Especie	Tratamientos
<i>Bursera bipinnata</i>	<ul style="list-style-type: none">• Control: sin tratamiento.
<i>Bursera copallifera</i>	<ul style="list-style-type: none">• Remojo en agua fría 24 h.
<i>Bursera fagaroides</i>	<ul style="list-style-type: none">• Escarificación mecánica: lijado de la testa del lado opuesto al hilo de la semilla.
<i>Bursera glabrifolia</i>	
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	<ul style="list-style-type: none">• Control: sin tratamiento.• Remojo durante 48 h.• Remojo 48 h + secado 12 h.
<i>Leucaena esculenta</i>	<ul style="list-style-type: none">• Control: sin tratamiento.
<i>Leucaena macrophylla</i>	<ul style="list-style-type: none">• Remojo agua caliente 2 min.• Escarificación mecánica: lijado de la testa del lado opuesto al hilo de la semilla.
<i>Guazuma ulmifolia</i>	<ul style="list-style-type: none">• Control: sin tratamiento.• Remojo en agua caliente 2 min seguido por remojo en agua fría 24 h.

Cuadro 7. Número de semillas usadas por tratamiento en las pruebas de germinación.

Especie	Escuela telesecundaria	Cámara de germinación
<i>Bursera bipinnata</i>		
<i>Bursera copallifera</i>	3 cajas (20 semillas/ caja)	3 cajas (20 semillas/ caja)
<i>Bursera glabrifolia</i>	60 por especie	60 por especie
<i>Bursera fagaroides</i>	2 cajas (12 semillas/ caja)	2 cajas (19 semillas/ caja)
	24	38
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	5 cajas (20 semillas/ caja)	5 cajas (20 semillas/ caja)
	100	100
<i>Leucaena esculenta</i>	3 cajas (20 semillas/ caja)	4 cajas (20 semillas/ caja)
<i>Leucaena macrophylla</i>	60	80
<i>Guazuma ulmifolia</i>	3 cajas (30 semillas/ caja)	4 cajas (30 semillas/ caja)
	90	120

Análisis de datos. La germinación se analizó mediante Modelos Lineales Generalizados ajustados a la función glm, especificando la familia binomial y una función de ligamento logit. Cada semilla se consideró como germinada (1) o sin germinar (0). El análisis se hizo por especie, considerando los factores experimentales temperatura (fluctuante 18-32 °C y ambiente en la escuela) y tratamientos (según la especie: control, remojo, lijado, remojo + secado). Con base en el criterio de Akaike (AIC) se eligió el modelo que explicara mejor la variación de los datos. Se utilizó el programa estadístico R (R Foundation for Statistical Knowledge, versión 3.0.3).

5.7 Elaboración del cuadernillo de especies

Como un resultado final del trabajo realizado con los alumnos se decidió elaborar un cuadernillo de las especies de estudio, con el objetivo de divulgar entre la población el conocimiento obtenido sobre la flora de la región. Un ejemplar se quedó en la escuela y otro en la biblioteca de la comunidad para quien desee consultarlo.

A través de una lluvia de ideas, los alumnos propusieron que el cuadernillo debía contener una portada que incluyera el título y una fotografía de la vegetación, una presentación que explicara la importancia del material, así como una breve descripción del contenido, la información de las especies y la lista de los autores. Se decidió incluir la siguiente información: nombre científico y común, características generales, periodo de floración y fructificación, porcentaje de semillas viables (estimado por el método de flotación), tratamiento pregerminativo que tuvo mejores resultados y usos tradicionales de la región (obtenidos mediante las entrevistas). También debía incluir el fenograma y fotografías de las flores y frutos/semillas (algunas tomadas por los alumnos en las salidas al campo).

Una vez que la información se sistematizó, se imprimió y se distribuyó por partes a los alumnos para que ellos mismos le dieran orden. Pegaron en una hoja los elementos y se eligió un patrón para hacerlo en las computadoras de la secundaria y darle formato. El título se eligió retomando ideas de varios alumnos y por votación se decidió llamarlo "Nuestro primer libro de la flora de Amatlán". La presentación la realizó Dionicia Ramírez, alumna de primer grado. Por último, se hizo una lista de todos los que colaboraron en la realización de este cuadernillo, no sólo en la edición, sino también en la generación de la información contenida.

6. RESULTADOS

6.1 Talleres de educación ambiental

En total se realizaron 37 talleres de educación ambiental por grupo, en los que se abordaron los temas empleando diversas herramientas, como presentaciones en computadora, pláticas al aire libre, prácticas, exposiciones y juegos. Se organizó un temario corto, con la finalidad de sondear qué tanto conocían o recordaban los estudiantes sobre la reproducción sexual de las plantas y otros temas afines al proyecto, además de saber cómo percibían ciertos temas ambientales al vivir en una comunidad inmersa en el Parque Nacional El Tepozteco.

A continuación se presentarán algunos resultados en forma de descripciones, relatos, gráficas y fotografías. Los números entre paréntesis se refieren al número de alumnos que participaron o que estaban de acuerdo con alguna idea. Los resultados se mostrarán en dos partes debido a que se trabajó con alumnos de dos ciclos escolares, el de 2013–2014 (en el que hicieron sesiones quincenales durante seis meses), y el de 2014–2015 en el cual se trabajó semanalmente durante todo el año (con algunas excepciones por juntas u otras actividades de la escuela).

Ciclo 2013-2014. En este ciclo estaban inscritos 22 alumnos, con una mayor proporción de hombres (Figura 4 A). La asistencia durante la primera fase del proyecto fue constante, principalmente en el grupo de primer grado. De los grados segundo y tercero faltaron al menos uno o dos alumnos por clase (Figura 4 B).

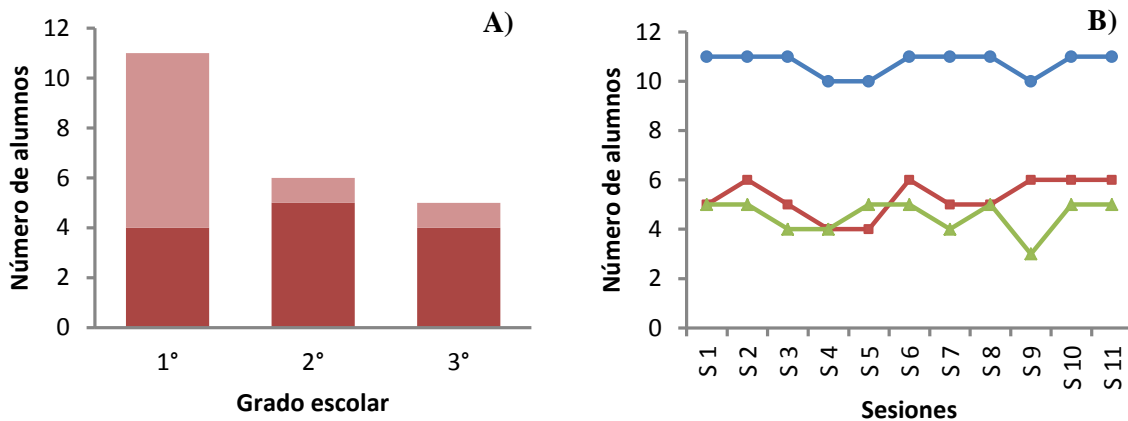


Figura 4. A) Número de alumnos inscritos en el ciclo escolar 2013-2014 de la Telesecundaria "Quetzalcóatl". La parte más oscura de las barras indica el número de hombres y la más clara el de mujeres. B) Asistencia a los talleres de educación ambiental de enero a julio de 2014. Línea azul, alumnos de primer grado; línea roja, alumnos de segundo grado; línea verde, alumnos de tercer grado.

Respecto al contenido de los temas que se abordaron, inicialmente se discutió la importancia de los bosques de la región. La mayoría de los alumnos consideró que es muy importante conservarlos, porque son los que nos dan la vida por medio del oxígeno (19). Al menos 12 alumnos mencionaron que en los bosques hay árboles que son importantes porque de ellos se extraen medicinas y alimento (hojas y frutos) para las personas y los animales (ganado y fauna silvestre). Algunos (9) consideraron que los bosques son la casa de muchas especies animales y vegetales y por lo tanto debía cuidarse para conservar la biodiversidad.

Al discutir con los alumnos los principales problemas ambientales que amenazan a los bosques de la comunidad, se mencionaron tres principalmente (Anexo 5). En primer lugar los incendios forestales (20), que en su mayoría son causados por turistas, ya que hacen fogatas y no las apagan bien o tiran las colillas de cigarros encendidas (15). Otros mencionaron que los mismos pobladores también los han provocado por un mal manejo de las fogatas (6). Algunos alumnos dijeron que personas de pueblos aledaños (por

ejemplo San José), queman parte de su territorio con el fin de “limpiar” sus terrenos para sembrar, y a veces el fuego se sale de control extendiéndose a los terrenos de Amatlán (6). La contaminación por basura (18) también forma parte de la problemática ambiental y es causada tanto por pobladores como por turistas. Este problema comienza desde las calles y llega hasta las barrancas y el bosque. Aunque mencionan que la tala de árboles ya no es frecuente (5), antes sí se hacía con mayor intensidad, lo que ha provocado que los bosques no sean los mismos, es decir, que actualmente hay menos árboles.

Como parte de las soluciones que propusieron fueron hacer dibujos y anuncios de cuidado ambiental dirigidos a las personas del pueblo y a turistas, para ayudar a prevenir el deterioro de los bosques, haciendo énfasis en el uso adecuado de las fogatas y a no tirar basura (12). Otras soluciones fueron hacer brechas corta fuegos (3) y reforestaciones para recuperar la vegetación; de hecho, algunos mencionaron que ya se ha realizado al menos una (4).

Al comparar las percepciones de los alumnos de los diferentes grados sobre los bosques de la región, los de primero mostraron una mayor sensibilidad respecto al cuidado ambiental. Algunos alumnos (4/11) destacaron que el sitio en donde viven, además de tener mucha riqueza natural, también tiene riqueza cultural, porque de acuerdo con una leyenda local, *Ce-Acatl Topiltzin Quetzalcóatl* fue bautizado en una poza del río que corre por el territorio de Amatlán. Por ello resaltaron la importancia de cuidar “todo lo que les rodea”, ya que el turismo es una fuente de ingresos para algunas familias.

En relación con la biología de la reproducción, aunque es un tema que se aborda desde primer año de secundaria, pocos alumnos recordaron que hay diversas formas de reproducción en plantas (3). Es importante destacar que cuando se explicó la reproducción asexual, los alumnos (hombres) reconocieron haber visto la propagación por estacas, ya que es común utilizarlas como cercas vivas en la región (10). Respecto a la reproducción sexual, sólo cuatro alumnos sabían a partir de qué estructuras se forman los frutos. Con la práctica de disección de flores y frutos inmaduros, los estudiantes pudieron relacionar las

estructuras reproductivas masculinas y femeninas con la producción de semillas. Es interesante mencionar que cuando se mencionó el proceso de polinización, 16 alumnos reconocieron un sólo tipo de polinizador, las abejas, y se asombraron cuando se les presentaron fotografías que incluían a otros polinizadores como las moscas, las mariposas, e incluso las aves y los murciélagos (presentes en su comunidad). En esta sesión se discutió la importancia de conservar la diversidad de fauna local, asociándola con los beneficios de la polinización.

Gracias a la gran diversidad de plantas que hay en la comunidad, en general les resultó fácil identificar algunos tipos de frutos, en especial los carnosos y los secos, como las vainas. Los alumnos mencionaron tres principales tipos de dispersión relacionados con la forma de las semillas, viento (anemocoria, 18), animales (zoocoria, 15) y agua (hidrocoria, 10).

Debido a que algunos alumnos (5) confundían el proceso de polinización con la dispersión, se les presentó una secuencia de imágenes con los principales procesos que intervienen en la reproducción sexual en plantas para que las ordenaran y pudieran comprenderla mejor (Figura 5).



Figura 5. Alumnos de la telesecundaria "Quetzalcóatl" haciendo una actividad de repaso de la reproducción sexual en plantas.

Una vez que comprendieron cómo se produce un fruto y/o semilla, los alumnos disectaron algunos de ellos, para distinguirlos y reconocer las partes de una semilla, principalmente el embrión (el eje embrionario y los cotiledones como materiales de reserva), y en algunos casos el endospermo y la testa. Asimismo, se realizó una práctica para observar en el microscopio una preparación de un corte de grano de maíz, facilitado por la Dra. María Edith Ponce de la Facultad de Ciencias (Figura 6). Esto entusiasmó a los alumnos y los incentivó a seguir aprendiendo sobre los temas posteriores.



Figura 6. Observación en el microscopio de una preparación de un corte de grano de maíz en el grupo de segundo grado.

En el tema de germinación, al realizar una lluvia de ideas sobre los factores que intervienen en este proceso, la mayoría mencionó el agua, la temperatura y la luz; únicamente dos alumnos mencionaron que la semilla también podría jugar un papel importante en el éxito de su germinación considerando dos factores, por un lado, su viabilidad y por el otro que hay semillas que presentan una “cáscara” gruesa (Figura 7 A). Se realizó un experimento en el que se pusieron a germinar semillas de frijol, girasol y lenteja en un lugar oscuro y en uno expuesto a la luz. Los resultados les permitieron ver de manera directa el efecto de la luz sobre el crecimiento de las plántulas (Figura 7 B), lo que permitió que algunos alumnos hicieran preguntas, por ejemplo ¿por qué las plántulas que estaban en oscuridad presentaron un tallo más largo? Esta pregunta favoreció la discusión en clase, haciendo una analogía con las plántulas en su medio natural.

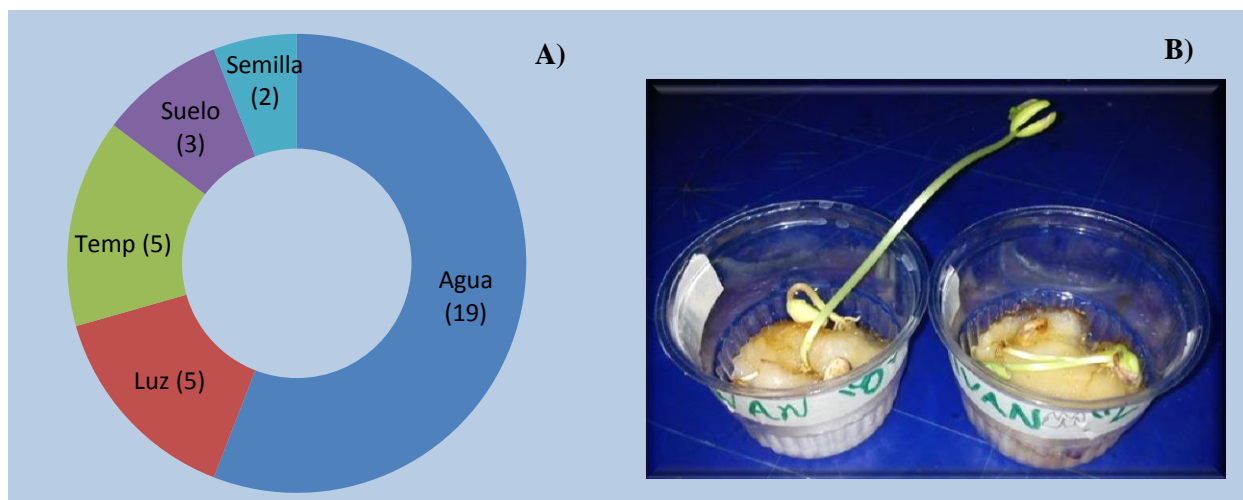


Figura 7. A) Factores que intervienen en la germinación según los alumnos (número de estudiantes) Temp=temperatura. B) Germinación de semillas de frijol expuestas a condiciones de oscuridad (izquierda) y de luz (derecha).

Dos cuestiones que se mencionaron en la clase de germinación y que eran puntos clave fueron las limitantes debidas a factores endógenos de la semilla, como su viabilidad y la presencia de una testa gruesa (la cual puede provocar latencia física en algunas especies). Se explicaron algunos mecanismos que se utilizan para hacer estimaciones de viabilidad en las semillas, como rayos X, tinción con tetrazolio y un método más sencillo, la

flotación, que se utilizó para obtener los porcentajes de viabilidad de las especies de estudio.

Antes de realizar la práctica de flotación, se preguntó a los alumnos si alguien había separado las semillas mediante este método. Tres alumnas de primer grado contestaron que habían puesto a remojar semillas en casa pero que no se habían puesto a pensar por qué algunas se hundían y otras se sumergían. El primer ensayo de flotación se realizó con semillas de *Leucaena macrophylla*. Aunque parecía sencillo, de los 21 alumnos presentes, ocho se confundían al distinguir qué semillas estaban vivas, si las que se hundían o las que flotaban. Para que les quedara más claro, se realizó una práctica en la que se puso un poco de agua en un recipiente y se echó un huevo de plástico vacío y otro lleno de agua para explicarles de manera más simple lo que ocurría con las semillas. Esto ayudó a que distinguieran a las semillas vacías (que flotaban) de las que contenían un embrión (se hundían). Una vez obtenidos los datos con las semillas de *Leucaena macrophylla*, se procedió a la obtención de los porcentajes de viabilidad y la discusión de los resultados (Figura 8).

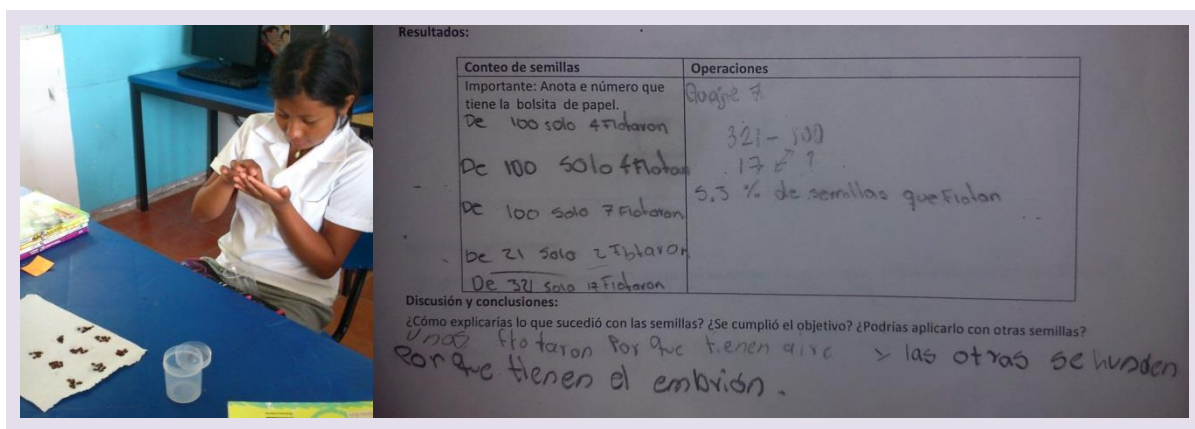


Figura 8. Conteo de las semillas de *Leucaena macrophylla* para estimar el porcentaje de viabilidad. A la izquierda el reporte del cálculo para obtener el porcentaje.

Debido a que al menos el 70 % de los alumnos (13) no sabían o no recordaban cómo obtener porcentajes, se hicieron algunos cálculos en el pizarrón para que todos participaran y les quedara claro, ya que posteriormente se obtendrían para la germinación.

El resultado del porcentaje de viabilidad de *Leucaena macrophylla* se presentará en la sección 6.5.

Para abordar el tema de la latencia física, se explicó a los estudiantes de manera breve que la latencia es un estado de reposo en el que la semilla no germina a pesar de encontrarse en condiciones adecuadas de humedad y temperatura. En varias especies del bosque tropical seco las semillas presentan una testa gruesa que retarda la germinación, y al discutir algunas de las razones, tres alumnos respondieron que podría ser un mecanismo para proteger al embrión (refiriéndose a él en un principio como “el hijo”) de las condiciones ambientales o de los animales que las comían, como los pájaros, los tejones e incluso las vacas.

Este tema derivó en otro que era de nuestro interés, los tratamientos pregerminativos que sirven para romper la latencia. Se explicaron los más comunes, entre ellos la aplicación de hormonas y la escarificación térmica y mecánica, dependiendo del tipo de latencia. Al mostrarles las semillas de las especies que se habían recolectado hasta ese momento (*Leucaena macrophylla* y *Leucaena esculenta*), se les preguntó qué tipo de tratamiento convenía aplicarles y propusieron escarificarlas mecánicamente.

Con el fin de entrenar a los estudiantes y ver cómo llevarían a cabo el seguimiento de la germinación de las especies de estudio, se hizo un primer ensayo con semillas de *Leucaena* (ya que se contaba con un buen número). Se montó un experimento por grupo en el que se aplicaron tres tratamientos (20 semillas por cada uno): control, lijado y remojo en agua caliente durante tres minutos. Para la escarificación mecánica, se les explicó que debían lijar la testa con cuidado para no dañar al embrión, y después de una práctica breve, pudieron hacerlo.

Una vez montado el experimento, se les proporcionó una hoja para el registro de la germinación diaria y se les pidió que por parejas contaran el número de semillas germinadas y las regaran. Los alumnos estaban entusiasmados con los resultados que obtendrían, incluso se plantearon algunas hipótesis. En general, 80 % (15) de los alumnos

consideró que el tratamiento de lijado sería más eficaz, argumentando que sería más fácil la salida de la raíz. Cuatro alumnos esperaban que el porcentaje de germinación también fuera alto en las semillas control, ya que habían visto muchas plántulas de esta especie en el campo.

A la siguiente visita (dos semanas después) se revisaron las cajas y los registros que hicieron. Los alumnos de primer grado hicieron registros cada tercer día, sin embargo las cajas estaban un poco resacas. En el de segundo grado, los estudiantes llevaron un seguimiento diario y las cajas presentaron buen contenido de humedad. Los alumnos de tercer grado regaron los tres primeros días y posteriormente ya no, por lo que no tuvieron resultados.

Al hacer el conteo final de las semillas que habían germinado, obtuvieron los porcentajes, lo que se facilitó porque ya se habían calculado antes los porcentajes de viabilidad. En la figura 9 se observan los resultados del primer experimento de germinación, registrando los mayores porcentajes en semillas que fueron escarificadas de forma térmica (remojo) y mecánica (lijado).

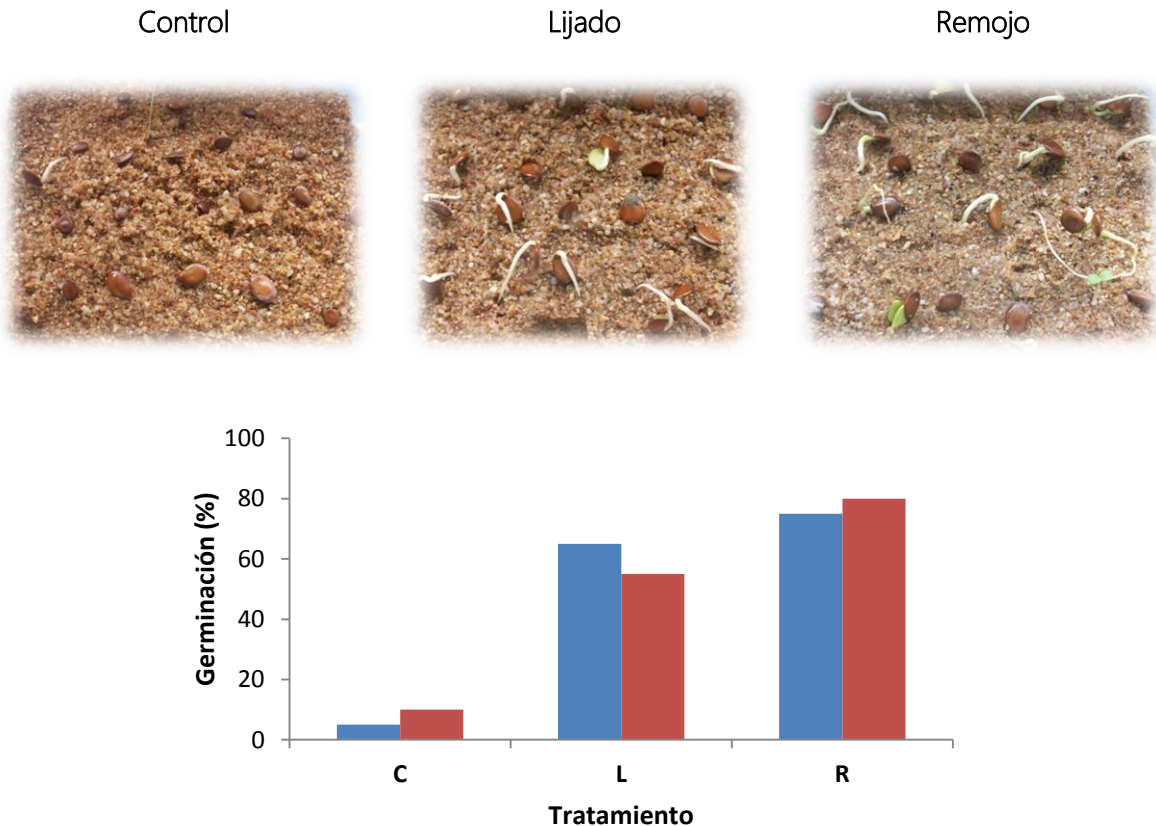


Figura 9. Resultados de la prueba piloto de germinación de semillas de *Leucaena macrophylla* realizada por los alumnos de la telesecundaria "Quetzalcóatl". Abreviaturas: C = control, L = lijado y R = remojo. Las barras azules indican los resultados obtenidos por el grupo de primer grado y las rojas los obtenidos por el de segundo.

Como se discutió antes, los estudiantes observaron que los tratamientos aplicados a las semillas de *Leucaena* fueron eficaces al aumentar la germinación. Los que esperaban que las semillas control hubieran germinado más, se asombraron al ver el bajo número de semillas germinadas, por lo que consideraron interesante "cómo ayudar a las semillas a germinar más" (como lo mencionó un alumno de primer grado), mediante estas técnicas. Aunque los de tercero no culminaron su experimento, se hizo la discusión de los resultados junto con los de segundo grado.

Después de analizar los resultados de germinación, se trasplantaron las plántulas obtenidas hasta ese momento. Este trabajo se realizó en la escuela, explicando a los

alumnos cómo hacer el procedimiento, enfatizando el cuidado de la raíz (Figura 10). Los alumnos se mostraron muy interesados en estas sesiones prácticas.



Figura 10. Alumnos de primer y segundo grado trasplantando las plántulas de *Leucaena macrophylla*.

Gracias a la participación activa de los alumnos se pudo documentar gran parte de las actividades por medio de fotografías y notas al final de cada clase, y al término del año escolar 2013-2014 se realizó un periódico mural en el que se plasmaron las experiencias de los alumnos hasta ese momento. El periódico se presentó en la ceremonia de clausura, en la cual se invitó a los padres de familia a observar lo que sus hijos habían hecho durante los talleres (Figura 11).



Figura 11. Periódico mural que muestra las experiencias de los alumnos de la telesecundaria "Quetzalcóatl" en los talleres realizados en el ciclo escolar 2013-2014.

Ciclo 2014-2015. En el siguiente ciclo el número de alumnos aumentó a 24, sin embargo el número de hombres siguió siendo mayor que la de mujeres (Figura 12 A). En este año la asistencia fue regular en el grupo de segundo año, en cambio, en primero y tercero fue más variable, disminuyendo al final del ciclo escolar (Figura 12 B).

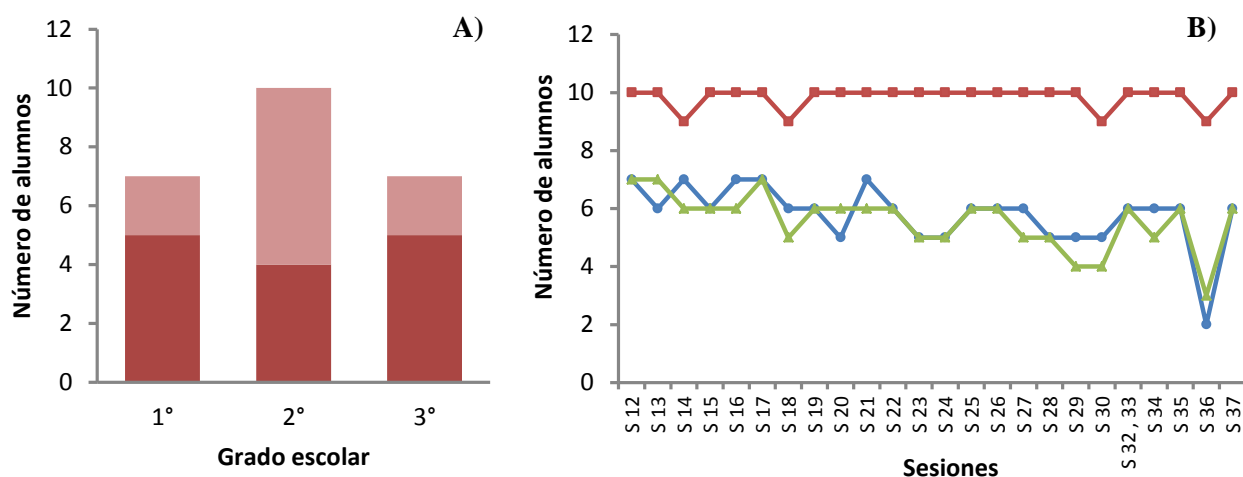


Figura 12. A) Número de alumnos del ciclo escolar 2014-2015 de la Telesecundaria “Quetzalcóatl” en Amatlán, Tepoztlán, Morelos. La parte más oscura de las barras indica el número de hombres y la más clara el de mujeres. B) Asistencia a los talleres de educación ambiental realizados de enero a julio de 2014. Línea azul, alumnos de primer grado; línea roja, alumnos de segundo grado; línea verde, alumnos de tercer grado.

Para trabajar con los alumnos de nuevo ingreso se abordaron los temas vistos en el ciclo anterior, adaptando el orden y el tiempo para que se pudieran hacer a la par las pruebas de viabilidad (flotación) y de germinación de las semillas recolectadas durante las salidas.

En la primera clase se hicieron dibujos de las especies de estudio con material vivo y herborizado, haciendo énfasis en las estructuras que podrían ayudar a distinguir unas de otras. Algunos alumnos ya estaban familiarizados con ellas por las visitas al campo, además por ser especies comunes en la región, y por sus usos comestibles y medicinales, como *Leucaena* y *Eysenhardtia polystachya*, también *Bursera copallifera* que se usa para extraer

copal. Aunque *Guazuma ulmifolia* se usa como tratamiento medicinal, ningún alumno la reconoció, al igual que *Acacia pennatula* y *Mimosa benthamii*, especies que tradicionalmente se usan para extraer leña o madera. Al final de la actividad se realizó una exposición de los dibujos y el mejor, a consideración de todos, fue el de Clemente, un alumno que a pesar de tener ciertas dificultades de aprendizaje en algunos temas, resultó muy hábil para dibujar (Figura 13).



Figura 13. Clemente, alumno de primer grado haciendo un dibujo de *Leucaena esculenta*.

Uno de los temas centrales y que aún no había quedado muy claro, era el concepto de fenología. Durante las salidas para hacer los registros fenológicos se explicaba a los estudiantes de una manera sencilla en qué consistía. Sin embargo, para repasar el tema e introducirlo a los alumnos que no habían podido asistir, se realizó una práctica con los árboles del patio de la escuela (frutales como mango, ciruela y limón y una especie de *Leucaena*), para estimar los porcentajes de las estructuras de sus diferentes fenofases (hojas, flores y frutos).

En la clase siguiente se dibujaron los calendarios fenológicos (fenogramas) de las especies de estudio con los datos obtenidos hasta ese momento. Se colocaron en un "tendedero fenológico" (como decidieron llamarlo los alumnos) para su exposición,

haciendo énfasis en la temporada de producción de frutos maduros (Figura 14). Esta actividad fue muy útil para que los estudiantes comprendieran la importancia de hacer este tipo de estudios.



Figura 14. Alumnas de la telesecundaria "Quetzalcóatl" elaborando los fenogramas y haciendo un "tendedero fenológico".

De la sesión 16 a la 30 se hicieron las pruebas de germinación, que se dividieron en dos partes. Durante la primera (sesiones 16 a la 22) se limpiaron, se flotaron y se aplicaron los tratamientos pregerminativos a las semillas de *Leucaena macrophylla*, *L. esculenta*, *Guazuma ulmifolia* y *Bursera fagaroides*, para posteriormente montar el experimento de germinación. En el segundo periodo (sesiones 24 a la 30) se realizaron las mismas actividades con *Bursera copallifera*, *B. bipinnata*, *B. glabrifolia* y *Eysenhardtia polystachya*. Al final de cada periodo se analizaron e interpretaron de los resultados (que se muestran en las secciones 6.4 y 6.5). Cabe mencionar que también se mantuvo el trabajo periódico en el vivero para hacer los trasplantes y dar seguimiento a las plántulas (Figura 15). Tanto las pruebas de viabilidad y germinación, como el trabajo en el vivero, interesaron mucho a la mayoría de los alumnos (90 %), ya que constituyó la parte práctica y se le dedicó buena parte del tiempo.



Figura 15. Montaje de experimentos de germinación y trasplante en el vivero de la comunidad.

En la sesión 23 se realizó un juego de preguntas y respuestas para sondear qué tanta información recordaban los alumnos sobre los temas tratados. El juego consistió en que los participantes formaran un círculo y permanecieran sentados, mientras uno de ellos caminaba alrededor y elegía a un compañero: cuando ambos estaban de pie, tenían que correr en direcciones opuestas, rodeando al círculo, de forma que el que llegara primero ocupara el lugar vacío. El que se quedara fuera del círculo perdía y entonces elegía una pregunta de las que se enlistan en la figura 16. Si el estudiante sabía la respuesta la contestaba, si no, se daba la oportunidad a quien quisiera responderla o se hacía una discusión entre todos. Para agilizar la actividad y poder tomar nota de la participación, se hicieron dos equipos, el primero se constituyó por los alumnos de segundo grado (10) y el otro con los alumnos de primero y tercero (11).

La participación se categorizó en baja (<3), media (4-6) y alta (>7) de acuerdo con el número de alumnos que respondieron a cada pregunta. Como se observa en la figura 16, en la mayoría de las preguntas hubo una participación media y alta. En la pregunta cinco sólo tres alumnos del equipo de 1° y 3° identificaron la parte femenina de la flor, por lo que se disectó rápidamente una y se observaron las partes para que lo recordaran. En la pregunta seis, que se trataba de mencionar qué diferencia hay entre una semilla y un fruto, en ambos equipos la participación fue baja. Sin entrar en detalles más complejos, se respondió que en el fruto hay una capa llamada mesocarpio (en algunos casos carnosa) que cubre a la semilla y sirve para atraer a los dispersores. Por su parte, la semilla sólo contiene al embrión, en algunos casos endospermo y la testa (cáscara).

Casi al finalizar el ciclo escolar se organizó una “demostración de lo aprendido” que consistió en una exposición de los aprendizajes adquiridos en las diferentes materias. La directora nos asignó 25 minutos para presentar algunos materiales elaborados durante los talleres. Para que los tres grupos participaran, la presentación se dividió en tres partes. La primera estuvo a cargo de los alumnos de primer grado, quienes presentaron algunos dibujos de la problemática ambiental identificada. Mencionaron que una de las soluciones era reforestar lugares sin vegetación para que crecieran nuevos árboles. Como parte de esa solución se presentó el cuadernillo titulado “Nuestro primer libro de la flora de Amatlán” que fue elaborado por los mismos alumnos. Se explicó que era un libro importante porque contenía información muy útil para propagar especies nativas, como la temporada de floración y fructificación, el porcentaje de viabilidad de semillas y los tratamientos pre-germinativos más efectivos (Figura 17).

1. ¿Cuál es la importancia de cuidar los árboles de tu comunidad?
2. Menciona tres beneficios que nos da la naturaleza.
3. ¿A partir de qué estructura de una planta se producen las semillas o frutos?
4. ¿Cuál es la parte masculina de la flor?
5. ¿Cuál es la parte femenina de la flor?
6. Menciona qué diferencia hay entre un fruto y una semilla.
7. ¿Cuál es la diferencia entre un polinizador y un dispersor? Menciona un ejemplo de cada uno.
8. Menciona tres elementos que requieren las semillas para germinar.
9. Si se produce una planta a partir de una rama, ¿es reproducción sexual o asexual? Explica
10. ¿Qué método podríamos usar para saber si una semilla está viva antes de ponerla a germinar?
11. Si tienes una semilla con testa (cáscara) gruesa, ¿qué le harías para que germine más rápido?
12. ¿Qué es el calendario fenológico y para qué sirve?
13. ¿Por qué es importante saber en qué meses podemos encontrar semillas maduras?

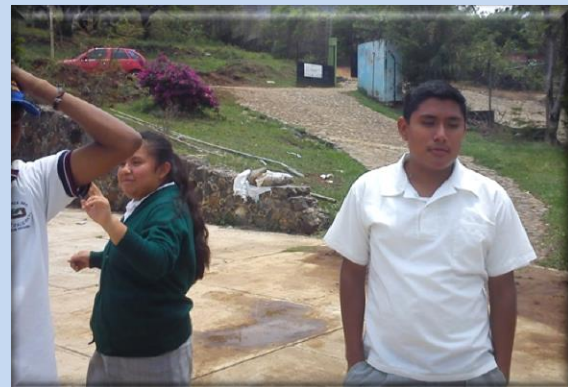
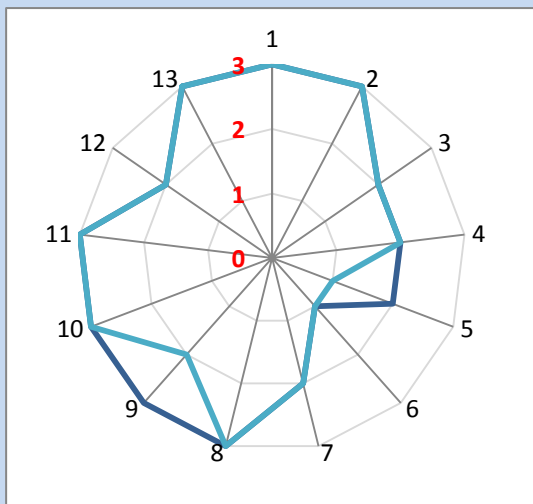


Figura 16. Lista de preguntas que se utilizó para el juego “preguntas y respuestas” y resultados de la participación. Los números en rojo son las categorías 1 = baja (< 3), 2 = media (4-6) y 3 = alta (>7) y los número en negro corresponden a las preguntas. Azul claro, alumnos de segundo grado; azul oscuro, alumnos de primero y tercero.

Los alumnos de segundo grado presentaron la siguiente parte, que consistió en explicar qué es un calendario fenológico, cómo se construye y para qué sirve, mencionando que su utilidad principal es la identificación de la temporada de producción de frutos y semillas para cosechar. La última parte estuvo a cargo de los estudiantes del tercer grado, quienes explicaron cómo estimaron la viabilidad por el método de flotación, qué tratamientos pre-germinativos se probaron y cómo se calcularon los porcentajes de viabilidad y germinación. Aunque a este evento se invitó a los padres de familia, sólo asistió una de las madres (Figura 17).

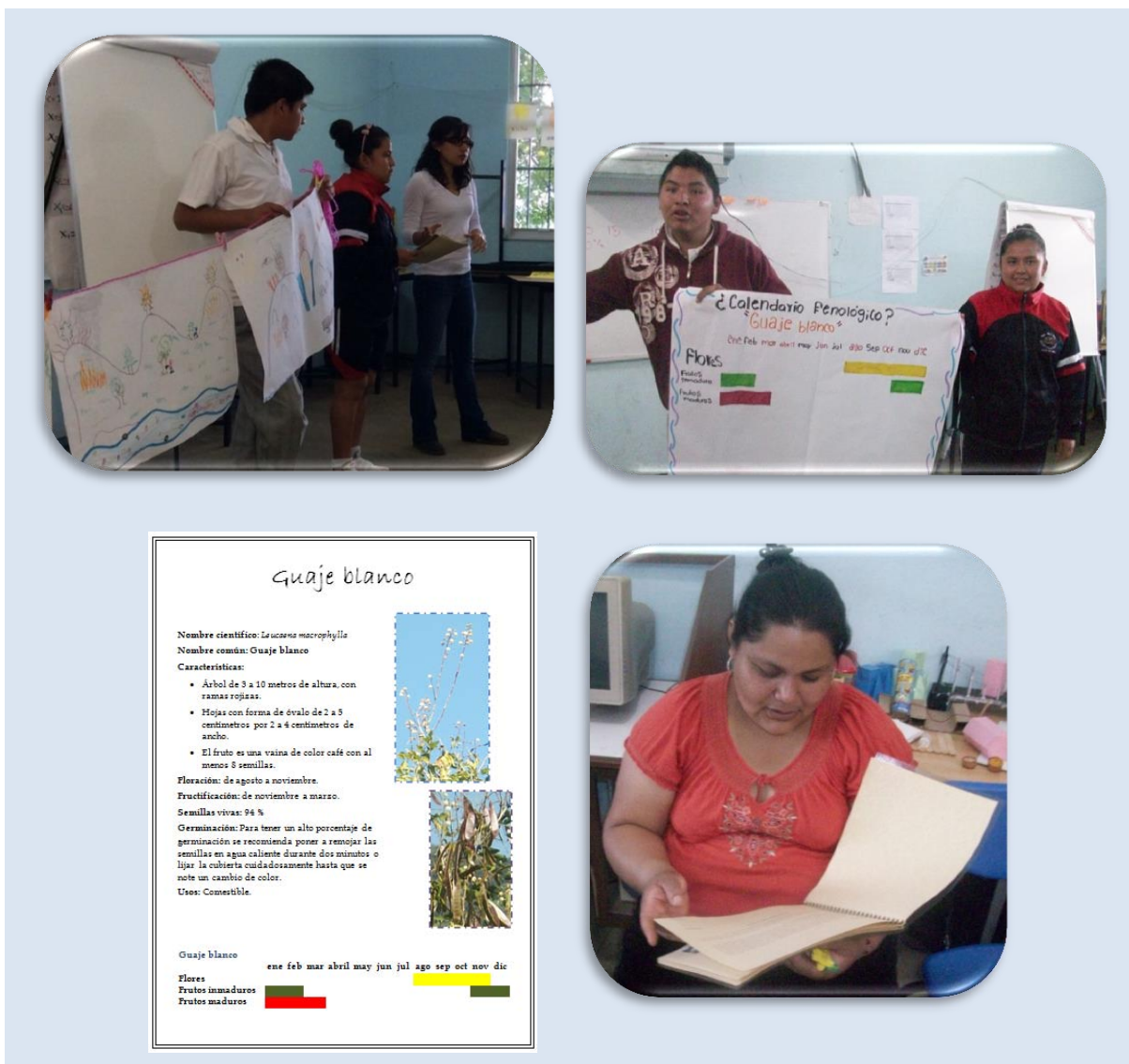


Figura 17. Demostración de lo aprendido en la telesecundaria "Quetzalcóatl".

Al final de la demostración las profesoras opinaron que fue una presentación muy breve, pero completa y clara, de lo que se había logrado durante los talleres, además de generar información que sería muy útil tanto para los alumnos como para la comunidad.

En la sesión 36 se realizó la última actividad con los estudiantes y consistió en una competencia organizada por las profesoras, en la que se le invitó a participar a la autora de esta tesis con algunas de las preguntas que se habían discutido en el juego “preguntas y respuestas”; se eligieron seis de las que habían resultado difíciles de contestar en ese momento:

1. Menciona a partir de qué estructura de una planta se producen las semillas o frutos
2. ¿Cuál es la parte masculina de la flor?
3. ¿Cuál es la parte femenina de la flor?
4. Menciona qué diferencia hay entre un fruto y una semilla.
5. ¿Cuál es la diferencia entre un polinizador y un dispersor? Menciona un ejemplo de cada uno.
6. ¿Qué es el calendario fenológico y para qué sirve?

La actividad consistía en poner las preguntas dentro de globos y atarlos a sus agujetas. Los alumnos debían reventarlos con pisotones y conforme esto ocurría se respondían las preguntas (Figura 18). Las preguntas fueron contestadas por el 80 % de los alumnos (12); cabe mencionar que el otro 20 % fueron mujeres, a quienes se les dificultó responderlas.



Figura 18. Participación de los alumnos en la competencia organizada por las profesoras y la autora de la tesis.

Cuadernillo "Nuestro primer libro de la flora de Amatlán". Uno de los principales resultados del trabajo que se realizó durante los talleres fue el cuadernillo de las especies de estudio titulado "Nuestro primer libro de la flora de Amatlán", el cual fue elaborado por los alumnos con la asesoría de la autora de la tesis (Anexo 6). Los alumnos y profesores decidieron dejar un ejemplar en la biblioteca del pueblo, para que cualquier persona pudiera consultarlo. Días después de la clausura se hizo la visita para que un alumno de tercer grado hiciera la entrega oficial del cuadernillo (Figura 19).



Figura 19. Entrega del cuadernillo “Nuestro primer libro de la flora de Amatlán” a la encargada de la biblioteca de la comunidad de Amatlán, Tepoztlán, Morelos.

Evaluación de los talleres por los alumnos. Se realizó una evaluación de los talleres mediante dos murales de evaluación participativa: uno para conocer la perspectiva de los alumnos respecto a las clases en general y otro para saber cuáles temas/actividades habían sido de su interés. En esta actividad participaron 19 alumnos. En la figura 20 se muestra que a 15 alumnos les gustaron los talleres, a tres les parecieron indiferentes y a uno no le agradaron. A pesar de esas opiniones, cerca de 85 % (16) consideró que aprendió y que la información adquirida les resultará útil, y al menos 15 alumnos creen que pueden poner en práctica lo aprendido durante los talleres. Cerca de 70 % (13) consideró haber comprendido los temas. Poco menos de la mitad de los estudiantes pudo exponer sus ideas (8); sin embargo, a la misma proporción le pareció indiferente (8) y tres alumnos opinaron no haber tenido la libertad de hacerlo. Las opiniones en los últimos dos indicadores (pude reflexionar y aprendí de mis compañeros) fueron similares al registrar a un alumno “en desacuerdo”, y cinco y seis en “ni acuerdo, ni en desacuerdo” (respectivamente). Al menos 13 y 12 alumnos estuvieron de acuerdo en que pudieron reflexionar en los talleres, y además que aprendieron de sus compañeros.

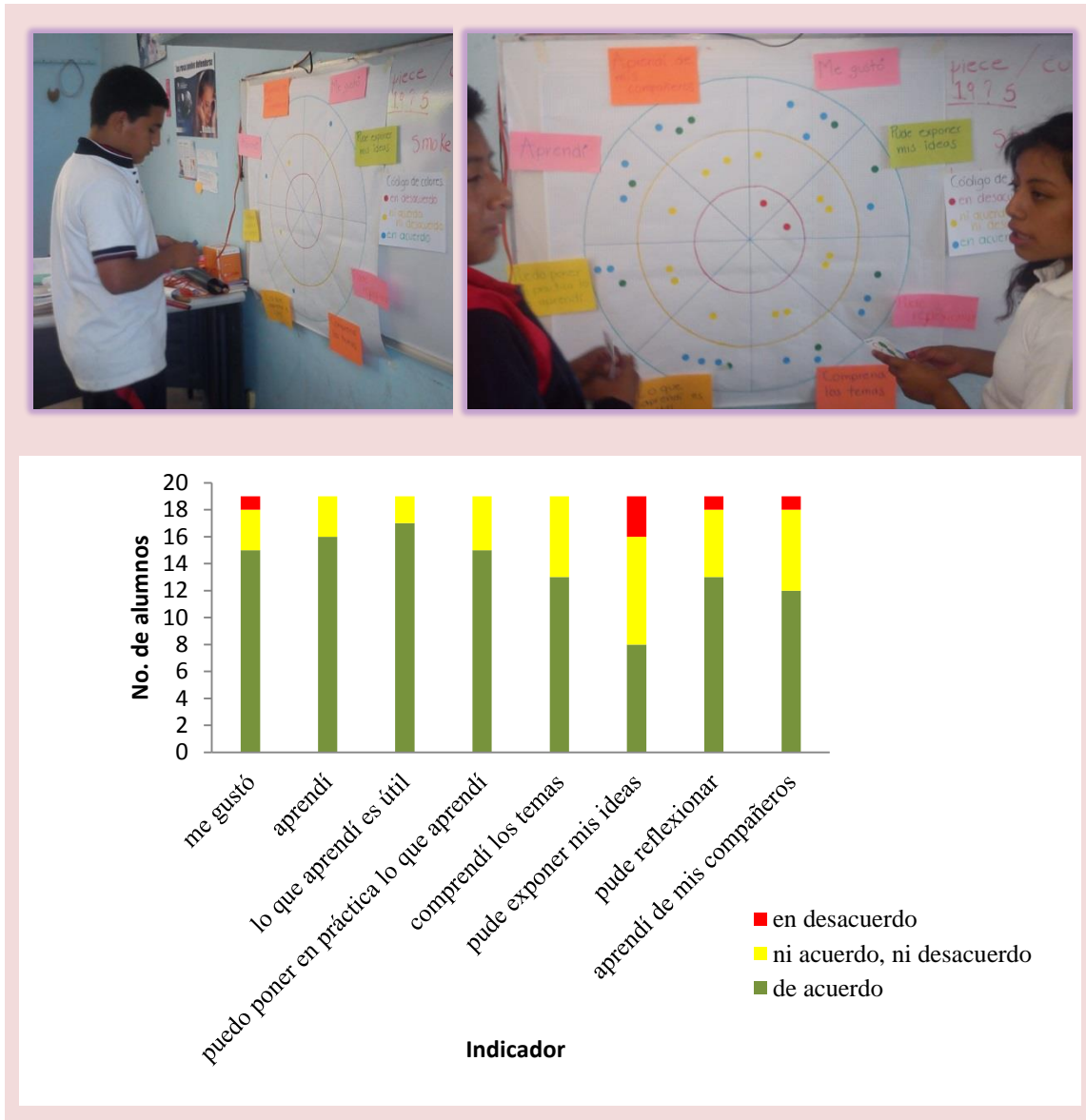


Figura 20. Resultados del mural de evaluación participativa de la opinión de los talleres de los alumnos de los tres grados de la telesecundaria "Quetzalcóatl".

En la figura 21 se muestran los resultados de la opinión de los alumnos acerca de los temas abordados. En general, los temas prácticos, como la separación de semillas y los tratamientos pre-germinativos, los relacionados con el calendario fenológico y el trabajo en el vivero les resultaron más atractivos, al no haberse registrado ningún "no me gustó". El taller de pintura y los juegos fueron actividades que les interesaron mucho (84 % de los alumnos). Al menos tres alumnos opinaron que no les interesaron los problemas ambientales, sin embargo 16 (84 %) consideraron interesantes los temas relacionados con la

biodiversidad y la conservación de los bosques. La estructura de la flor y los análisis de resultados tuvieron opiniones similares, y no fueron del interés de al menos dos alumnos.

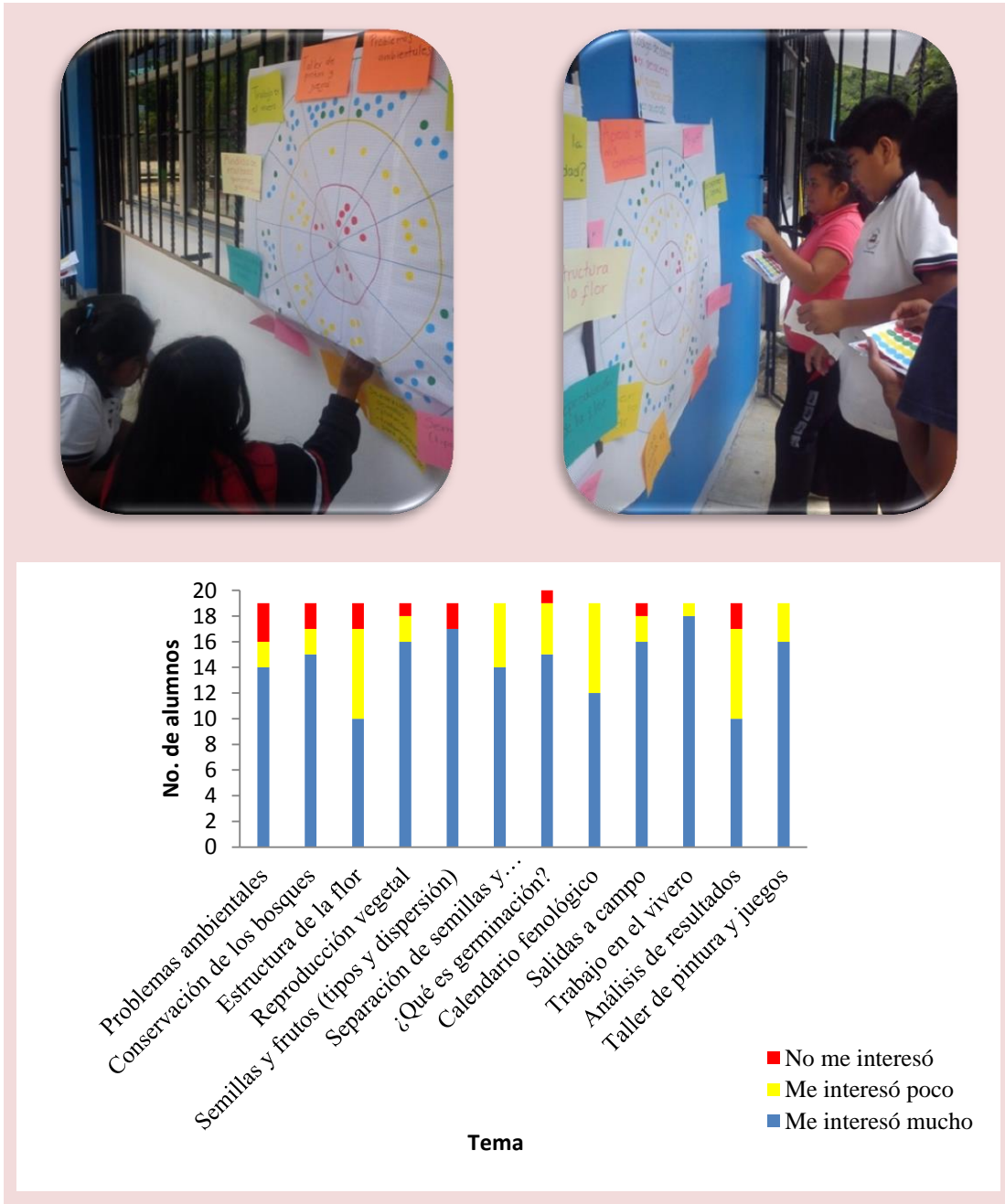


Figura 21. Resultados del mural de evaluación participativa de la opinión de las temas/actividades de los tres grados de la telesecundaria "Quetzalcóatl".

Aunado a estos murales de evaluación participativa, se aplicó un breve cuestionario individual en el que se analizaron varios aspectos. De los 19 alumnos que participaron, 10 eran hombres y 9 mujeres, en un intervalo de edades entre 12 y 15 años, predominando los de 14 años (Figura 22). En la pregunta ¿sales al campo? se observa que aunque siete de las nueve alumnas contestaron que sí, la frecuencia fue baja en comparación con las respuestas de los alumnos, quienes al menos cada semana salen con sus familiares, ya fuera de paseo o para ayudarlos en la milpa. Dos de las alumnas que contestaron haber ido al campo, fue porque cada mes asistieron para realizar el registro fenológico (Figura 22).

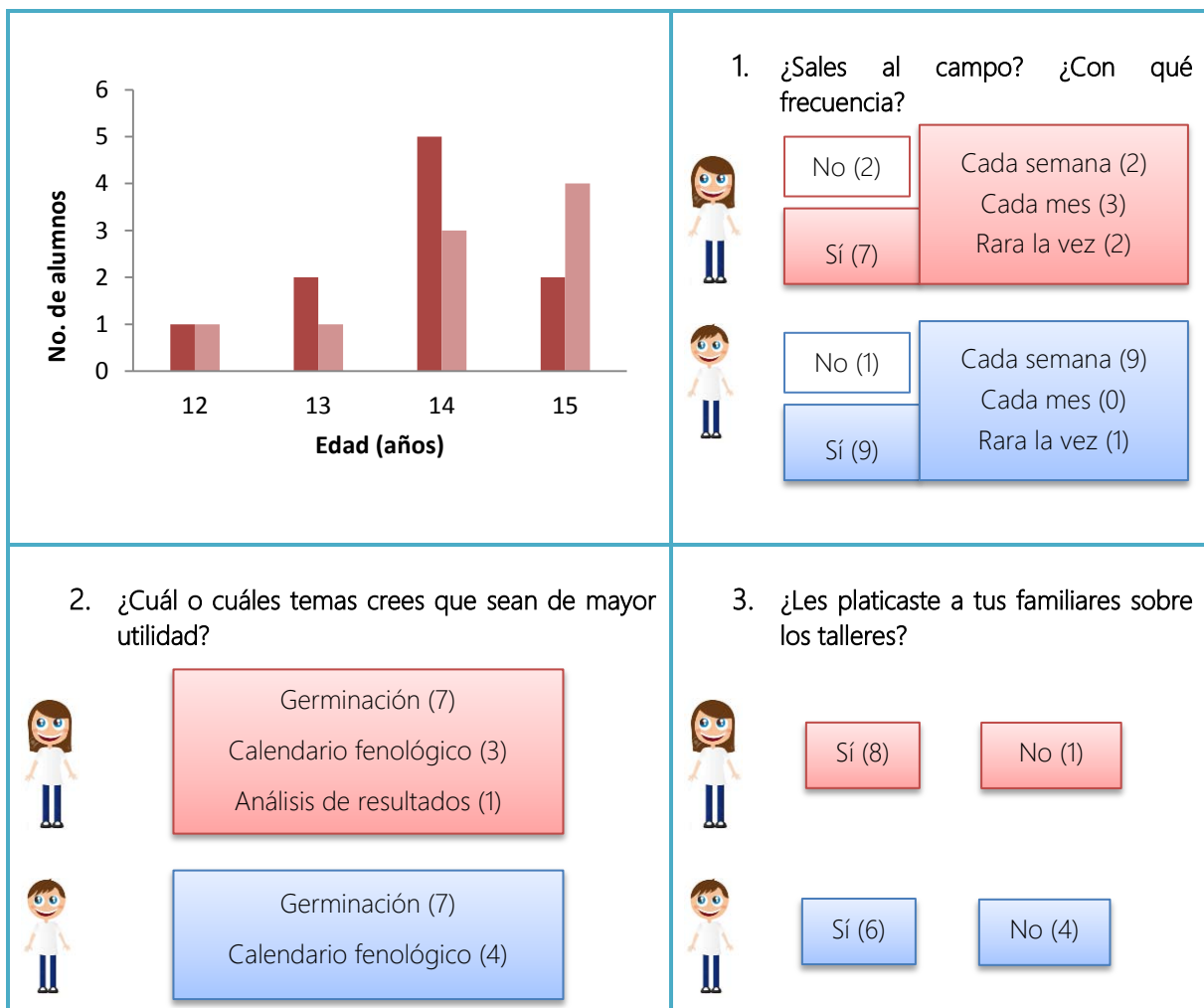


Figura 22. Respuestas de los alumnos de los tres grados de la telesecundaria "Quetzalcóatl".

En otra pregunta se les pidió que mencionaran cuál o cuáles temas creían que les sería de mayor utilidad, a lo que las alumnas respondieron tres principales, la germinación con mayor frecuencia (7), seguido del calendario fenológico (3) y análisis de resultados, que fue mencionado por una persona. En cuanto a los alumnos, siete opinaron que los temas relacionados con la germinación serían muy útiles, seguido por los calendarios fenológicos, lo cual implica las salidas al campo para hacer las observaciones (4) (Figura 22). Al preguntarles si platicaron con sus familiares sobre lo que aprendían en los talleres, casi 100 % de las alumnas mencionaron que sí y en el caso de los alumnos, seis contestaron que sí y cuatro que no (Figura 22).

Opiniones de las profesoras respecto a los talleres. La profesora de primer grado estuvo con los alumnos únicamente durante seis meses, sin embargo, estuvo presente en la mayoría de las sesiones (~80 %), y consideró que en los talleres se trataron temas muy atractivos porque los alumnos aprendieron mucho, en especial en los que fueron prácticos, como el de germinación, porque pudieron ver que hay diversas formas de acelerarla. También mencionó que de alguna manera cambió la participación de los alumnos en sus clases, ya que a veces relacionaban los temas vistos en los talleres con sus clases de ciencias, como por ejemplo el de biodiversidad y cuidado ambiental. Además, como es una región en la que siembran, la información de los tratamientos pre-germinativos les sería de mucha utilidad para aplicarla en su vida cotidiana y la actitud de los alumnos hacia el cuidado ambiental cambió.

"La actitud de los estudiantes con respecto al cuidado ambiental cambió; incluso a un alumno que se llama Bladimir le pregunté qué le gustaría estudiar de grande, ellos no tienen muy claras las especialidades para estudiar, pero a él se le quedó ser biólogo porque le gustaba lo que hacían con la bióloga... La práctica genera conocimientos permanentes en los estudiantes"

Profesora de primer grado.

La profesora de segundo grado estuvo presente en todos los talleres y mencionó como temas relevantes los diferentes tipos de semillas que tienen los árboles de Amatlán, las pruebas de viabilidad, los tratamientos de germinación y la problemática ambiental. Le agradó mucho cuando los alumnos hicieron las pruebas de viabilidad y de germinación porque se emocionaban con lo que observaban. Para ella fueron talleres muy útiles porque los alumnos pusieron en práctica el método científico, se planteó un problema, se hicieron experimentos y se hizo una comprobación y conclusión de éstos, por lo que no sólo fue útil para la materia de ciencias, sino también para las de física y química. Cuando se le preguntó si la actitud de los alumnos con respecto al cuidado ambiental había cambiado, contestó:

"Yo creo que sí porque los niños están respetuosos con la naturaleza, algunos abuelos les han enseñado, pero con estas prácticas y talleres (pues) han reafirmado sus conocimientos y han visto que es necesario que cuiden la naturaleza, que es necesario tratar de rescatar especies de la región, aprendiendo cómo utilizar las especies que tienen para reforestar y hacer algo por su pueblo."

Profesora de segundo grado.

La directora y profesora de tercer grado estuvo presente en pocos talleres. A pesar de ello, mencionó que el que más le gustó y que recuerda con claridad es cuando se hizo la práctica para reconocer algunas de las especies arbóreas de la región, en la que se hicieron dibujos y se mencionaron las características de cada una; para ella fue algo muy enriquecedor, además consideró que otros temas fueron útiles para reforzar varias materias.

"De alguna manera la bióloga les hablaba de estadísticas, de porcentajes, yo considero que estuvo vinculado con la materia de matemáticas, de cultura ambiental y yo creo que también con español, porque enriqueció el léxico por la terminología que ella usaba, muy propia de su especialidad y a mí eso me pareció excelente para los chicos."

Directora y profesora de tercer grado.

Esta profesora mencionó que los talleres ayudaron a profundizar la percepción de la ecología y el medio ambiente de los alumnos, ya que mostraron un mayor respeto por la naturaleza, y que, por el contexto en el que se desenvuelven los estudiantes, la educación ambiental es determinante para la conservación de la flora y ya fauna, "definitivamente los talleres sí tuvieron un impacto".

Las tres profesoras coincidieron en que las actividades estuvieron bien pensadas y planeadas, que el contenido de los temas fue claro y muy acertado para los estudiantes, quienes respondieron muy bien porque hubo una buena retroalimentación. Además mencionaron que la asistencia en los días asignados a los talleres era casi del 100 %.

6.2 Recuperación del conocimiento tradicional

Para recuperar parte del conocimiento tradicional de las especies de estudio se realizaron 15 entrevistas, 12 de ellas en compañía de seis alumnos. El número de las entrevistas dependió de la disponibilidad, ya que los adultos salen del pueblo para trabajar en comunidades cercanas o incluso durante el periodo de estudio algunos se encontraban en Estados Unidos de América y Canadá.

Se entrevistaron a tres mujeres de 45, 50 y 57 años; su ocupación principal es el hogar, aunque dos también son curanderas. Respecto a los hombres entrevistados, las edades variaron entre 35 y 68 años. Siete son campesinos, uno jardinero, otro se dedica a la construcción y hojalatería (el más joven), uno es curandero, otro estudió medicina tradicional y es el encargado del proyecto ecoturístico "Quetzalcóatl Temachtiani" y también se entrevistó al comisario, quien se ha dedicado al campo.

Durante las entrevistas se les mostró un catálogo de los ejemplares herborizados para facilitar el reconocimiento de las especies. Del grupo *Bursera*, *Bursera copallifera* fue reconocida con mayor facilidad tanto por las mujeres como por los hombres, debido a que es de las especies más preciadas, porque de ella se obtiene el copal. Sin embargo, mencionaron que actualmente ya no se extrae como hace algunos años debido a que la

abundancia de la especie ha disminuido y argumentan que los árboles que quedan se encuentran en regiones de difícil acceso, como barrancas. *Bursera fagaroides* también fue reconocida, principalmente por los campesinos, porque se usa como cerca viva, por lo tanto es fácil encontrarla. Consideran que es una especie importante para usarla en programas de reforestación porque es de rápido crecimiento y de fácil propagación (estacas), además de atraer algunas aves. *Bursera glabrifolia* y *B. bipinnata* fueron las menos reconocidas, ya que casi no las usan, los entrevistados que las conocen dicen que sirven como cercas vivas y para obtener resina. La fenología de las especies de este género no es clara para los entrevistados, solamente dos personas mencionaron que florecen en mayo.

Del grupo de las leguminosas, todos los entrevistados mencionaron que *Leucaena esculenta* y *L. macrophylla* son especies que se siguen usando, ya que los retoños y los frutos son comestibles; algunos usan los troncos para hacer postes porque la madera es resistente. Debido a su uso alimenticio identifican la temporada de floración y fructificación. Algunos campesinos consideran que *Leucaena esculenta* ya no se encuentra tan fácilmente como *L. macrophylla*, por lo que podría propagarse para introducirse en los lugares con poca vegetación.

Lysiloma acapulcense es una especie poco utilizada, sólo dos personas mencionaron que sirve como remedio medicinal y una eventualmente obtiene leña de ella. El comisario de Amatlán, quien a menudo hace recorridos por el campo para diversos proyectos, mencionó que no ha observado los frutos en los últimos años, por lo que cree que se debe a la presencia de alguna plaga. *Acacia pennatula* ha sido tradicionalmente utilizada por los campesinos para cercar terrenos y también como alimento para el ganado. Las mujeres, por otro lado, mencionaron que tiene uso medicinal. Consideran que es una especie fácil de encontrar, incluso en sitios perturbados.

Otra leguminosa muy apreciada por su madera dura y que incluso es considerada “de lujo” por su color rojizo característico, es *Mimosa benthamii*. Por ello, se usaba para elaborar artesanías o bastones; sin embargo, debido a que ya no se encuentra con

facilidad, su uso ha disminuido considerablemente. Respecto al conocimiento de su fenología, sólo dos personas mencionaron que la floración es en julio.

Eysenhardtia polystachya es muy valorada por sus atributos medicinales. Tres entrevistados (incluyendo a dos mujeres) mencionaron que es muy útil para que las gallinas no se enfermen. Los campesinos respondieron que antes se utilizaba para postes, pero actualmente han sido reemplazados por postes de concreto, y consideran que se encuentra con facilidad en los remanentes del bosque seco.

Otra especie utilizada frecuentemente como remedio medicinal para los riñones es *Guazuma ulmifolia*. Un campesino mencionó que son árboles que dan muy buena sombra y podrían servir para programas de reforestación. El conocimiento sobre la fenología reproductiva fue limitado, sólo una persona mencionó que los frutos maduros se producen en marzo. La distribución de esta especie aún es amplia, ya que es fácil de encontrar.

Con la finalidad de establecer qué tan abundantes son las especies mencionadas en los terrenos de la comunidad, se realizó un muestreo piloto de la vegetación de BTS en 10 cuadros de 100 m² cada uno (0.1 ha). Los resultados se presentan en el Anexo 2.

Los usos tradicionales, en especial los de construcción o combustibles, ya no son tan frecuentes debido a que algunos materiales se han sustituido. Los que permanecen en la comunidad son los medicinales, ya que casi 100 % de los entrevistados utilizan al menos una especie para curar algún padecimiento.

Hay una clara tendencia a que las mujeres identifiquen más las especies por sus usos comestibles o medicinales; por lo tanto, son ellas las que sugieren que se propaguen para tenerlas en el vivero y utilizarlas en programas de reforestación. Además, es importante mencionar que como ellas no salen a campo, no pudieron responder sobre la facilidad de encontrarlas.

La mayoría de los entrevistados creen que todas las especies que se les mostraron son útiles para reforestar porque son necesarias, pero también propusieron que se propagaran otras como: cazahuate (*Ipomea arborescens*), cuautecomate (*Crescentia alata*),

palo de zopilote (*Swietenia humilis*), llora sangre (*Bocconia arborea*), cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*), y también otras especies que son de sitios más templados como el ocote (*Pinus teocote*) y los encinos.

Por último, las personas consideraron de vital importancia involucrar a los jóvenes en acciones de propagación de especies y de concientización del cuidado de su bosque, ya que actualmente poca gente se dedica al campo y no hay muchas oportunidades de que los jóvenes tengan contacto directo con él.

6.3 Fenología reproductiva

Se realizaron ocho registros fenológicos en compañía de los alumnos de la telesecundaria; el número que acudía en cada salida era variable. Los datos de la floración les fueron fáciles de obtener, ya que sólo se registró la presencia-ausencia de las estructuras. En el conteo de los frutos hubo mucha variación, por lo que se decidió que en cada árbol un alumno estimara la cantidad en un cuarto de la copa para hacer la extrapolación; además de que la autora de la tesis hacía un registro propio. En cuanto a la proporción de frutos maduros e inmaduros, en algunas especies, como las pertenecientes a Burseraceae, la estimación resultó complicada porque el color de los frutos maduros no era muy claro, en estos casos el registro se hacía en conjunto. El resto de los registros fenológicos (4) se realizaron por la autora de la tesis.

En total se evaluó la fenología de once especies del BTS (60 árboles reproductivos), sin embargo, en *Lysiloma acapulcense* los patrones no fueron muy claros, ya que sólo se observaron estructuras florales en marzo, sin que los frutos en desarrollo fueran evidentes y solo se pudieron observar de nuevo hasta octubre, cuando ya estaban relativamente desarrollados; además produjeron muy pocas vainas. *Acacia pennatula* y *Mimosa benthamii* también presentaron pocos frutos y en esta última carecían de semillas. Por esta razón, en estas tres especies no se pudieron obtener los índices de fenología reproductiva.

Intensidad de los eventos fenológicos. La intensidad de la presencia de frutos inmaduros fue media en la mayoría de las especies (>20 y ≤ 50 %), excepto en *Bursera fagaroides*, que tuvo el valor más alto (80.6 %) y *Leucaena esculenta* que presentó el menor (19.6%). Respecto a la intensidad en la presencia de frutos maduros, fue baja en todas las especies (Cuadro 8).

Cuadro 8. Promedio anual del índice de intensidad de Fournier de la producción de frutos inmaduros y maduros de ocho especies arbóreas del BTS de Amatlán, Tepoztlán, Morelos. Intensidad baja (≤ 20 %), intensidad media (>20 y ≤ 50 %) e intensidad alta (> 50 %).

Especie	Frutos	
	Inmaduros	Maduros
<i>Bursera bipinnata</i>	Media (37.3)	Baja (12.3)
<i>Bursera copallifera</i>	Media (40)	Baja (18.3)
<i>Bursera fagaroides</i>	Alta (80.6)	Baja (10.3)
<i>Bursera glabrifolia</i>	Media (32.4)	Baja (7.8)
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Media (17.3)	Baja (10.3)
<i>Leucaena esculenta</i>	Baja (19.6)	Baja (10)
<i>Leucaena macrophylla</i>	Media (21.5)	Baja (10.3)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Media (52.3)	Baja (16)

La floración de las especies de *Bursera* comenzó en abril, cuando se registraron algunas lluvias esporádicas y los frutos comenzaron a desarrollarse poco tiempo después, por lo que se observaron frutos inmaduros al finalizar el periodo de floración (y en algunos casos simultáneamente al mismo) (Figura 23). En *B. bipinnata* y *B. glabrifolia* la fructificación fue similar, mostrando los mayores picos de la producción de frutos inmaduros en agosto y septiembre, cuando alcanzan una intensidad de casi 100 %. La intensidad de los frutos maduros para las mismas especies fue de 60 %, con excepción de *Bursera copallifera*, cuyo pico alcanzó hasta 80 % (en diciembre). En *Bursera fagaroides* todo el año se registraron frutos inmaduros; en febrero comenzaron a madurar y la mayor intensidad de frutos

maduros se presentó en marzo (60 %), y disminuyó en abril, cuando comenzó el siguiente periodo de floración. En esta especie se sobrelaparon las fenofases de floración y de fructificación, presentándose simultáneamente frutos inmaduros y maduros (del año anterior) (Figura 23).

Eysenhardtia polystachya es una de las especies que presentó la fenología reproductiva más corta. La floración se registró en junio y julio y la producción de frutos inmaduros comenzó en agosto, cuando mostró un pico de 100 % y disminuyó considerablemente en octubre (< 20 %). La maduración comenzó a registrarse en septiembre y se alcanzó un pico de producción de frutos maduros de 90 % en octubre (Figura 23).

En las especies de *Leucaena* la floración comenzó en agosto, al final de la temporada lluviosa. *L. macrophylla* comenzó a producir frutos en noviembre, y éstos maduraron hasta febrero del siguiente año, mientras que *L. esculenta* comenzó a producir frutos en diciembre y maduraron a partir de febrero, con un pico de casi 80 % de frutos maduros en marzo (Figura 23). *Guazuma ulmifolia* tuvo un periodo de floración de cinco meses (abril a agosto). Los primeros frutos jóvenes se produjeron a partir de junio (menos del 10 %), pero la intensidad de frutos inmaduros fue muy alta entre octubre y enero, de casi 100 %. A partir de enero los frutos comenzaron a madurar, y se registraron hasta finales de marzo, poco antes de la siguiente temporada de floración (Figura 23).

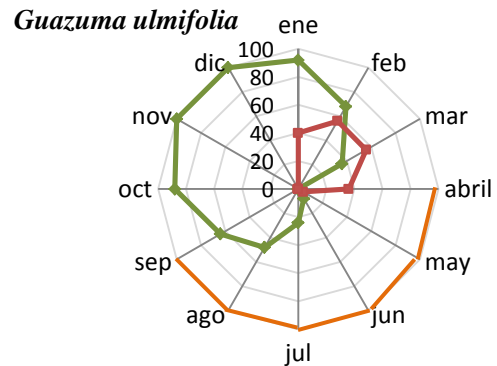
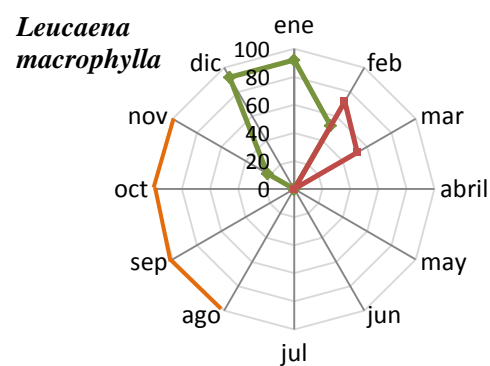
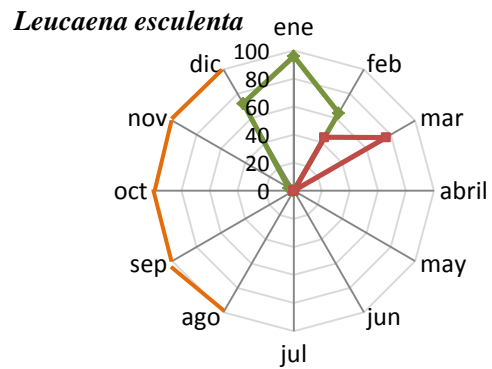
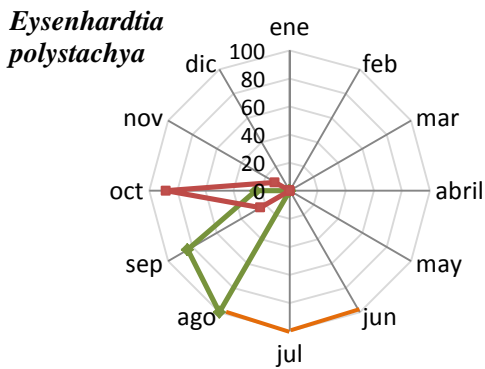
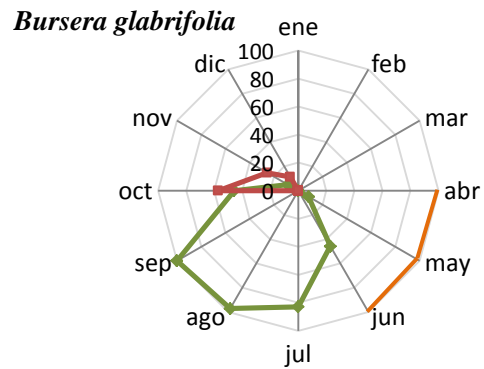
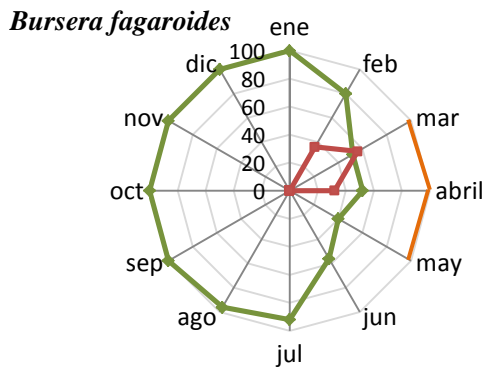
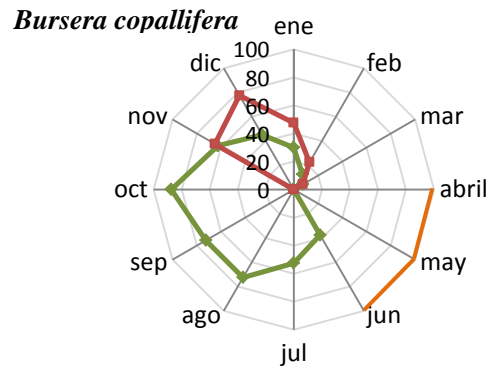
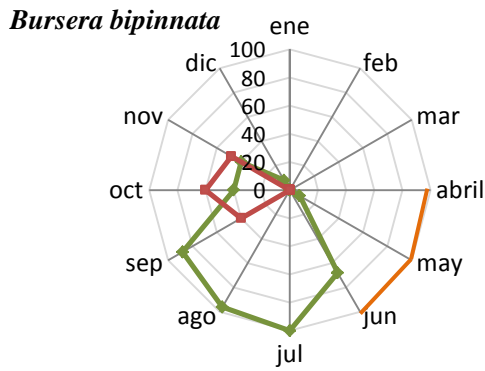


Figura 23. Intensidad promedio, según el índice de Fournier (proporción porcentual de 0 a 100%), de la producción de frutos inmaduros (líneas verdes) y maduros (líneas rojas) de ocho especies arbóreas del BTS de Amatlán, Tepoztlán, Morelos. Las líneas naranjas indican la presencia de estructuras florales. La temporada lluviosa comenzó con lluvias esporádicas en abril y terminó en septiembre.

Duración. La mayoría de las especies presentó una duración de la floración breve (menos de dos meses), las únicas que tuvieron una duración intermedia (> 2 y ≤ 5 meses) fueron *Leucaena esculenta* y *Guazuma ulmifolia*. La presencia de frutos inmaduros fue variable en el tiempo, aunque en general las especies mostraron una duración extendida (> 5 meses), excepto *Eysenhardtia polystachya*, que tuvo un periodo breve, y las especies de *Leucaena*, que tuvieron una duración intermedia (> 2 y ≤ 5 meses) (Cuadro 9).

La presencia de frutos maduros tuvo una duración intermedia en cinco de las especies estudiadas, las cuales corresponden a las del género *Bursera* y a *Guazuma ulmifolia*, en las otras tres especies fue breve (Cuadro 9).

Cuadro 9. Duración (en meses) de la fenología reproductiva de ocho especies arbóreas del BTS de Amatlán, Tepoztlán, Morelos. En la primera fila de cada especie se indican los datos de la floración, en la segunda se indican los de frutos inmaduros y en la tercera los de frutos maduros. Categorías: breve (≤ 2 meses), intermedia (> 2 y ≤ 5 meses) y extendida (> 5 meses).

Especie	Media (\pm d.e.)	Moda	Mínimo- Máximo	Clasificación
<i>Bursera bipinnata</i>	1.3 (0.5)	1	1 - 2	breve
	6.4 (0.9)	6	6 - 8	extendida
	3 (0)	3	–	intermedia
<i>Bursera copallifera</i>	1.4 (0.4)	2	1 - 2	breve
	8.2 (1.5)	9	6 - 10	extendida
	4.1 (0.8)	5	3 - 5	intermedia
<i>Bursera fagaroides</i>	1.4 (0.4)	1	1 - 2	breve
	12 (0)	12	–	extendida
	3 (0)	3	–	intermedia
<i>Bursera glabrifolia</i>	1.6 (0.5)	2	1 - 2	breve
	5.7 (1)	5	5 - 7	extendida
	2.7 (0.5)	3	2 - 3	intermedia
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	1.8 (0.8)	2	1 - 3	breve
	2.4 (0.5)	2	2 - 3	intermedia
	1.6 (0.5)	2	1 - 2	breve
<i>Leucaena esculenta</i>	3.6 (1.5)	5	2 - 5	intermedia
	3.2 (0.4)	3	3 - 4	intermedia
	2 (0)	2	–	breve
<i>Leucaena macrophylla</i>	2.6 (0.9)	2	2 - 4	breve
	3.6 (0.5)	4	3 - 4	intermedia
	2 (0)	2	–	breve
<i>Guazuma ulmifolia</i>	3.8 (1.8)	2	2 - 6	intermedia
	8 (1.4)	8	6 - 10	extendida
	4 (0.7)	4	3 - 5	intermedia

Sincronía. La fructificación en estadio inmaduro de las especies de estudio fue variable, aunque predominaron los eventos sincrónicos en cinco especies; en el caso de *Bursera fagaroides* y *Eysenhardtia polystachya* fue muy sincrónica y en *Bursera copallifera* fue baja.

Respecto a los frutos maduros la mayoría de las especies mostraron una sincronía baja, y sólo dos leguminosas (*Eysenhardtia polystachya* y *Leucaena macrophylla*) presentaron una fructificación sincrónica. En ningún caso se registraron eventos asincrónicos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Índices de sincronía de la fructificación de ocho especies arbóreas del BTS de Amatlán, Tepoztlán, Morelos. Abreviaturas: MS- muy sincrónica (0.76 y \leq 1).

Especie	Frutos	
	Inmaduros	Maduros
<i>Bursera bipinnata</i>	sincrónica (0.61)	baja (0.43)
<i>Bursera copallifera</i>	baja (0.47)	baja (0.48)
<i>Bursera fagaroides</i>	muy s (0.75)	baja (0.32)
<i>Bursera glabrifolia</i>	sincrónica (0.62)	baja (0.41)
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	MS (0.75)	sincrónica (0.60)
<i>Leucaena esculenta</i>	sincrónica (0.63)	baja (0.47)
<i>Leucaena macrophylla</i>	sincrónica (0.66)	sincrónica (0.52)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	sincrónica (0.67)	baja (0.36)

Estacionalidad. La estacionalidad en la fructificación varió entre especies y en todos los casos resultó significativa, excepto en los frutos inmaduros de *Bursera fagaroides*. La estacionalidad de la presencia de frutos inmaduros de las especies de *Bursera* fue significativa, registrándose, al igual que en *Eysenhardtia polystachya*, mayormente en la época de lluvias. Por el contrario, en las especies de *Leucaena* y en *Guazuma ulmifolia* la presencia de frutos inmaduros y maduros se concentró en la temporada seca. En *Bursera copallifera* y *B. fagaroides* la presencia de frutos maduros ocurrió en la temporada seca (Cuadro 11).

Cuadro 11. Resultados de la estadística circular para evaluar la estacionalidad de la presencia de frutos de ocho especies arbóreas del BTS de Amatlán, Tepoztlán, Morelos. La primera fila indica los datos de frutos inmaduros y la segunda los datos de los frutos maduros. Estaciones: inicio de lluvias (junio y julio), mitad de lluvias (agosto), final de lluvias (septiembre y octubre), inicio de secas (noviembre y diciembre), mitad de secas (enero – marzo), final de secas (abril y mayo); – presencia de las estructuras en todo el año; * estacionalidad significativa ($P < 0.05$);

Especie	Ángulo medio (α)	Estacionalidad (r)	Rayleigh (z)	Estación
<i>Bursera bipinnata</i>	257.98° (mitad de agosto)	0.57	10.69*	Mitad de lluvias
	300° (inicio de octubre)	0.91	12.73*	Final de lluvias
<i>Bursera copallifera</i>	296.68° (final de septiembre)	0.32	7.03*	Final de lluvias
	351.3° (final de noviembre)	0.8	21.14*	Inicio de secas
<i>Bursera fagaroides</i>	–	–	–	–
	90° (inicio de marzo)	0.92	12.73*	Mitad de secas
<i>Bursera glabrifolia</i>	257.15° (mitad de agosto)	0.55	14.46*	Mitad de lluvias
	324.48° (final de septiembre)	0.93	14.64*	Final de lluvias
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	262.28° (final de agosto)	0.94	10.63*	Mitad de lluvias
	291.55° (final de septiembre)	0.98	6.77*	Final de lluvias
<i>Leucaena esculenta</i>	26.5° (final de enero)	0.9	12.87*	Mitad de secas
	78.83° (mitad de febrero)	0.98	7.67*	Mitad de secas
<i>Leucaena macrophylla</i>	9.75° (inicio de enero)	0.86	13.45*	Mitad de secas
	75° (mitad de febrero)	0.98	9.55*	Mitad de secas
<i>Guazuma ulmifolia</i>	342.23° (mitad de noviembre)	0.37	5.47*	Inicio de secas
	75.91° (inicio de febrero)	0.82	13.57*	Mitad de secas

Frecuencia. La frecuencia de la floración y de los frutos maduros fue anual en todas las especies, con presencia de estas estructuras en pocos meses del año. La frecuencia de la fructificación en estadio inmaduro fue continua en tres (*Bursera copallifera*, *B. fagaroides* y *Guazuma ulmifolia*), mientras que en el resto fue anual.

Relación de las variables climáticas con la intensidad de la presencia de frutos. La intensidad de la fructificación en ambos estadios de desarrollo no se correlacionó con la temperatura registrada durante el periodo de estudio en ninguna especie. Por el contrario, la intensidad de la presencia de frutos inmaduros de *Bursera bipinnata* y *B. glabrifolia* se correlacionó positivamente con la precipitación, al contrario de *Leucaena esculenta* y *L. macrophylla*, en las que se correlacionó negativamente. Respecto a la intensidad de la presencia de frutos maduros, las correlaciones fueron negativas en cinco de ocho especies: *Bursera copallifera*, *B. fagaroides*, *Leucaena esculenta*, *L. macrophylla* y *Guazuma ulmifolia* (Cuadro 12).

Cuadro 12. Coeficientes de correlación de Spearman (ρ) de la intensidad del índice de Fournier de la producción de frutos (inmaduros y maduros) con las variables climáticas de temperatura media (primera fila) y precipitación (segunda fila). Los valores señalados con asterisco (*) son significativos ($P < 0.05$).

Especies	Fruto inmaduro	Fruto maduro
<i>Bursera bipinnata</i>	-0.13	0.28
	0.72 *	0.16
<i>Bursera copallifera</i>	-0.23	-0.02
	0.32	-0.70 *
<i>Bursera fagaroides</i>	-0.30	0.12
	-0.06	-0.61 *
<i>Bursera glabrifolia</i>	-0.17	0.42
	0.76 *	-0.06
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	-0.29	0.21
	0.35	0.23
<i>Leucaena esculenta</i>	-0.31	-0.09
	-0.61 *	-0.58 *
<i>Leucaena macrophylla</i>	-0.29	-0.16
	-0.60 *	-0.58 *
<i>Guazuma ulmifolia</i>	-0.21	-0.08
	-0.42	-0.69 *

6.4 Recolección de frutos y pruebas de viabilidad

Se recolectaron y limpiaron los frutos y semillas de ocho de las once especies de estudio. En *Lysiloma acapulcense* se observaron inflorescencias, pero el número de frutos producidos fue menor a 50 vainas (sólo en dos árboles). Cuando maduraron, el 90 % de las semillas habían sido depredadas y el 10 % restante no estaban bien desarrolladas (Figura 24 A); lo mismo ocurrió con *Acacia pennatula*, en la que el 100 % de las semillas fueron depredadas por un coleóptero (no identificado) (Figura 24 B). Por otro, lado *Mimosa benthamii* presentó inflorescencias y posteriormente un número reducido de vainas, pero carentes de semillas (Figura 24 C).

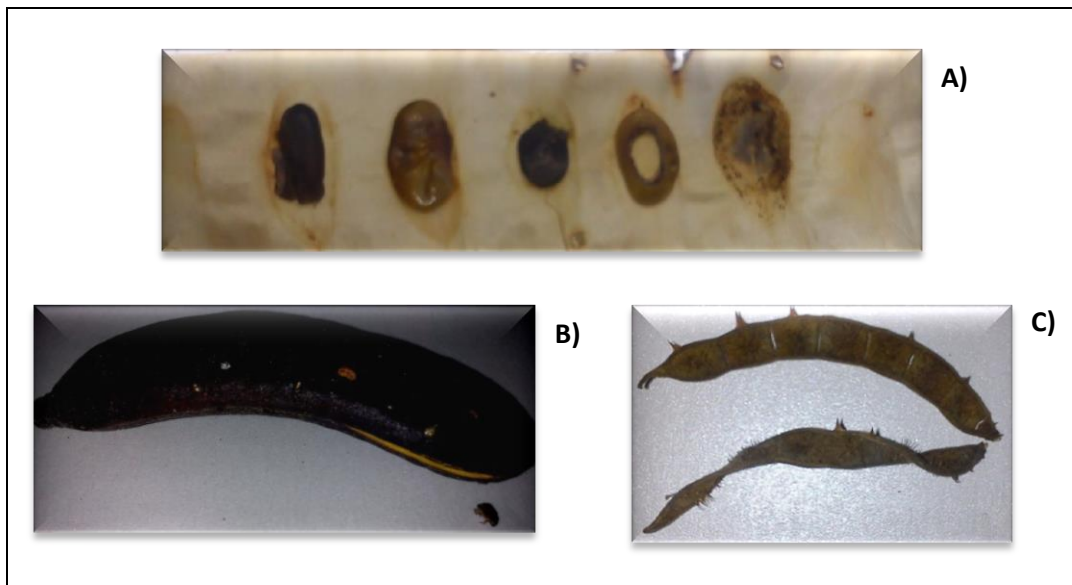


Figura 24. (A) Vaina abierta de *Lysiloma acapulcense* con semillas depredadas y mal desarrolladas, (B) de *Acacia pennatula* con evidencia de depredación y, (C) de *Mimosa benthamii* con semillas aparentemente vanas.

Con las semillas que se recolectaron se realizaron las pruebas de flotación y se obtuvieron porcentajes de viabilidad altos, excepto en *Bursera bipinnata*, en la que apenas llegó al 50 % (Figura 25).

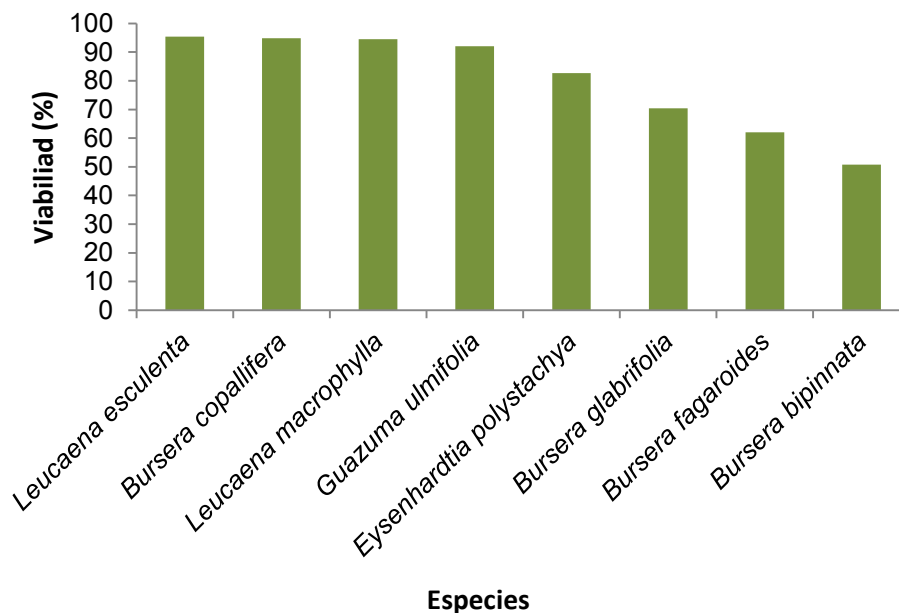


Figura 25. Porcentajes de viabilidad (estimados por el método de flotación) de ocho especies arbóreas de Amatlán, Morelos.

6.5 Germinación

Las especies que presentaron los mayores porcentajes finales de germinación total (i. e., sin considerar el tratamiento), tanto en la escuela como en la cámara con temperatura controlada (28-12 °C), fueron las del género *Leucaena* con casi el 50 %, y las que tuvieron los más bajos fueron dos especies de *Bursera* (*B. glabrifolia* y *B. bipinnata*). El resto de las especies (*B. fagaroides*, *B. copallifera*, *G. ulmifolia* y *E. polystachya*) presentaron porcentajes intermedios (Figura 26).

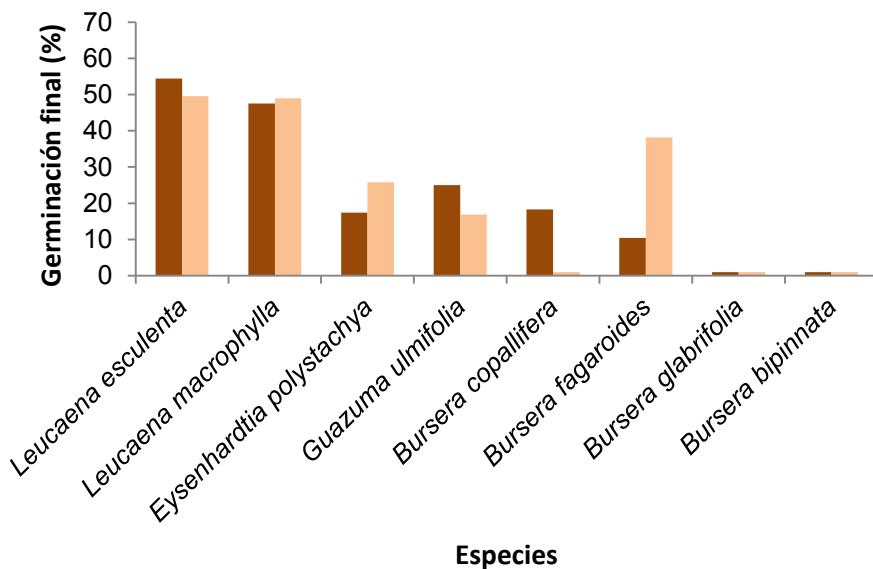


Figura 26. Porcentaje de germinación promedio de ocho especies arbóreas de Amatlán, Morelos. Las barras oscuras indican el porcentaje de germinación en la escuela y las claras en la cámara.

Los resultados de germinación variaron entre especies y tratamientos (Cuadro 13). En *Leucaena macrophylla* los tratamientos tuvieron un efecto significativo en el porcentaje de germinación ($F=48.6$, g.l.=2 y $P<0.001$), ya que en el control fue significativamente menor que en los tratamientos de escarificación y remojo, y aunque estos últimos germinaron mejor en la escuela (temperatura ambiente) que en la cámara de germinación, las diferencias no fueron significativas ($F=2.7$, g.l.= 1, $P=0.09$).

En *Leucaena esculenta* el sitio (escuela vs cámara) no influyó significativamente ($F=0.15$, g.l.=1, $P=0.69$), pero sí los tratamientos ($F =44$, g.l.=2, $P<0.001$), ya que las semillas que se remojaron y las que se lijaron presentaron los porcentajes más altos. En *Eysenhardtia polystachya* el efecto del sitio en la germinación fue significativo ($F=7.6$, g.l.=1, $P=0.005$), con mayor germinación en la cámara, y aunque el efecto del tratamiento no resultó significativo, la interacción de ambos sí lo fue ($F = 3.9$, g.l.=2, $P =0.02$): las semillas control y remojo + secado germinaron más en la cámara (cuadro 13).

En *Guazuma ulmifolia* sólo pude analizarse el efecto del sitio, ya que únicamente germinaron las semillas remojadas, y las diferencias fueron significativas ($F=95$, g.l.=1, $P<0.001$), con una mayor germinación en la escuela que en la cámara. Posteriormente, las semillas de la cámara de germinación fueron puestas a temperatura ambiente a partir del día 25 y para el día 44 las remojadas alcanzaron un porcentaje de germinación de 67% (± 2.5 e. e.).

Como las semillas de *Bursera fagaroides* sólo germinaron en el control, también se hizo el análisis del efecto del sitio, que fue significativo ($F=33.3$, g.l.=1, $P<0.001$), con una germinación significativamente mayor en la cámara. En *Bursera copallifera* también hubo un efecto evidente del sitio, con mayores porcentajes de germinación en la escuela a temperatura ambiente ($F = 10.3$, g. l.=1, $P <0.001$); los tratamientos también influyeron, ya que las semillas remojadas germinaron más que las lijadas y las del control ($F=4.3$, g. l.=2, $P=0.01$). En *B. glabrifolia* y *B. bipinnata* la baja germinación registrada impidió el análisis.

Cuadro 13. Porcentajes de germinación (media \pm e.e.) de ocho especies de estudio en la cámara de germinación y en la telesecundaria de Amatlán.

Especie	Tratamiento	Germinación (%)	
		Escuela	Cámara de germinación
<i>Bursera bipinnata</i>	Control	0	0
	Lijado	0	0
	Remojo	1.7	1.7
<i>Bursera copallifera</i>	Control	18.3 \pm 4.4 ^b	0
	Lijado	8.3 \pm 3.3 ^a	0
	Remojo	28.3 \pm 6.0 ^b	3.3 \pm 1.7
<i>Bursera fagaroides</i>	Control	12.5 \pm 12.5 ^a	76.3 \pm 2.6 ^b
	Remojo	0	0
<i>Bursera glabrifolia</i>	Control	0	0
	Lijado	0	0
	Remojo	1.7	3.3 \pm 1.7
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Control	27 \pm 5.8 ^a	50 \pm 5.5 ^b
	Remojo	31 \pm 6 ^a	27 \pm 4.6 ^a
	Remojo + secado	29 \pm 2.9 ^a	42 \pm 7.3 ^b
<i>Leucaena esculenta</i>	Control	21.7 \pm 4.4 ^a	13.7 \pm 4.7 ^a
	Lijado	65 \pm 2.5 ^b	67.5 \pm 1.4 ^b
	Remojo	60 \pm 2.9 ^b	61.3 \pm 1.2 ^b
<i>Leucaena macrophylla</i>	Control	18.3 \pm 3.3 ^a	20 \pm 2.0 ^a
	Lijado	71.7 \pm 3.3 ^b	65.7 \pm 4.8 ^b
	Remojo	73.3 \pm 6.0 ^b	61.2 \pm 9.2 ^b
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Control	0	0
	Remojo	66.6 \pm 1.9 ^a	5.8 \pm 1.6 ^b

Letras diferentes en cada especie indican diferencias significativas $P < 0.05$.

7. DISCUSIÓN

7.1 Talleres de educación ambiental

Ante los graves problemas ambientales derivados del manejo inadecuado de los recursos naturales, la ciencia ha entrado en un intenso periodo de reflexión y análisis sobre su papel, tanto en la prevención y solución de esos problemas, como en la formulación de estrategias alternativas para mejorar la relación entre la sociedad y los ecosistemas (Castillo, 2006). En países como México, las comunidades indígenas y campesinas constituyen uno de los sectores más relevantes en la apropiación de bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas, por lo que muchas de ellas suelen valorarlos significativamente, mostrando percepciones favorables para la conservación y el manejo sustentable de los recursos naturales (Castillo y González-Gaudiano, 2009). A pesar de ello, en muy pocos proyectos de investigación o manejo se involucra a estos actores. Por otro lado, el acceso al conocimiento científico en temas de ecología, medio ambiente y recursos naturales es muy heterogéneo e inequitativo entre los diferentes sectores de la población (Medellín-Milán y Nieto-Caraveo, 2000; Macedo y Salgado, 2007).

En este contexto, Castillo (2006) sugiere que es necesario crear un puente de disseminación, transferencia e intercambio de información entre actores por medio de la comunicación. La educación ambiental como un proceso formativo implica también un proceso de comunicación que busca crear una cultura ecológica en la sociedad, a través del manejo y asimilación de conocimientos, actitudes, aptitudes y valores acerca de la relación entre la sociedad y la naturaleza (Solano, 2001; Armijo *et al.*, 2011). La comunicación no sólo es una herramienta de gran utilidad para la educación ambiental, sino que es un proceso multidimensional que contribuye a alcanzar objetivos como movilizar, organizar y estimular la participación de la comunidad (Reyes, 2006a).

En el presente trabajo se implementaron talleres de educación ambiental con una doble finalidad: por un lado, desarrollar conciencia entre los estudiantes sobre la problemática ambiental de su comunidad y la importancia de conservar los bosques, y por

otro, proporcionarles herramientas útiles para generar información sobre la propagación de especies arbóreas de importancia local, como parte de una solución práctica a ciertos problemas ambientales. Se pretendió que los estudiantes se asumieran como parte del medio ambiente y que no sólo se promoviera la adquisición de información, sino también la construcción de un saber útil para la sociedad, en este caso para su comunidad, tal como se menciona en el marco de la formación de competencias al nivel secundaria (SEP, 2006).

El trabajo inició con la realización de dinámicas que permitieran conocer las percepciones de los alumnos sobre la importancia de sus bosques y los factores que los amenazan. Lazos y Paré (2000) mencionan que conocer las percepciones ambientales constituye un punto de partida para acercarse a la visión que la gente tiene de su entorno natural y saber hasta qué punto puede y desea participar. La percepción, además de ser considerada una experiencia directa sobre el ambiente, puede ser moldeada por factores culturales y sociales (Arizpe y Velázquez, 1993; Maneja *et al.*, 2007). Estas primeras actividades, en las que los alumnos identificaron los beneficios de los bosques, así como los problemas ambientales y quiénes los provocaban, dieron señales de que estaban al tanto de estos temas y que esto podría aprovecharse para involucrarlos en un proyecto de participación social.

La participación social en la investigación de problemas ambientales puede estimular a las personas a interpretar y proponer soluciones adecuadas a la problemática que enfrenta su entorno natural (Reyes, 2006b). En este caso, la discusión sobre los problemas ambientales de su comunidad favoreció la elaboración de propuestas de acciones benéficas para mitigarlos y prevenirlos. Los alumnos que habían tenido un contacto directo de trabajo en el campo propusieron soluciones más aplicadas, por ejemplo reforestar con plantas de la región, hacer brechas cortafuegos, etc., mientras que los que salen poco al campo, en especial las mujeres, propusieron colocar carteles informativos. Los problemas ambientales no poseen una solución única que sea del todo satisfactoria, por ser situaciones complejas que involucran varios factores y actores; sin embargo, es importante que se implementen actividades prácticas, pues en muchas

ocasiones el aprendizaje incentiva a reflexionar a través de la acción y una dinámica participativa (Sauvé, 2005; Rivarosa y Palacios, 2006).

En otros trabajos que estudiaron las percepciones socioambientales de niños y jóvenes, se encontró que los hijos de ejidatarios y dueños comunales mostraron mayores conocimientos sobre el ambiente en el que viven y las problemáticas que enfrentan que los hijos de avecindados; por lo tanto, las acciones que propusieron para combatirlas estaban basadas en su experiencia y el conocimiento que poseen sobre su localidad (Maneja *et al.*, 2007; Cartró-Sabaté, 2011). Ruiz-Mallén (2005) analizó los conocimientos, percepciones y actitudes ambientales de los jóvenes de bachillerato en la comunidad de San Juan Nuevo Parangaricutiro en Michoacán, y encontró que los hombres presentaban mayores conocimientos ambientales que las mujeres, aunque fueran hijas de padres comuneros. Cartró-Sabaté (2011) estudió los conocimientos y percepciones ambientales en estudiantes de primaria respecto a la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, Yucatán. Al igual que en el estudio anterior, las mujeres mostraron en general menores conocimientos que los hombres. Ambas autoras lo atribuyen a un rezago educativo de las mujeres en las comunidades rurales, además de que a partir de cierta edad, los niños y las niñas tienen distintas tareas en los hogares; mientras que las niñas se encargan de cuidar a los hermanos y ayudar a las actividades domésticas, los niños ayudan a sus padres en el campo. Aunque en este estudio no se analizó la influencia de los padres o abuelos que se dedican al campo sobre sus hijos e hijas, se observó esta marcada diferencia entre géneros durante los talleres.

En las primeras sesiones fue notorio que los alumnos de primer grado se mostraban más sensibles con el tema del cuidado ambiental y con mayor interés en participar en el proyecto. Roldán (2012), quien evaluó si las actitudes ambientales que poseían los estudiantes de secundaria cambiaban con relación al grado escolar, sexo y modalidad educativa (técnica, telesecundaria y privada), menciona que los cambios de actitudes entre alumnos de diferentes grados pueden deberse a que los de primer año todavía están en la transición entre ser niños y adolescentes, por lo que son más participativos, mientras que

los de segundo ya se asumen como adolescentes (con todos los cambios relacionados a esa etapa), en tanto que los de tercero ya han madurado un poco más, mostrando mayor conciencia y empatía con este tipo de actividades. Por otro lado, aunque en un principio había alumnos que se mostraban apáticos en algunas actividades, conforme se desarrollaron los talleres se sintieron más cómodos y su participación aumentó, sobre todo con las actividades lúdicas, al igual que en otros proyectos, como el de educación ambiental con alumnos de telesecundarias en comunidades aledañas a la Estación Biológica de Chamela, Jalisco (López-Carapia, 2015).

Respecto al contenido del temario que se desarrolló, algunos temas resultaron del interés de los alumnos y otros no tanto; sin embargo, siempre se hicieron discusiones en torno a ellos. Tréllez (2004) considera importante incentivar la participación activa de los alumnos y alumnas en tareas que impliquen el uso de sus sentidos y capacidades para recoger información, lo que generará simultáneamente diálogos y preguntas motivadoras que propiciarán un intercambio más dinámico de conocimientos. En las notas diarias, así como en los murales de evaluación participativa, y en los cuestionarios realizados a los alumnos y profesoras, se muestra claramente que las actividades más prácticas, como las pruebas de viabilidad y de germinación de semillas, el trabajo en el vivero y las salidas al campo les gustaron más a los alumnos y además las recordaban mejor (Figura 21). Estos resultados no sólo muestran que la práctica es una de las formas de enseñanza que proporciona más resultados, sino que a través de la demostración de aprender haciendo, puede favorecerse el cambio de ciertas actitudes (Tréllez, 2004; Moreno-Casasola, 2006).

Aunque este no fue un programa de educación ambiental, en ellos es importante promover actividades educativas en el marco de una política escolar de puertas abiertas. Esta concepción diferente del aula, que no se restringe a las cuatro paredes de un salón de clases, sino que se abre a la naturaleza y busca el mayor número posible de oportunidades para explorar el entorno, valorar y comprender lo que ocurre en él, permite reforzar el aprendizaje, que es más eficaz cuando el educando tiene más oportunidades de estar en

contacto directo con el objeto de estudio (Tréllez, 2004), en este caso las especies de árboles nativos seleccionadas.

Durante las salidas al campo, los alumnos se mostraron siempre gustosos y atentos de lo que se hacía; disfrutaban caminar entre los cerros, observar y sentir. Dos de ellos se mostraron particularmente orgullosos de poder platicarles a los demás lo que sabían, gracias al conocimiento transmitido por sus abuelos. Cartró-Sabaté (2011) menciona que la transmisión del conocimiento ecológico tradicional debe mantenerse, potenciarse y aprovecharse para valorar el entorno y cuidarlo; un vector emocional acompañado de un conocimiento adquirido, induce a una actitud concreta, en este caso positiva.

Al finalizar el trabajo de campo y cuando había tiempo, los alumnos pasaban a nadar a un río, lo que favoreció que la convivencia entre ellos se volviera más estrecha y se fomentaran las relaciones interpersonales. Estas salidas fueron también la primera oportunidad que tuvieron algunos, en especial las mujeres, de conocer los bosques de su comunidad. En este sentido, algunos autores consideran que las actividades en el medio natural contribuyen a la educación integral de los alumnos, favoreciendo la socialización y el crecimiento personal, adquiriendo habilidades sociales como responsabilidad, respeto, confianza, empatía, ayuda, entre otras (Alonso, 1992; Arroyo, 2010).

La intervención a través de los talleres de educación ambiental permitió promover la construcción de aprendizaje local al involucrar a los sujetos en la propia investigación (Macedo y Salgado, 2007). Cuando se mostró a los alumnos un producto final de su trabajo, el cuadernillo impreso "Mi primer libro de la flora de Amatlán", se emocionaron al ver que contenía las fotografías tomadas por ellos mismos, los resultados de las pruebas que hicieron, el registro realizado durante las salidas al campo, etc. Arrache (2003) sugiere que el trabajo de campo comunitario enriquece el proceso de investigación y favorece a los grupos estudiados cuando el investigador les proporciona el producto que resultó de dicha investigación (manuales, libros o videos).

En un contexto un poco más social, destacaron algunos acontecimientos ocurridos a lo largo del estudio. El trabajo se desarrolló en la única secundaria que hay en la comunidad. Como antecedentes, en ciclos escolares previos a los del estudio (2013-2015) era común que los profesores permanecieran en la escuela solo durante algunos meses o que su asistencia fuera muy irregular. Cuando se realizó la primera visita exploratoria (ciclo 2012-2013) sólo había una profesora encargada de enseñar a diez alumnos divididos en los tres grados. En el ciclo siguiente (cuando comenzaron los talleres) asignaron a un profesor por grupo, lo que probablemente influyó en que se incrementara el número de alumnos, con una mayor proporción de hombres que de mujeres. Esta tendencia es común en las zonas rurales, ya que la mayoría de las mujeres se dedican a las actividades domésticas y su educación no se considera prioritaria, lo que dificulta su asistencia a la escuela (Cartró-Sabaté, 2011). Esto resulta en que las madres, quienes se encargan generalmente de los hijos, tengan un bajo nivel escolar y por lo tanto su apoyo a su formación educativa sea muy limitado (Bonder, 1994). En la secundaria, al menos un alumno por grado desertó en cada ciclo escolar y la asistencia de algunos era muy irregular. Una opinión común de las profesoras es que los alumnos asistían más cuando había taller de educación ambiental, lo que concuerda con los resultados registrados en el mural de evaluación participativa, en el que casi todos los alumnos expresaron que les había gustado la intervención educativa (Figura 20).

Por otro lado, en varias ocasiones, sobre todo al principio de los talleres, algunos alumnos solían dirigirse a sus compañeras con expresiones ofensivas, y ellas no querían participar frente al público ni trabajar en equipos mixtos. Aunque se buscó promover la confianza en sí mismas, las opiniones en el mural de evaluación permiten suponer que fueron algunas de ellas quienes respondieron no haber podido expresar sus ideas. Por ello, es importante que en este tipo de proyectos se promueva un comportamiento de conciencia y respeto no sólo hacia la naturaleza, sino también hacia las mujeres, y se favorezca la igualdad de género desde la escuela (Corona, 2003). La desconfianza de las mujeres para expresarse en público impide que tomen un papel más activo en cualquier

actividad realizada fuera del hogar (Arrache, 2003). Corona (2003) sugiere que en los proyectos encaminados a la conservación y el manejo de los recursos naturales se fortalezca la participación de las mujeres desde el proceso de identificación de necesidades, en la definición de objetivos y en la planificación de actividades, así como en el seguimiento y evaluación de los proyectos. Esto podría ayudarlas a adquirir mayor confianza y favorecer gradualmente su participación.

La experiencia desarrollada muestra que los estudiantes no sólo lograron tener más conocimientos y desarrollar ciertas habilidades, sino también fomentaron la confianza en sí mismos, nuevos valores y una actitud más positiva hacia el medio ambiente. Baldi y García (2006) mencionan que las diferentes actividades que desarrollamos día a día determinan las actitudes y conductas hacia lo que nos rodea en cualquier aspecto, ya sea social, cultural o ambiental.

Según Roldán (2012), la participación de las escuelas en la integración de actividades y proyectos escolares en los que se pongan en práctica los contenidos de diversas materias y conocimientos permitirá a los alumnos desarrollar sus competencias, así como seguridad y confianza sobre su capacidad de hacer cambios. En un estudio realizado en una escuela primaria en Baja California, México, se involucró a los alumnos en un proyecto ecológico que incluía actividades como limpieza escolar, reforestaciones y adopción de áreas verdes, entre otras. Con el paso de los meses, estas actividades comenzaron a repercutir en la dinámica escolar, fortaleciendo otras áreas como la convivencia, la colaboración entre pares e incluso la expansión hacia los hogares de los estudiantes (Evans y Ollivier, 2011). Dicho proyecto también favoreció el deseo de los estudiantes por estudiar una carrera, y al igual que en el presente trabajo, algunos querían ser biólogos.

Durante el periodo de trabajo en la escuela se observó una fuerte desvinculación entre la escuela y la sociedad, ya que la participación de los padres de familia en las actividades escolares de sus hijos fue muy pobre. Si bien las causas pueden ser diversas, es necesario incorporar un enfoque sistémico e integrador en planes, programas y prácticas

educativas que permitan fomentar la cooperación entre escuela y comunidad, e incluso con las autoridades de las comunidades (Amante, 2006).

Por último, es importante mencionar que, aunque la mayoría de los resultados fueron favorables, la participación se vio limitada por la falta de tiempo asignado al proyecto por la dirección. Durante el ciclo escolar 2013-2014 los talleres eran cada 15 días, lo que en ocasiones dificultaba que los alumnos recordaran lo que habían visto en la sesión anterior. Al ciclo siguiente, las condiciones mejoraron y se pudo realizar una mejor integración de los temas abordados durante el proyecto. Por ello, sugerimos que en futuros proyectos de educación ambiental se establezca una buena frecuencia temporal para las actividades a realizar y un tiempo adecuado por sesión, de forma que se puedan cumplir los objetivos planteados.

7.2 Recuperación del conocimiento tradicional

La utilización de los recursos naturales que realizan las sociedades humanas tiene impactos ecológicos. Sin embargo, a medida que las poblaciones humanas se tornan más urbanas, la percepción de la relación hombre–recursos naturales se comienza a debilitar y con ello se erosiona el conocimiento tradicional (Begossi *et al.*, 2002). Ruiz-Mallén y colaboradores (2009) mencionan que la pérdida del conocimiento tradicional en los jóvenes se debe también a la falta de valorización hacia el trabajo en el campo, a la poca vinculación entre el saber tradicional y el saber escolar, a la reducida interacción entre los jóvenes y los ancianos, a las expectativas de modernidad e intereses de los jóvenes y a la migración. Ante esta situación consideran que las políticas educativas en contextos rurales deberían enfatizar el rescate del conocimiento tradicional, de modo que los estudiantes adquieran, no sólo información, sino habilidades teóricas y prácticas heredadas de sus abuelos que les permitan apropiarse de las formas de aprovechamiento de los recursos naturales que han desarrollado durante generaciones y han resultado sustentables.

Por ello, uno de los objetivos del presente estudio fue recuperar parte del conocimiento tradicional de las especies de estudio en compañía de los alumnos, aunque hemos de reconocer que su participación en este caso fue muy limitada debido a diversas razones. La primera y más frecuente, fue que generalmente después de clases era complicado encontrar a los padres y abuelos, porque salían a trabajar. La mayoría de las entrevistas se hicieron en días inhábiles o en fines de semana, aunque en esos días algunos alumnos salían con sus familiares o tenían otras actividades, como ayudar con el trabajo familiar. Por otra parte, muchos estudiantes estaban emparentados, por lo que los abuelos y tíos eran los mismos, lo que también limitó la población susceptible de ser entrevistada.

Se puede observar que los usos tradicionales de las especies se relacionan con algunos factores socioculturales de los entrevistados, como la edad, el género e incluso el oficio o empleo. Aunque sólo se entrevistó a tres mujeres, mencionaron a especies que se usan tradicionalmente para consumo alimenticio (las especies de *Leucaena*, de las que se comen las vainas y los retoños), y como medicinales citaron a *Eysenhardtia polystachya* para tratar la diabetes y a *Guazuma ulmifolia* para la infección de vías urinarias. Es evidente también que identifican mejor las temporadas de fenología reproductiva de las especies que más utilizan, sobre todo las comestibles. En un estudio similar realizado en Córdoba, Argentina, se menciona que las mujeres citan en mayor medida a las plantas medicinales, ya que suelen estar a cargo del mantenimiento de la salud familiar. Los autores consideran que esto es una señal de la prevalencia del papel social diferencial de género (Arias-Toledo *et al.*, 2007).

Respecto a las respuestas de los hombres, los mayores de 40 años mencionaron más usos tradicionales que los más jóvenes. Esto puede deberse a una mayor acumulación de experiencias y conocimientos, aunado a que antes el contacto con el ambiente era mayor, como ellos mismos lo expresaron en las entrevistas. Las tres personas menores de 40 años tenían empleos fuera de la comunidad, en la construcción, y se ha reportado que quienes tienen oficios relacionados directamente con el bosque suelen poseer un

conocimiento mayor de los usos potenciales de las especies nativas (Arias-Toledo *et al.*, 2010).

Entre los usos nombrados por los hombres destacan los medicinales, comestibles combustible, de construcción, postes y cercas vivas. Las especies comestibles fueron las mismas que citaron las mujeres, al igual que las medicinales. Una alta proporción de las plantas aún representan recursos de uso múltiple para las poblaciones locales, y –al igual que en el presente trabajo–, entre los más comunes están el medicinal y el comestible, seguido por otros como combustible, construcción, instrumentos, utensilios, sombra, cercas vivas y elaboración de artesanías (Caballero y Cortés, 2001).

Los entrevistados comentaron que las especies de *Bursera* se usaban más hace algunos años, pero esto cambió, en parte, porque su abundancia ha disminuido por la deforestación y sólo se encuentran en los sitios de difícil acceso. Esta información concuerda con la obtenida en el muestreo piloto de la vegetación del bosque tropical caducifolio (Anexo 2), en el que sólo se encontraron tres individuos del género, uno de cada especie (*Bursera fagaroides*, *B. copallifera* y *B. glabrifolia*). En un estudio realizado con especies útiles de la selva baja caducifolia en Veracruz Moreno-Casasola y Paradowska (2009), también encontraron que los pobladores perciben una disminución progresiva de las especies de uso local, por lo que proponen utilizar la información recabada para los programas de reforestación, promoviendo la propagación y la siembra de especies que aún constituyen parte de las actividades cotidianas de los pobladores.

Durante el trabajo con los alumnos, se pudo notar que sólo tres de ellos (15 %) tenían cierto conocimiento tradicional sobre las especies vegetales y animales de la región. Fueron los mismos alumnos que asistieron a entrevistar a sus familiares, junto con otros tres; el resto no se mostró muy interesado en involucrarse en esta parte del proyecto. Reyes-García (2000) encontró estudios que muestran diferencias en los niveles de conocimiento entre generaciones (ancianos y jóvenes), y citó un estudio realizado en Pichátaro, Michoacán, en el que evaluaron las diferencias en los niveles de conocimiento

entre generaciones (Garro, 1986). Si bien se encontró que las personas mayores tenían más conocimientos que los jóvenes, la autora advirtió que los datos se deben interpretar con precaución, puesto que las diferencias pueden deberse a que los jóvenes no han terminado su proceso de aprendizaje.

En otro estudio realizado en la Sierra de Manantlán, en el occidente de México, se encontró una notable erosión del conocimiento tradicional sobre el uso de las plantas; los autores lo atribuyeron a un proceso de modernización, evidenciado por la pérdida del lenguaje indígena y la adquisición de servicios comunitarios no tradicionales (Benz *et al.*, 2000). El uso de la tecnología también puede aumentar la pérdida del conocimiento tradicional, ya que en lugar de pasar tiempo con los padres o abuelos en el campo, el uso del teléfono celular y las computadoras reduce el tiempo de interacción con los adultos. En este contexto, es necesario involucrar a los jóvenes en proyectos de educación ambiental en los que se incentive la recuperación del conocimiento tradicional y crear dinámicas que los estimulen a participar activamente.

7.3 Fenología reproductiva

Uno de los objetivos principales de este estudio fue generar conocimiento sobre la fenología reproductiva de las especies seleccionadas con la participación de los alumnos. En los talleres se usaron conceptos ecológicos nuevos para ellos, que tenían cierto grado de complejidad, como el de fenología. Los estudiantes que asistieron regularmente al campo a realizar las observaciones, entendieron con mayor facilidad de qué se trataba; esta actividad apoya la propuesta de Ruiz-Mallén (2005), de establecer un vínculo entre la teoría y la práctica para el manejo del entorno natural, ya que la ausencia de prácticas de campo en la currícula escolar puede dificultar que los jóvenes asimilen conceptos ambientales. Por otra parte, mediante la metodología de investigación-acción se desarrollaron conocimientos y habilidades aprendidas a través del proyecto y que proporcionaron información valiosa (Sauvé, 2005). A pesar de que la participación de los estudiantes en esta parte del trabajo fue satisfactoria, no siempre asistieron los mismos alumnos a todas las

salidas de registro fenológico, de manera que sería aventurado decir que están listos para hacer las observaciones por sí solos. Si bien la implementación de la participación social en los procesos de investigación ha sido limitada, no conocemos ningún proyecto en el que se haya involucrado a estudiantes de nivel secundaria, por lo que sería recomendable incentivarlos, ya que los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios.

De acuerdo con los patrones fenológicos observados, la floración y la fructificación variaron entre las especies, lo que puede deberse a factores bióticos, abióticos y a las relaciones de filogenia, menos exploradas. Si bien se planteó en este trabajo describir la fenología mediante la intensidad, la duración, la estacionalidad, la sincronía y la frecuencia de los eventos reproductivos, se mencionarán algunos factores que pudieron haber influido en los patrones fenológicos observados, con base en otros estudios realizados en BTS.

En *Bursera fagaroides*, *Lysiloma acapulcense* y *Acacia pennatula*, la floración se presentó al final de la temporada seca (marzo y abril) (Figura 23 y Anexo 6). Algunos autores consideran que este comportamiento está relacionado con el equinoccio de primavera, que induce la floración de algunas especies por el aumento de la duración del día y por lo tanto del fotoperiodo (Borchert y Rivera, 2001; Maldonado 2014). En las otras tres burseras (*B. bipinnata*, *B. copallifera* y *B. glabrifolia*) este evento se registró un poco antes, en abril y mayo, y aunque pudo haber influido el fotoperiodo, la presencia de lluvias esporádicas en el primer mes también pudo haber disparado la floración (Bullock y Magallanes, 1990; Borchert *et al.*, 2004); este comportamiento también fue observado en especies del BTS de Chamela, Jalisco (Luna-Nieves, 2011). Una ventaja que pueden tener estas especies, que florecen cuando no presentan hojas, es la mayor visibilidad de las flores para los polinizadores (Borchert *et al.*, 2004). En *Guazuma ulmifolia* también se registró la floración cuando hubo lluvias esporádicas en abril, pero prosiguió hasta bien entrada la temporada lluviosa (agosto) (Figura 23); a pesar de esto Borchert y colaboradores (2004) reportaron que florece en primavera, debido al efecto del incremento del fotoperiodo.

Eysenhardtia polystachya y *Mimosa benthamii* florecieron en junio y julio y *Leucaena esculenta* y *L. macrophylla* de agosto a diciembre, en el periodo lluvioso. Estos resultados concuerdan con los registrados por Luna-Nieves (2011) y Maldonado (2014) en los bosques de Chamela, Jalisco y Nizanda, Oaxaca respectivamente, en especies de los mismos géneros. Esto apoya la idea de que las relaciones filogenéticas pueden jugar un rol importante en los patrones fenológicos (Bullock y Solis-Magallanes, 1990; Maldonado, 2014).

Aunque en este estudio no se reporta la fenología foliar, Valdez-Hernández y colaboradores (2009) mencionan que la producción de flores varía de acuerdo con la fenología foliar, por lo que resultaría conveniente profundizar un poco más en esta posible relación en futuros estudios. Por otro lado, hacer observaciones durante más tiempo (dos o más años consecutivos) resultaría en detectar patrones más claros e identificar los factores relacionados con ellos, ya que de acuerdo con Borchert *et al.* (2004), si la floración está influenciada por lluvias esporádicas, su variación entre años sería mayor, mientras que si está relacionada con el fotoperiodo, esta variación sería menor.

Respecto a la fructificación, se pudieron observar dos patrones. Los frutos maduros de las burseras se presentaron al final de la temporada lluviosa (con excepción de *Bursera fagaroides*, que los presenta más tarde). Esta última especie –al igual que las leguminosas (*Acacia pennatula*, *Eysenhardtia polystachya*, *Mimosa Benthamii*, *Leucaena esculenta*, *L. macrophylla* y *Lysiloma acapulcense*) y *Guazuma ulmifolia*–, presentó frutos maduros a mediados de la temporada seca (Figura 23). Diversos estudios realizados en BTS han reportado resultados similares, en los que la fructificación de la mayoría de las especies se concentra en la época seca del año (Bullock y Solis-Magallanes, 1990, Valdez-Hernández *et al.*, 2010; Luna, 2011; Maldonado, 2014), lo que se explica por el hecho de que los propágulos pueden dispersarse mejor en estas condiciones y germinar cuando el recurso hídrico deje de ser limitante (Bullock y Solis-Magallanes, 1990; Justiniano y Fredericksen, 2000).

Por otro lado, Branko y colaboradores (2015) mencionan que la dinámica reproductiva en este tipo de ambientes está estrechamente relacionada con el tipo de fruto y los síndromes de dispersión de las especies. Se espera que las que presentan frutos maduros durante la temporada lluviosa sean dispersadas principalmente por animales, que registran una mayor actividad en esta temporada, mientras que las especies cuyos frutos maduran durante la temporada seca sean dispersadas por el viento y la gravedad, y generalmente se trata de frutos secos, como los de las leguminosas.

La duración del periodo de fructificación también podría estar asociada con el tipo de dispersión. Algunos estudios mencionan que en especies zoócoras, el periodo en que se presentan frutos maduros dependerá de la tasa de visita de los dispersores, por lo que se espera que la duración de la fructificación sea más extendida que en las especies dispersadas por agentes como el viento o la gravedad (Howe y Smallwood, 1982). Esto concuerda con los resultados del presente estudio, en el que las dos especies de *Leucaena* y *Eysenhardtia polystachya*, con frutos secos, tuvieron un periodo de fructificación breve, mientras que en las especies con frutos carnosos, la duración fue intermedia (entre dos y cinco meses; Cuadro 9).

Respecto a la sincronía de la fructificación, en la mayoría de las especies se mostraron patrones sincrónicos (Cuadro 10). Este comportamiento se ha atribuido a que de esta forma se reduce el daño causado por los depredadores de frutos y semillas, lo cual aumentaría la probabilidad de supervivencia de los propágulos (Augspurger, 1985; Poulin *et al.*, 1999), ya que son especies que suelen ser atacadas antes de la dispersión (Frankie *et al.*, 1974; Stiehl-Alves y Martins-Corder 2006).

Si bien los factores bióticos juegan un papel muy importante en la fenología reproductiva, el ambiente también influye en la fructificación, determinando las condiciones para el desarrollo y maduración de los frutos (Fenner, 1998). La intensidad de la producción de los frutos inmaduros en especies como *Bursera bipinnata* y *B. glabrifolia* se correlacionó positivamente con la precipitación, mientras que en *Leucaena esculenta*, *L. macrophylla* y

Guazuma ulmifolia la intensidad en los frutos maduros se correlacionó negativamente con la misma variable (Cuadro 12), ya que son especies que maduran en la temporada seca.

Por último, cabe mencionar que *Lysiloma acapulcense* y *Mimosa benthamii*, que mostraron inflorescencias entre marzo y junio, produjeron pocos frutos y con baja calidad (no desarrollados completamente). Esto puede deberse a que en abril de 2014 se registró una fuerte granizada que tuvo impactos negativos en la fructificación de muchas especies. En *Acacia pennatula* la producción de frutos también fue baja, además de que la mayoría de las semillas fueron depredadas por un coleóptero.

7.4 Viabilidad y germinación

Los alumnos mostraron un interés particular en las pruebas de viabilidad y de germinación, que probablemente fueron de los temas y actividades que recordaban mejor y les gustaron más (Figura 21). El probar varios tratamientos pregerminativos, e identificar a los más efectivos para tener una alta germinación en cada especie, es información que les puede ser útil en el futuro.

Las especies con mayores porcentajes de viabilidad fueron las leguminosas y *Bursera copallifera*, con más de 80 % de semillas viables. En *Bursera glabrifolia*, *B. fagaroides* y *B. bipinnata* se registraron porcentajes de viabilidad bajos, en la última hasta del 50 % (Figura 25). A pesar de estos resultados, sólo las dos especies de *Leucaena* tuvieron porcentajes de germinación promedio relativamente altos (50 %), y en el resto de las especies fueron bajos, especialmente en *Bursera glabrifolia* y *B. bipinnata*. Esto podría deberse a que la estimación de viabilidad por flotación puede tener un cierto margen de error y las semillas que se hunden pueden presentar un embrión, pero no necesariamente está bien desarrollado. También podría deberse a que las semillas de dichas especies necesitan un periodo de maduración post-dispersión (latencia fisiológica o por embrión inmaduro), o a que requieren de condiciones particulares de temperatura para germinar (Schmidt, 2000; Baskin y Baskin, 2014).

En las leguminosas *Leucaena macrophylla* y *L. esculenta* se obtuvieron porcentajes de germinación más altos con la escarificación térmica y mecánica (Cuadro 13). En diversos estudios realizados con leguminosas se han reportado resultados similares, registrando una mayor germinación con los tratamientos de escarificación mecánica, térmica o química (Godínez-Álvarez y Flores-Martínez, 1999; Tobón 2005), ya que las semillas de muchas de ellas presentan latencia física y sus testas, duras e impermeables, impiden la entrada de agua y el intercambio de gases (Harper, 1977; Hilje y Black, 1994; Schmidt, 2000; Baskin y Baskin, 2014). En *Leucaena leucocephala* se ha reportado un incremento de hasta 20 % en la germinación por la escarificación con agua caliente (González y Mendoza, 1995).

Solo en una leguminosa, *Eysenhardtia polystachya* los porcentajes de germinación fueron similares con los tres tratamientos (control, remojo y remojo + secado) en condiciones naturales (en la escuela) (Cuadro 13), pero en la cámara de germinación fueron mayores en el control y en el remojo + secado, sin diferencias entre ellos. A pesar de que no hay muchos estudios de germinación con esta especie, González y Camacho (2000) registraron porcentajes de entre 28 y 85 %, y Hernández-Cuevas *et al.* (2011) de 46 %, similares a los obtenidos en el presente estudio (42 - 50 %).

La germinación de *Guazuma ulmifolia* se incrementó con el remojo en agua caliente, seguido por inmersión en agua fría (Cuadro 13), tratamiento que favoreció la germinación debido a que es una especie con latencia física (Muñoz *et al.*, 2004).

Los porcentajes de germinación de las especies de *Bursera* fueron variables. En *B. fagaroides* la germinación fue mayor en el control en la cámara de germinación; por el contrario en *B. copallifera* se registró el mayor porcentaje (28 %) con el tratamiento de remojo en la escuela (condiciones naturales). En *Bursera glabrifolia* y *B. bipinnata* la germinación fue nula en dos tratamientos y en el control menor a 2 % (Cuadro 13). Los estudios de germinación de las especies de *Bursera* son limitados (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999) y los que se han realizado reportan una baja germinación (Andrés-Hernández y Espinosa-Organista, 2002). Bonfil y colaboradores (2008) reportaron una menor

germinación de semillas de *B. copallifera* sin tratar (15 %); la adición de citocininas aumentó la germinación, lo que podría ser un indicio de la presencia de latencia fisiológica. Por el contrario, en *B. glabrifolia* reportaron una germinación mucho más alta en el grupo control (63 %) que la registrada en este estudio. Los autores consideran que el incremento en la germinación a temperatura fluctuante (registrada en este caso en *Bursera fagaroides*), puede relacionarse con que las semillas permanecen en el suelo durante varios meses después de ser dispersadas, y la cámara de germinación podría simular estas condiciones.

8. CONCLUSIONES

- La percepción de los estudiantes de la telesecundaria es que los problemas ambientales más importantes de su comunidad son los incendios forestales y la contaminación.
- Las salidas de campo para realizar el registro fenológico y la elaboración de los fenogramas favorecieron que los estudiantes comprendieran su importancia e identificaran con mayor facilidad los periodos de producción de frutos de las especies de estudio. En las especies de *Bursera* se registró la presencia de frutos maduros entre septiembre y diciembre, con excepción de *B. fagaroides*. En las leguminosas y en *Guazuma ulmifolia* se presentaron a partir de enero, excepto en *Eysenhardtia polystachya*, que los presentó en octubre.
- Las estimaciones de viabilidad y las pruebas de germinación permitieron a los estudiantes identificar a las especies con mayores porcentajes de semillas vivas y los tratamientos pre-germinativos más efectivos para cada especie. La germinación de las especies del género *Bursera* fue en general baja o nula, con excepción de *Bursera fagaroides*. En las leguminosas y en *Guazuma ulmifolia* se incrementó con el remojo o lijado, excepto en *Eysenhardtia polystachya*.
- Aunque algunos alumnos participaron en las entrevistas con sus padres o familiares para recuperar el conocimiento tradicional, la mayoría no mostró mucho interés en interactuar con las personas mayores. Los usos tradicionales de las especies de estudio más frecuentes y que persisten en la comunidad son el comestible y el medicinal.
- Las actividades realizadas en los talleres aumentaron la participación de los alumnos y su capacidad de obtener, procesar, presentar y comunicar información relevante. Las discusiones en torno a los resultados obtenidos en las diversas prácticas favorecieron su capacidad de reflexión.
- Es necesario promover actividades orientadas a la igualdad de género al interior de la secundaria, que fortalezcan la confianza de las mujeres, ya que su conocimiento de la naturaleza y su participación fueron menores que las de los hombres.

9. LITERATURA CITADA

- Aguilar, B.S. 1995. Ecología del Estado de Morelos. Un enfoque geográfico. Editorial Praxis, Cuernavaca, México.
- Aguirre, A. 2010. Desarrollo económico exitoso de una comunidad indígena basado en la actividad forestal. En: Sabogal, C., J. Casaza y N. González. (Comps.). Casos ejemplares de manejo forestal sostenible en América Latina y el Caribe, pp. 226-228. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Castilla y León, España.
- Alonso, J. 1992. Motivar en la adolescencia: Teoría, evaluación e intervención. Servicio de publicaciones de la Universidad Autónoma. Madrid, España.
- Álvarez-Gayou, J.L. 2003. Cómo hacer investigación cualitativa, fundamentos y metodología. Colección Paidós Educador México: Paidós Mexicana, México, D.F., México.
- Amante, M. 2006. Conocimientos y percepciones de niños y niñas de doce comunidades rurales aledañas a la reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México. Tesis de Maestría en Ciencias de la Educación Ambiental. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Guadalajara, México.
- Andelman, M. 2003. La comunicación ambiental en la planificación participativa de las políticas para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica. *Tópicos en Educación Ambiental* 3: 49-57.
- Anderson, S. 1999. Centros de investigación e investigación participativa: temas de discusión e implicaciones para un caso en México. En: Blauert, J. y S. Zadek. (Coords.). Mediación para la sustentabilidad. Construyendo políticas desde las bases, pp. 91-115. Plaza y Valdés/CIESAS/IDS. México D.F., México.
- Andrés-Hernández, A., y D. Espinoza-Organista. 2002. Morfología de plántulas de *Bursera Jacq ex L.* (Burseraceae) y sus implicaciones filogenéticas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 70: 5-12.

- Arias-Toledo, B., S. Colantonio y L. Galetto. 2007. Knowledge and use of edible and medicinal plants in two populations from the Chaco forest, Córdoba Province, Argentine. *Journal of Ethnobiology* 27: 218-232.
- Arias-Toledo, B., C. Trillo y M. Grilli. 2010. Uso de plantas medicinales en relación al estado de conservación del bosque en Córdoba, Argentina. *Ecología Austral* 20: 235-246.
- Arizpe, L. y M. Velázquez. 1993. Cultura y cambio climático global: percepciones sociales sobre la deforestación en la selva lacandona. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-Porrúa, México, D.F., México.
- Armijo, N., L. Durán y Ma. A. Bocanegra. 2011. Educación ambiental. En: Pozo, C. y S. Calmé. (Eds.). Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación, pp. 258-271. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México D.F., México.
- Arrache, M.V. 2003. Principales aportes de una investigación en educación ambiental realizada en el ámbito rural. *Tópicos en Educación Ambiental* 5: 31-42.
- Arroyo, M.D. 2010. Las actividades físicas en el medio natural como recurso educativo. *Autodidacta. Revista electrónica de la educación en Extremadura* 6: 170-179.
- Augspurger, C.K. 1983. Phenology, flowering synchrony, and fruit set of six neotropical shrubs. *Biotropica* 257-267.
- Baldi, G. y E. García. 2006. Una aproximación a la psicología ambiental. *Fundamentos en Humanidades, Universidad Nacional de San Luis* 1: 157-168.
- Baskin, C.C. y J.M. Baskin. 2014. Seeds. Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. 2da. ed. Academic Press, San Diego, E.U.A.
- Bausela, E. s.f. La docencia a través de la Investigación-Acción. *Revista Iberoamericana de Educación*. Disponible en línea: <http://rieoei.org/deloslectores/682Bausela.PDF>
- Begossi, A., N. Hanazaki y J.Y. Tamashiro. 2002. Medicinal plants in the Atlantic Forest (Brazil): knowledge, use, and conservation. *Human Ecology* 30: 281-299.

- Benz, B.F., J. Cevallos, F. Santana, J. Rosales. 2000. Losing knowledge about plant use in the Sierra de Manantlan biosphere reserve, Mexico. *Economic Botany* 54: 183-191.
- Berkes, F., J. Colding y C. Folke. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications* 10: 1251-1262.
- Betancourt, P.A. 2006. De la conservación "desde arriba" a la conservación "desde abajo". El interés supranacional en los saberes indígenas sobre la Ecología. Proyecto CeALCI, México D.F., México.
- Bonder. G. 1994. Mujer y educación en América Latina: hacia la igualdad de oportunidades. *Revista iberoamericana de Educación* 6: 9-48.
- Bonfil, C., I. Cajero-Lázaro y R.Y. Evans. 2008. Germinación de semillas de seis especies de *Bursera* del centro de México. *Agrociencia* 42: 827-834.
- Bonfil C. e I. Trejo. 2010. Plant propagation and the ecological restoration of Mexican tropical deciduous forests. *Ecological Restoration* 28: 369-376.
- Bonilla-Barbosa, J.R. y J.L.V. Ríos. 2003. Catálogo de la flora del estado de Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Investigaciones Biológicas, Cuernavaca, México.
- Borchert, R. 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology* 75: 1437-1449.
- Borchert, R., S.A. Meyer, R.S. Felger y L. Porter-Bolland. 2004. Environmental control of flowering periodicity in Costa Rican and Mexican tropical dry forests. *Global Ecology and Biogeography* 13: 409-429.
- Borchert, R. y G. Rivera. 2001. Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem-succulent trees. *Tree Physiology* 21: 213-221.
- Branko, H. J. Calvo-Alvarado, C. Jiménez-Rodríguez y A. Sánchez-Azofeifa. 2015. Tree species composition, breeding systems, and pollination and dispersal syndromes in three forest successional stages in a tropical dry forest in Mesoamerica. *Tropical Conservation Science* 8: 76-94.

- Bullock, S.H. y J.A. Solis-Magallanes. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica* 22-35.
- Caballero, J. y L. Cortés. 2001. Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. Plantas, cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas de los albores del siglo XXI, pp. 79-100. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa y Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, D.F., México.
- Candelo, C., G.A. Ortiz y B. Unger. 2003. Hacer talleres: una guía para capacitadores. Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), Cali, Colombia.
- Cantrell, D.C. 1996. Paradigmas alternativos para la investigación en educación ambiental: la perspectiva interpretativa. Paradigmas alternativos de investigación en educación ambiental. Universidad de Guadalajara, SEMARNAT, Guadalajara, México.
- Cappiello, J. 2010. Adquisición, transmisión y socialización de los saberes tradicionales asociados a las plantas medicinales en Amatlán de Quetzalcóatl, Morelos, México. El caso de la clínica de medicina tradicional "Atekokolli". Tesis de Maestría. Museo Nacional de Historia Natural, París, Francia.
- Carr, W. y S. Kemmis. 1988. Teoría crítica de la enseñanza: la investigación-acción en la formación del profesorado. Barcelona, España.
- Carrero, A. y M. García. 2008. Programa educativo ambiental para las poblaciones de la zona costera del Estado Miranda, Venezuela. *Revista de Investigación* 63: 125-152.
- Cartró-Sabaté, M.M. 2011. Estudio comparativo de conocimientos y percepciones ambientales sobre la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an entre estudiantes de primaria de comunidades maya, México. Memoria del Proyecto de Final de Carrera, Licenciatura en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Castillo, A. 2000. Communication and utilization of science in developing countries. The case of Mexican ecology. *Science Communication* 22: 46-72.

- Castillo, A. 2003. Comunicación para el manejo de ecosistemas. *Tópicos en Educación Ambiental* 3: 58-71.
- Castillo, A. 2005. Comunicación para la restauración: perspectivas de los actores e intervenciones con y por medio de las personas. En: Sánchez, O., R. Peters, R. Márquez, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y D. Azuara. (Eds.). Temas sobre restauración ecológica, pp. 67-75. Instituto Nacional de Ecología, México, D. F., México.
- Castillo, A. 2006. Generación, comunicación y utilización de conocimiento científico para el manejo de los ecosistemas en México. En: Oyama, K. y A. Castillo. (Coords.). Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México, pp. 341-362. Siglo XXI, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México.
- Castillo, A. y E. González-Gaudiano. 2009. La educación ambiental para el manejo de ecosistemas: el papel de la investigación científica en la construcción de una nueva vertiente educativa. En: Castillo, A. y E. González-Gaudiano. Educación ambiental y manejo de ecosistemas en México, pp. 9-34. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México.
- Castillo, A. y E. González-Gaudiano. 2010. Educación ambiental y manejo de ecosistemas en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F., México.
- Cayetano, H. 2014. Avifauna de Quetzalcóatl, Tepoztlán, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Estado de México, México.
- Collins, S.L., S.M. Swington, C.W. Anderson, T. Gragson, N.B. Grimm, M. Grove, A.K. Knapp, G. Kofinas, J. Magnuson, B. McDowell, J. Melack, J. Moore, L. Ogden, O.J. Reichman, G.P. Robertson, M.D. Smith y A. Whitmer. 2007. Integrative science for society and environment: a strategic research initiative. Disponible en línea: https://www.researchgate.net/profile/Scott_Collins/publication/237584660_Integrative_Science_for_Society_and_Environment_A_Strategic_Research_Initiative_Developed

by_the_Research_Initiatives_Subcommittee_of_the_LTER_Planning_Process_Conference_Committee_and_the_Cyberinfrastructure_Core_Team/links/00b49528c1150c0035000000.pdf

CONABIO y UAEM. 2004. La diversidad biológica en Morelos: estudio del estado. Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás y F. Jaramillo. (Eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, México.

CONAFOR, Comisión Nacional Forestal. 2013. Disponible en línea: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/1/1553Viveros%20comunitarios.pdf>

CONAPO, Consejo Nacional de Población. 2010. Índice de marginación por localidad. Disponible en línea: www.conapo.gob.mx/ (Consultado en abril, 2014).

Cornelissen, J.H.C., S. Lavorel, E. Garnier, S. Díaz, N. Buchmann, D. Gurvich, P.B. Reich, H. ter Steege, H.D. Morgan, M.G.A. van der Heijden, J.G. Pausas y H. Poorter. 2003. A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51: 335-380.

Corona, B.M. 2003. Género, sustentabilidad y empoderamiento en proyectos ecoturísticos de mujeres indígenas. *La Ventana* 17: 187-217.

Davies, T.J., E.M. Wolkovich, N.J. Kraft, J.M. Allen, T.R. Ault, J.L. Betancourt, K. Bolmgren, E.E. Cleland, B.I. Cook, T.M. Crimmins, S.J. Mazer, G.J. McCabe, S. Pau, J. Regetz, M.D. Schwartz y S.E. Travers. 2013. Phylogenetic conservatism in plant phenology. *Journal of Ecology* 101: 1520-1530.

De Shutter. 1983. Investigación participativa: una opción metodológica para la educación de adultos. Centro Regional de Educación de Adultos y Alfabetización Funcional para América Latina (CREFAL), Pátzcuaro, México.

Del Río, G., E. Hernández, A.M. Muñiz y G. Sánchez. 2003. Participación y organización comunitaria, un requisito indispensable en la conservación de los recursos naturales.

- El caso de los ecosistemas de montaña. En: Sánchez O. (Ed.). Conservación de los ecosistemas templados de montaña en México, pp. 259-280. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México, D.F., México.
- DRCEN, Dirección Regional Centro y Eje Neovolcánico. 2008. Anteproyecto de Manejo Parque Nacional El Tepozteco. Disponible en línea: <http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/Anteproyecto16may08.pdf>
- Drew, J.A. 2005. Use of traditional ecological knowledge in marine conservation. *Conservation Biology* 19: 1286-1293.
- Drury R., K. Homewood y S. Randall. 2011. Less is more: the potential of qualitative approaches in conservation research. *Animal Conservation* 14: 18-24.
- Escalas, M.T. y N. Güell. 2005. Evaluación participativa del 8° Congreso de la Red Internacional Public Communication of Science and Technology (PCST-8). *Quark: Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura* 35: 79-90.
- Espejo-Serna, A., J. García Cruz, A.R. López Ferrari, R. Jiménez Machorro y L. Sánchez Saldaña. 2002. Orquídeas del Estado de Morelos. *Orquídea* 6-8.
- Esteva J. y J. Reyes. 2003. Manual del promotor y educador ambiental para el desarrollo sustentable. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México, D.F., México.
- Evans M.C.F. y M.B.F. Ollivier. 2011. Escuelas que construyen contextos para el aprendizaje y la convivencia democrática. XI Congreso Nacional de Investigación Educativa/ 17. Convivencia, disciplina y violencia en las escuelas. Ponencia. Disponible en línea: http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v11/docs/area_17/2346.pdf
- Fenner, M. 1998. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1: 78-91.
- Fischer, J., T.A. Gardner, E.M. Bennett, P. Balvanera, R. Biggs, S. Carpenter, T. Daw, C. Folke, R. Hill, T.P. Hughes, T. Luthe, M. Maass, M. Meacham, A.V. Norström, G. Peterson, C. Queiroz, R. Seppelt, M Spierenburg y J. Tenhunen. 2015. Advancing sustainability

- through mainstreaming a social-ecological systems perspective. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14: 144-149.
- Fournier, O. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24: 422-423.
- Fournier, O. y C. Charpantier. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba* 25-45.
- Frankie, G.W., H.G. Baker y P.A. Opler. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62: 881-919.
- Freitas, L. y K. Bolmgren. 2008. Synchrony is more than overlap: measuring phenological synchronization considering time length and intensity. *Brazilian Journal of Botany* 31: 721-724.
- Fries, C. 1960. Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México. *Boletín del Instituto de Geología* 60: 108-113.
- Gardner, T.A., J. Barlow, R. Chazdon, R.M. Ewers, C.A. Harvey, C.A. Peres y N.S. Sodhi. 2009. Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. *Ecology Letters* 12: 561-582.
- Garro, L.C. 1986. Intracultural variation in folk medicinal knowledge: a comparison between groups. *American Anthropologist* 88: 351-370.
- Godínez-Álvarez, H. y A. Flores-Martínez. 1999. Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: su utilidad para la restauración ecológica. *Polibotánica* 11:1-19.
- Gómez, S.L. e I. Chong. 1985. Conocimientos y usos medicinales de la flora de Amatlán, mpio. de Tepoztlán, Morelos. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México.

- González, K.V. y M.F. Camacho. 2000. Test on growing media for *Eysenhardtia polystachya*, a promising species for planting on degraded areas of Mexico. *Seed Science Technology* 28: 271-275.
- González, Y. y F. Mendoza. 1995. Efecto del agua caliente en la germinación de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos y Forrajes* 18: 59.
- González-Gaudiano, E.J. y E.J.G. Gaudiano. 1993. Elementos estratégicos para el desarrollo de la educación ambiental en México. Secretaría de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología. México, D.F., México.
- Grumbine, R.E. 1994. What is ecosystem management? *Conservation Biology* 8: 27-38.
- Guerrero, A.B. 2002. Los problemas ambientales del estado de Morelos: la educación como parte de la solución. *Gaceta Ecológica* 61: 47-60.
- Hagman, E.L. 2015. Conservación biocultural del maíz nativo en Amatlán de Quetzalcóatl. Morelos. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México.
- Harper, J.L. 1977. Population Biology of Plants. Academic Press, Londres, Inglaterra.
- Hernández-Cuevas, L., G. Santiago-Martínez y P. Cuatlal-Cuahutencos. 2011. Propagación y micorrización de plantas nativas con potencial para restauración de suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2: 87-96.
- Herrerías-Diego, Y.V.O.N.N.E, M. Quesada, K.E. Stoner y J.A. Lobo. 2006. Effects of forest fragmentation on phenological patterns and reproductive success of the tropical dry forest tree *Ceiba aesculifolia*. *Conservation Biology* 20: 1111-1120.
- Hilje, J. D. y M. Black. 1994. Seeds. Physiology of development and germination. Plenum Press, Londres.
- Hinckley, T. M., H.A.N.N.O. Richter y P.J. Schulte. 1991. Water relations. Physiology of trees. Wiley, Nueva York, E.U.A.
- Howe, H.F. y J. Smallwood. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 201-228.

- INE, Instituto Nacional de Ecología. 2013. Disponible en línea: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/344/educac.html>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tepoztlán, Morelos. Clave geoestadística 17020.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2010. http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2016. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mor/default.aspx?tema=me&>
- Jardel, E. J., M. Maass, A. Castillo, R. García-Barrios, L. Porter, J. Sosa y A. Burgos. 2008. Manejo de ecosistemas e investigación a largo plazo. *Ciencia y Desarrollo* 34: 31-37.
- Justiniano, M.J. y T.S. Fredericksen. 2000. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. *Biotropica* 32: 276-281.
- Klooster, D. y O. Masera. 2000. Community forest management in Mexico: carbon mitigation and biodiversity conservation through rural development. *Global Environmental Change* 10: 259-272.
- Lazos, E. y L. Paré. 2000. Miradas indígenas sobre una naturaleza entristecida: percepciones del deterioro ambiental entre nahuas del sur de Veracruz. Plaza y Valdés, México, D.F., México.
- Lobo, J.A., M. Quesada, K.E. Stoner, E.J. Fuchs, Y. Herrerías-Diego, J. Rojas y G. Saborío. 2003. Factors affecting phenological patterns of bombacaceous trees in seasonal forests in Costa Rica and Mexico. *American Journal of Botany* 90: 1054-1063.
- López-Carapia, G. 2015. Evaluación de materiales y actividades de educación ambiental en la zona aledaña a la Estación de Biología Chamela UNAM. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Morelia, México.

- Lugo, A.E. y P.G. Murphy. 1986. Nutrient dynamics of a Puerto Rican subtropical dry forest. *Journal of Tropical Ecology* 2: 55-72.
- Luna-Nieves, A.L. 2011. Identificación, selección y aprovechamiento de árboles semilleros en áreas de conservación comunitaria en el municipio de Churumuco, Michoacán, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, México.
- Maass, J.M. 2012. El manejo sustentable de socioecosistemas. *Cambio climático y políticas de desarrollo sustentable. Análisis Estratégico para el Desarrollo* 14.
- Macedo, B. y C. Salgado. 2007. Educación ambiental y educación para el desarrollo sostenible en América Latina. Forum de Sostenibilidad. OREALC/UNESCO. Disponible en línea:
http://www.mma.gov.br/port/sdi/ea/deds/arqs/beatrizmacedo_vibero.pdf
- Maldonado, A.F. 2014. Fenología foliar y reproductiva de la comunidad arbórea del bosque tropical caducifolio en Nizanda, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México.
- Maneja, R., M. Boada, N. Barrera-Bassols y M.K. McCall. 2007. Interpretación de las percepciones socioambientales infantiles y adolescentes: propuestas de implementación a escala local y regional, la Huacana, Michoacán, México. En: *Comunicação apresentada no V Congresso Europeo de Latinoamericanistas: Las relaciones triangulares entre Europa y las Américas en el siglo XXI: expectativas y desafío*. Bruselas, Bélgica.
- Maya, A. 2007. Taller educativo: ¿Qué es? Fundamentos, cómo organizarlo y dirigirlo, cómo evaluarlo. 2da ed. Cooperativa Editorial Magisterio. Bogotá, D.C., Colombia.
- MEA (Millenium Ecosystem Assessment). 2003. Millennium Ecosystem Assessment (MA): strengthening capacity to manage ecosystems sustainably for human well-being. Island Press, Washington, D. C., E.U.A.
- Medellín-Milán, P. y L.M. Nieto-Caraveo. 2000. La producción de conocimiento sobre la sostenibilidad: tópicos emergentes. En: Bravo-Mercado, M.T. (Coord.). *La educación*

- superior ante los desafíos de la sustentabilidad, pp. 77-78. ANUIES-SEMARNAP, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México.
- Mejía-Gutiérrez, M. 1988. Fenología: fundamentos y métodos. En: Treviño-Díaz, T. y N. Jara. (Eds.). Memorias. Seminario-Taller sobre investigaciones en semillas forestales tropicales, pp. 65-79. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, Bogotá, Colombia.
- Morellato, L.P.C., L.F. Alberti e I.L. Hudson. 2010. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. En: Hudson, I.L. y M.R. Keatley. (Eds.). Phenological research: methods for environmental and climate change analysis, pp. 339-359. Springer Science & Business Media, Londres, Inglaterra.
- Moreno-Casasola, P. 2006. La educación ambiental como un instrumento hacia la creación de un desarrollo costero sustentable. En: Oyama, K. y A. Castillo. (Coords.). Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México, pp. 35-70. Siglo XXI editores. México, D.F., México.
- Moreno-Casasola, P. y K. Paradowska. 2009. Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. *Madera y Bosques* 15: 21-44.
- Muñoz, B.C., J.A. Sánchez y W. Almaguer. 2004. Germinación, dormancia y longevidad potencial de las semillas de *Guazuma ulmifolia*. *Pastos y Forrajes* 27: 1-8.
- Murillo, F. 2010. Investigación Acción. Métodos de Investigación en Educación Especial. Disponible en línea:
https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Curso_10/Inv_accion_trabajo.pdf
- Naiman, R.J. 1999. A perspective on interdisciplinary science. *Ecosystems* 2: 292-295.
- Newstrom, L.E., G.W. Frankie y H.G. Baker. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26: 141-159.

- Novo, M. 1995. La educación ambiental: bases éticas, conceptuales y metodológicas. Editorial Universitaria, S.A., Madrid, España.
- Novo, M. 1996. La educación ambiental formal y no informal: dos sistemas complementarios. *Revista Iberoamericana de Educación* 11: 75-102.
- Nunes, Y.R.F., G.R da Luz y L. de Lima Braga. 2012. Phenology of tree species populations in Tropical Dry Forests of Southeastern Brazil. INTECH Open Access Publisher. Disponible en línea: http://cdn.intechopen.com/pdfs/32927/InTech-Phenology_of_tree_species_populations_in_tropical_dry_forests_of_southeastern_brazil.pdf
- Ochoa-Gaona, S., I. Pérez Hernández y B.H. de Jong. 2008. Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical* 56: 657-673.
- Palacio-Prieto, J.L., G. Bocco. A. Velázquez, J.F. Mas, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. Palma Muñoz, I. Trejo-Vázquez, A. Peralta Higuera, J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González Medrano. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Nacional Forestal. *Investigaciones Geográficas* 43: 183-203.
- Paz, F. y L. Cuevas. 2006. Las áreas naturales protegidas del norte de Morelos: parque nacional "Lagunas de Zempoala", parque nacional "El Tepozteco", corredor biológico Chichinautzin. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM, México, D.F., México.
- Pérez-Gómez, A., E. Soto, M. Sola y M.J. Serván. 2009. Aprender cómo aprender. Autonomía y responsabilidad: el aprendizaje de los estudiantes. Junta de Andalucía, Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, Córdoba, Argentina.
- Poulin, B., S.J. Wright, G. Lefebvre y O. Calderón. 1999. Interspecific synchrony and asynchrony in the fruiting phenologies of congeneric bird-dispersed plants in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 15: 213-227.

- Pregernig, M. 2006. Transdisciplinarity viewed from afar: science-policy assessments as forums for the creation of transdisciplinary knowledge. *Science and Public Policy* 33: 445-455.
- Reyes, J. 2006a. Estrategia de educación ambiental para la sustentabilidad en México. Centro de Estudios Sociales y Ecológicos, A.C., Morelia, México.
- Reyes, J. 2006b. La participación social en la investigación de problemas ambientales. En: Oyama, K. y A. Castillo. (Eds.). Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México: perspectivas desde la investigación científica, pp. 43-63. Siglo XXI Editores, Centro de investigaciones en Ecosistemas, UNAM, México, D.F., México.
- Reyes-García, V. 2000. Conocimiento ecológico tradicional para la conservación: dinámicas y conflictos. *Revista Papeles* 107: 37-55.
- Rivarosa, A. y F.J.P. Palacios. 2006. La resolución de problemas ambientales en la escuela y en la formación inicial de maestros. *Revista Iberoamericana de Educación* 11-124.
- Roldán, S.C. 2012. Actitudes ambientales de los estudiantes de secundaria en Baja California: características personales y académicas asociadas. Tesis de Maestría en Ciencias Educativas. Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México.
- Ruiz-Mallén, I. 2005. El proceso de formación ambiental en la comunidad Indígena de San Juan Nuevo: una visión desde los jóvenes. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia, México.
- Ruiz-Mallén, I., L. Barraza y M.P. Ceja-Adame. 2009. La educación para la sustentabilidad: análisis y perspectiva a partir de la experiencia de dos sistemas de bachillerato en comunidades rurales mexicanas. *El Periplo Sustentable* 139-167.
- Ruvalcaba, S.G., E.J.J. Peláez, S.H.G. Montero, E.S. Castellón, L.M.M. Rivera y G.P. Carrillo. 2010. Educación ambiental y manejo de ecosistemas en la región de la Sierra de

- Manantlán, Jalisco. En: Castillo, A y E. González-Gaudiano. (Eds.). Educación ambiental y manejo de ecosistemas en México, pp. 71-102. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México, D.F., México.
- Salinas-Peba, L.H. 2013. Efecto del suplemento de nutrientes sobre la fenología reproductiva, la sobrevivencia y el crecimiento de plántulas de árboles dominantes en selvas secas de Yucatán, México. Tesis de Doctorado. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Mérida, México.
- Santos-Márquez, J. 1995. Fiestas religiosas y mayordomías en Tepoztlán como signos de identidad sociocultural. Tesina. División de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F., México.
- Sampieri, H., R.F. Collado y C.B.P. Lucio. 2006. Metodología de investigación. 4ta ed. McGraw-Hill Interamericana, México, D.F., México.
- Sauvé, L. 1999. La educación ambiental entre la modernidad y la posmodernidad: en busca de un marco educativo integrador. *Tópicos de Educación Ambiental* 1: 7-25.
- Sauvé, L. 2005. Una cartografía de corrientes en educación ambiental. En: Sato, M. e I. Carvalho (Eds.). *A pesquisa em Educação Ambiental: Cartografias de uma Identidade Narrativa em Formação*. Puerto Alegre, Brasil.
- Schmidt, L. 2000. Guide to handling of tropical and subtropical forest seeds. Danida Forest Seed Centre, Humlebaek, Dinamarca.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable de Morelos. Disponible en línea: <http://sustentable.morelos.gob.mx/categoria/temas/cr/financiamiento-anexo-30>, (Consultado en julio, 2015).
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2006. Estrategia de educación ambiental para la sustentabilidad en México. Disponible en línea: http://www.ucol.mx/personalacademico/ainea/documentos/Estrategia_Educacion_Ambiental_Sustentabilidad_SEMARNAT.pdf

- SEP, Secretaría de Educación Pública. 2006. Plan de Estudios de Educación Secundaria.
Disponible en línea:
http://www2.sepdf.gob.mx/info_dgef/archivos/planestudios2006.pdf
- Solano, D. 2001. Comunicación y generación de conciencia ambiental. *Tópicos en Educación Ambiental* 3: 52-57.
- Stiehl-Alves, E.M. y M.P. Martins-Corder. 2006. *Acacia mearnsii* De Wild. (Fabaceae) reproductive biology II: flowering and fructification phenology. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 6: 144-150.
- Taracena, V. 2015. Análisis de la depredación pre-dispersión de bellotas en dos especies de *Quercus* (Fagaceae) del bosque tropical seco en Amatlán, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México.
- Taylor, S. y R. Bogdan. 1987. Introducción a la metodología cualitativa de investigación. Ediciones Paidós Ibérica. Barcelona, España.
- Tobón, W. 2005. Evaluación del crecimiento y establecimiento de plántulas de *Conzattia multiflora* para la restauración de las selvas bajas de Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México.
- Toro, I.J y R.D. Parra. 2006. Método y conocimiento: metodología de la investigación cualitativa/ investigación cuantitativa. Fondo Editorial Universidad Eafit. Colombia.
- Tregigda, H. y M.J. Milne. 2006. From sustainable management to sustainable development: a longitudinal analysis of a leading New Zealand environmental reporter. *Business Strategy and the Environment* 15: 219-241.
- Trejo I. y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94: 133-142.
- Tréllez, E. s.f. La formación ambiental comunitaria: una propuesta participativa. Disponible en línea: <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/aea/descargas/trellez04.pdf>

- Tréllez, E. 2004. Manual guía para educadores. Educación ambiental y conservación de la biodiversidad en los procesos educativos. Centro de Estudios para el Desarrollo. Convenio de Cooperación Técnica. Programa de Educación Ambiental, Chile.
- Tréllez, E. y C. Quiroz. 1995. Formación ambiental participativa. Una propuesta para América Latina. CALEIDOS/OEA. Lima, Perú.
- Turner, N.J., M.B. Ignace y R. Ignace. 2000. Traditional ecological knowledge and wisdom of aboriginal peoples in British Columbia. *Ecological Applications* 10: 1275-1287.
- Valdez-Hernández, M., J.L. Andrade, P.C. Jackson y M. Rebolledo-Vieyra. 2010. Phenology of five tree species of a tropical dry forest in Yucatan, Mexico: effects of environmental and physiological factors. *Plant and Soil* 329: 155-171
- Vega-Guzmán, A., J. López-García, M. Delgado y L. de Lourdes. 2008. Análisis espectral y visual de vegetación y uso del suelo con imágenes Landsat ETM+ con apoyo de fotografías aéreas digitales en el Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. *Investigaciones Geográficas* 67: 59-75.
- Villasana, A. y A. Roberto y A. Suárez de Giménez. 1997. Estudio fenológico de dieciséis especies forestales presentes en la Reserva Forestal IMATACA, Edo. Bolívar-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 41: 13-21.
- Williams-Linera, G. y J.A. Meave. 2002. Patrones fenológicos. En: Guariguata, M.R. y G.H. Catán. (Eds.). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*, pp. 407-431. Libro Universitario Regional, Catargo, Costa Rica.
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis-Muñoz, M. I. Alcocer-Silva, M. Gual-Díaz, y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Zar. J. 2010. *Biostatistical analysis*. 5ta ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, E.U.A.

10. ANEXOS

Anexo 1. Entrevista para la recuperación del conocimiento tradicional

Nombre: _____ Fecha: _____

Sexo: Edad: Escolaridad:

¿Cuál es su ocupación?

¿Usted es originario de aquí? Sí () No ()

Comenzaremos con una parte en la que le mostraré algunas ramas de plantas que he colectado y algunas fotos para saber si usted conoce los árboles, si los ha usado, cómo los ha usado, entre otras preguntas.

Ejemplo: Guaje blanco

¿Lo conoce? ¿Cómo le llaman aquí? ¿Lo ha utilizado, para qué? ¿Con qué frecuencia? ¿Lo encuentra fácilmente? ¿Le da algún cuidado a los árboles a la hora de usarlos? ¿Sabe sembrarlo, cómo le hace? ¿Ha visto en qué meses ha floreado / fructificado / o producido hojas? ¿Ha visto si se lo come el ganado, o algún animalito de la región?

¿Utiliza algún otro árbol que no esté incluido en los que le mostré? Si responde sí, hacer las preguntas anteriores.

De la lista de árboles que revisamos ¿cuáles elegiría usted para plantarlos durante las reforestaciones? ¿Por qué? ¿Qué beneficios y qué problemas tendrían?

¿Le gustaría tener uno de estos árboles en su patio? ¿por qué?

¿Qué árboles le gustaría que se sembraran en el vivero y por qué?

¿Hay niños de su familia en la telesecundaria? ¿Qué piensa de que participaran en un taller para propagar algunas plantas importantes de la región? ¿Usted cree que deberían aprender a trabajar en el vivero para que sepan propagar plantas?

Anexo 2. Métodos y resultados de la caracterización de la vegetación de un parche de bosque tropical seco de Amatlán, Morelos

Por medio de imágenes satelitales (Google Earth) y caminatas se identificaron algunos parches de bosque tropical seco relativamente conservados, o bosques secundarios bien desarrollados. Se seleccionó uno de ellos, en el cual se establecieron diez cuadros de 10 * 10 m en los que se muestrearon todas las plantas leñosas con un diámetro a la altura del pecho (DAP) > 2.5 cm. Las variables registradas en cada individuo fueron las siguientes:

- DAP. Se midió el diámetro del tronco (a una altura de 1.3 m desde la base) con una cinta diamétrica. Si el tronco se ramificaba por debajo de 1.3 m, se midieron todas las ramas a la altura del pecho.
- Altura. Se midió con un flexómetro cada individuo desde la base del tronco hasta la punta de la rama más alta.
- Cobertura de la copa. Se midieron dos diámetros de la copa: uno orientación norte-sur y otro perpendicular a éste que pasara por su punto medio. Se estimó la cobertura de la copa con la fórmula de una elipse:

$$A = (\pi) \left(\frac{D_1}{2}\right) \left(\frac{D_2}{2}\right) \quad \text{donde } D_1 \text{ y } D_2 \text{ son los diámetros de la copa registrados en campo.}$$

- Identidad taxonómica. Se recolectaron ejemplares botánicos de cada especie para su posterior identificación, así como para integrarlas a un microherbario de la vegetación de Amatlán.

Adicionalmente en cada cuadro se midió la altitud con un altímetro, las coordenadas geográficas con un GPS (marca GARMIN) y la orientación con una brújula.

Con los datos obtenidos de la vegetación se estimó la abundancia relativa:

$$A_i = \frac{n}{N} (100) \quad \text{donde } n \text{ es el número de individuos de la especie } i \text{ y } N \text{ el número total de individuos.}$$

Listado y abundancia relativa (AR) de las especies arbóreas registradas en el estudio de vegetación del BTS de Amatlán, Morelos. Las especies de estudio se remarcan en negritas.

Familia	Especie	No. ind.	AR	Familia	Especie	No. ind.	AR
Leguminosae	<i>Lonchocarpus obovatus</i> Benth.	38	16.5	Meliaceae	<i>Trichilia hirta</i> L.	4	1.7
Lamiaceae	<i>Salvia sessei</i> Benth.	22	9.6	Asteraceae	<i>Montanoa frutescens</i> Mairet ex DC.	4	1.7
Leguminosae	<i>Mimosa benthamii</i> J.F.Macbr.	16	7	Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.	4	1.7
Convolvulaceae	<i>Ipomoea pauciflora</i> M. Martend & Galeotti	15	6.5	Leguminosae	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	4	1.7
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	14	6.1	Apocynaceae	<i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) K. Schum.	4	1.7
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> L.	12	5.2	Leguminosae	<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	3	1.3
Malvaceae	<i>Heliocarpus terebinthinaceus</i> (DC.) Hochr.	11	4.8	Burseraceae	<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	3	1.3
Leguminosae	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	11	4.8	Oleaceae	1	3	1.3
Asteraceae	<i>Perymenium mendezii</i> DC.	10	4.3	Leguminosae	<i>Leucaena esculenta</i> (DC.) Benth.	2	0.9
Leguminosae	<i>Leucaena macrophylla</i> Benth.	10	4.3	Bignoniaceae	1	1	0.4
Malpighiaceae	<i>Malpighia</i> sp.	9	3.9	Lamiaceae	<i>Vitex mollis</i> Kunth	1	0.4
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	7	3.0	Leguminosae	<i>Acacia picachensis</i> Brandege	1	0.4
Leguminosae	<i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Benth.	7	3.0	Burseraceae	<i>Bursera copallifera</i> (Sessé & Moc. Ex DC.) Bullock	1	0.4
Asteraceae	<i>Baccharis</i> sp.	6	2.6	Burseraceae	<i>Bursera glabrifolia</i> (Kunth) Engl.	1	0.4
Asteraceae	<i>Viguiera</i> sp.	5	2.2	No identificada	1	1	0.4

Anexo 3. Cuestionarios para conocer la percepción de estudiantes y profesoras respecto a los talleres de educación ambiental

- Guión del cuestionario aplicado a los alumnos

Sexo: H () M () Edad ____años

¿Te gustaron los talleres que hicimos? Sí o NO

¿Cuáles recuerdas?

¿Cuál te gustó más y por qué?

¿Cuál no te gustó mucho y por qué?

De las cosas que aprendiste en los talleres ¿crees que algunas te sirvan o sirvan a la comunidad? ¿Cuáles y por qué?

¿Haces recorridos por el campo con algún familiar?, ¿Cada cuándo lo haces? ¿Qué es lo que más te gusta de ir?

¿Le platicaste a tus papás o hermanos sobre lo que aprendiste en los talleres? Si es así, ¿qué les contaste?

- Guión entrevista aplicado a las profesoras

Nombre_____ Edad_____

Años de laborar como profesora de secundaria_____

Grado del que imparte clases actualmente:_____

¿Estuvo presente en los talleres realizados? ¿En cuántos y cuáles?

¿Qué opina de los talleres? ¿Cuál le gustó más? ¿Cuál cree que fue más útil para los alumnos?

¿Observó algunos cambios en los alumnos debido a su participación en los talleres? Explique brevemente

¿Cuáles de los temas tratados en los talleres reforzó un tema de la materia de biología o de otras materias?

¿Cree que la actitud de los alumnos respecto al cuidado ambiental o a la percepción de la naturaleza de su comunidad cambió con los talleres realizados? Explique

Describa brevemente el posible impacto de este proyecto en la formación de los alumnos.

Anexo 4. Características de los individuos elegidos de las once especies de estudio del BTS de la comunidad de Amatlán de Quetzalcóatl, Tepoztlán, Morelos, para el registro fenológico. Se muestra el número de individuos, el intervalo altitudinal y en el caso de la altura, diámetro y cobertura, el promedio \pm d.e.

Especie	No. de individuos	Altitud (m snm)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Copa (m ²)
<i>Busera bipinnata</i>	6	1584-1683	3 \pm 0.5	29.8 \pm 8.4	11.3 \pm 9.4
<i>Bursera copallifera</i>	8	1557-1683	3.5 \pm 1.1	32.3 \pm 14.8	16.7 \pm 12
<i>Bursera fagaroides</i>	5	1605-1627	3.3 \pm 1.1	32.2 \pm 11	8.3 \pm 4.2
<i>Bursera glabrifolia</i>	7	1578-1686	3.3 \pm 0.8	29.1 \pm 12.4	15.9 \pm 6.4
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	5	1533-1627	6.6 \pm 3.2	51.3 \pm 28.1	36.2 \pm 31.2
<i>Leucaena esculenta</i>	5	1509-1559	8.8 \pm 3.5	39.3 \pm 24.1	20.8 \pm 17.3
<i>Leucaena macrophylla</i>	5	1558-1562	7.4 \pm 0.5	29.8 \pm 4.8	10 \pm 4.3
<i>Lysiloma acapulcense</i>	5	1569-1581	6 \pm 0.7	55.9 \pm 18.3	28.6 \pm 16.2
<i>Acacia pennatula</i>	5	1542-1571	5.5 \pm 4.1	25.4 \pm 19.6	13.2 \pm 9.2
<i>Mimosa benthamii</i>	5	1574-1582	3.9 \pm 0.4	28.6 \pm 7.1	15.8 \pm 9.6
<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	1553-1627	5.6 \pm 1.8	76.1 \pm 28.7	48.8 \pm 27.8

Anexo 5. Actividad para conocer la percepción de la problemática ambiental local

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

1. La clase pasada se identificaron cuatro problemas ambientales que ocurren en la comunidad:
 - Incendios forestales
 - Contaminación
 - Tala de árboles
 - Extracción de especies de flora y fauna
2. De cada uno de ellos discute las siguientes preguntas con tu equipo:

Problemas	¿Con qué frecuencia has visto que ocurra? ¿Cuándo fue la última vez que recuerdes que sucedió?	¿Quién lo provoca?	¿Por qué o para qué?	¿Qué soluciones propones para cada evitar o reducir esos problemas?	¿Desearías contribuir a alguna de esas soluciones? ¿Cómo?
Incendios forestales					
Contaminación					
Tala de árboles					
Extracción de especies de flora y fauna					

3. Realiza un dibujo de tu comunidad reflejando los problemas ambientales en donde los hayas identificado.
4. Exponer a tus compañeros.

*"Nuestro primer libro de la
flora de Amatlán"*

Escuela Telesecundaria: "Cuetzalcoatl"



Elaboró:

Primer grado:

Alexander Toribio

Bladimir Toribio

Dionicia Ramírez

Erick Ponciano

Montserrat Campos

Oscar Campos

Segundo grado:

Alejandra Salas

Dulce M.

Juan Carlos Gutiérrez

Mireya Salas

Quetzacoatl Toribio

Santiago Tezpultitlan

Sarahí Miranda

Selene Venegas

Valentino Toribio

Vanessa Sánchez

Tercer grado:

Alondra

Antonio Hernández

Citlalli Campos

Daniel Pérez

Emiliano Ramírez

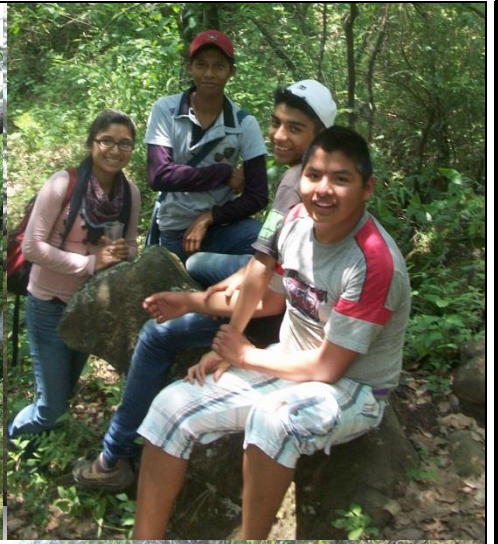
Mateo Toribio

Rodrigo Rosas

Bióloga Adriana Núñez

UNAM

Julio de 2015



PRESENTACIÓN

En este libro hablaremos de algunas plantas del bosque seco de Amatlán de Quetzalcóatl que son importantes por sus usos, ya que son comestibles, se usan como remedios medicinales, para construcción y para programas de reforestación. Es importante que como alumnos de secundaria observemos la riqueza que hay en nuestra comunidad, es por eso que decidimos hacer nuestro primer libro de algunas plantas de nuestra comunidad.

En este pequeño libro se encontrarán imágenes muy bonitas de los árboles (algunas fotografías tomadas por nuestros compañeros de segundo grado), así como sus características, su temporada de floración y en el tiempo en el que da sus frutos y semillas para poder recolectarlos, ya sea para comerlos o para sembrarlos y producir plantas. Para conocer el porcentaje de semillas vivas se echaron en agua y las que se hundieron se consideraron como semillas vivas. También mostramos algunos resultados de germinación, ya que les pusimos algunos tratamientos a las semillas para que germinaran más.

Creemos que es importante leer este libro porque todos los alumnos participamos generando la información, realizamos recorridos en el campo, experimentos y trabajo en el vivero de la comunidad.

Invitamos a las personas a que pongan muchísima atención, sobre todo aquellas que no conozcan la flora de la región. También pedimos que si les gustó el libro, se lo recomienden a otras personas.

Dionicia Ramírez

Palo dulce

Nombre científico: *Eysenhardtia polystachya*

Nombre común: Palo dulce

Características:

- Árbol que mide entre 3 y 6 metros de altura.
- Hojas compuestas de hojitas de 7 a 13 milímetros.
- La corteza es escamosa, cuando se seca se desprende en "costras".
- El fruto es una vaina de cubierta frágil que mide hasta 1 centímetro.

Floración: junio y julio.

Fructificación: de agosto a noviembre.

Semillas vivas: 82 %.

Germinación: Para tener un alto porcentaje de germinación es recomendable remojar las semillas durante 48 horas.

Usos: Medicinal, postes, cerca viva.



Palo dulce

ene feb mar abril may jun jul ago sep oct nov dic

Flores

Frutos inmaduros

Frutos maduros



Guaje barbero

Nombre científico: *Leucaena esculenta*

Nombre común: Guaje barbero

Características:

- Árbol de 4 a 12 metros de altura.
- Hojas compuestas por hojitas menores a 8 milímetros.
- El fruto es una vaina que cuando madura toma un color rojizo. Tiene al menos 8 semillas color café.



Floración: de septiembre a diciembre.

Fructificación: de diciembre a marzo.

Semillas vivas: 95 %

Germinación: Para tener un alto porcentaje de germinación se recomienda lijar la cubierta de la semilla cuidadosamente hasta que se note un cambio de color. También se pueden poner a remojar con agua caliente durante dos minutos.

Usos: Comestible, cerca viva, postes.



Guaje barbero

ene feb mar abril may jun jul ago sep oct nov dic

Flores

Frutos inmaduros

Frutos maduros



Guaje blanco

Nombre científico: *Leucaena macrophylla*

Nombre común: Guaje blanco

Características:

- Árbol de 3 a 10 metros de altura, con ramas rojizas.
- Hojas con forma de óvalo de 2 a 5 centímetros por 2 a 4 centímetros de ancho.
- El fruto es una vaina de color café con al menos 8 semillas.

Floración: de agosto a noviembre.

Fructificación: de noviembre a marzo.

Semillas vivas: 94 %

Germinación: Para tener un alto porcentaje de germinación se recomienda poner a remojar las semillas en agua caliente durante dos minutos o lijar la cubierta cuidadosamente hasta que se note un cambio de color.

Usos: Comestible.



Guaje blanco

ene feb mar abril may jun jul ago sep oct nov dic

Flores

Frutos inmaduros

Frutos maduros



