



Educación ambiental y estudios biológicos. Aportes e investigaciones en tiempos de pandemia

Coordinadores:

Oswaldo Rahmses Castro Martínez

Alejandra Villafuerte Salazar



ISBN: 978-607-12-0598-8



9 786071 205988

**Educación ambiental y estudios
biológicos. Aportes e investigaciones
en tiempos de pandemia**

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, sea cual fuere el medio, sin la anuencia por escrito a los coordinadores.

Nota: Todos los trabajos aquí compilados fueron sometidos a un estricto proceso de revisión par ciego a cargo de personal académico e investigadores de distintas instituciones nacionales e internacionales y miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), así como por una verificación de originalidad en un software antiplagio.

Educación ambiental y estudios biológicos. Aportes e investigaciones en tiempos de pandemia

Coordinadores:

Oswaldo Rahmses Castro Martínez

Alejandra Villafuerte Salazar

Universidad Autónoma Chapingo

2021

**Educación ambiental y estudios biológicos. Aportes e investigaciones en
tiempos de pandemia**

D.R. © Universidad Autónoma Chapingo

**Km 38.5 carretera México-Texcoco C.P. 56230 Chapingo, Estado de
México, México.**

1ª. Edición, julio de 2021

ISBN: 978-607-12-0598-8

Directorio

Rectoría
Dr. José Solís Ramírez

Dirección General Académica
Dra. Humberta Gloria Calyecatl Cortero

Dirección General de Administración
QFB. Hilda Flores Brito

Dirección General de Difusión Cultural y Servicio
Dra. Veneranda Xóchitl Juárez Varela

Dirección General de Investigación y Posgrado
Dr. Arturo Hernández Montes

Dirección General de Patronato
M.C. Buenaventura Reyes Chacón

Jefa del Departamento de Publicaciones
Dra©. Patricia Muñoz Sánchez

Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Preparatoria Agrícola (DEIS)

Director
Fís. Miguel Iván Ortega Valdivia

Subdirectora Académica
M.C. Eunice Ferra López

Subdirector Administrativo
Dr. Enrique Gómez Lozoya

Subdirector de Investigación y Servicio
Lic. Miguel Reyes Retana

Diseño de portada: Juan Camilo Fontalvo Buelvas.

Diseño editorial: Juan Camilo Fontalvo Buelvas, Alejandra Villafuerte Salazar, Oswaldo Rahmses Castro Martínez, Erasmo Velázquez Cigarroa.

Comité Científico SIEA2020

Comité científico nacional

Dr. Liberio Victorino Ramírez, Universidad Autónoma Chapingo, México.
Dr. Aurelio Reyes Ramírez, Universidad Autónoma Chapingo, México.
Dra. Yschel Soto Espinoza, Universidad Autónoma Chapingo, México.
Dra. María Joaquina Sánchez Carrasco, Universidad Autónoma Chapingo, México.
Dra. María Sol Robledo y Monterrubio. Universidad Autónoma Chapingo, México.
Dr. Erasmo Velázquez Cigarroa, Universidad Autónoma Chapingo, México.
Dr. Álvaro Llamas González, Universidad Autónoma Chapingo, México.
Dr. José Inés Lozano Andrade. Escuela Normal Superior de México, México.
Dra. Enriqueta Tello García, Coordinadora del “Huerto agroecológico un pasito en grande”, Méx.
Dr. Andrés Pérez Magaña, Colegio de Postgraduados, campus Puebla, México.
Dr. Jesús Manuel Ortega de León, Universidad de Quintana Roo, México.
Dr. Benito Rodríguez Haros, Universidad de Guanajuato, México.
Dra. Dulce María Quintero Romero, Universidad Autónoma de Guerrero, México.
Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
Dra. María Esther Méndez Cadena, Colegio de Postgraduados, México.
Dra. Paola Bueno Ruiz, Colegio de Postgraduados, México.
Dr. Juan Manuel Rivera Ramírez, Universidad Autónoma Chapingo, México.
Dr. Rigoberto Sandoval Contreras, Universidad de Guadalajara, México.
Dr. Alberto Valdés Cobos, Universidad Intercultural del Estado de Puebla, México.
Dr. Miguel Ángel López, Sistema de bachillerato del Estado de Sinaloa, México.
Dra. © María Josefa Jiménez Moreno, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
M. C. Sergio Cruz Hernández, Universidad Autónoma Chapingo, México.
M. C. María Carolina Ceballos Bernal, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Méx.
Mtro. Oswaldo Rahmses Castro Martínez, Universidad Autónoma Chapingo, México.
Mtra. María Luisa Montalvo Ortiz, Universidad de Quintana Roo, México.
M. C. Guillermo Samuel Tovar Sánchez, Instituto Politécnico Nacional
Mtro. Héctor Becerra Espinosa, Universidad Autónoma de Chapingo, México.
Biol. Alejandra Villafuerte Salazar, Universidad Autónoma de Chapingo, México.
Lic. Alexis Benítez Aguilar, Universidad Autónoma del Estado de México, México.
M. en C. Mireya Elizabeth Esparza Ibarra, Universidad Autónoma Chapingo, México.
Mtro. Edgar Pérez Ríos, CINVESTAV, México.
Mtro. Edgar Avendaño Mejía, CICACiS S.A.S. de C.V, México.
Mtra. Marisa Higuera Cortes, CICACiS S.A.S. de C.V, México.
MVZ. Rocío Mentado Amigón, CICACiS S.A.S. de C.V, México.

Comité científico internacional

Dr. Luis Arturo Sánchez Midence, Universidad de San Carlos, Guatemala.

Dr. Alfonso Domínguez Padilla. Universidad Castilla-La Mancha, España.

Dra. María Luisa Montoya Rendón, Universidad de Antioquia, Colombia.

Dr. Leopoldo Palma, Universidad Nacional de Villa María, Argentina.

Dra. Ana Guzmán, Universidad Nacional de Villa María, Argentina.

Dr. Sinisa Berjan, University of East Sarajevo, Bosnia-Herzegovina.

Dr. Branislav Draskovic, University of East Sarajevo, Bosnia-Herzegovina.

Dr. Marko Gutalj, University of East Sarajevo, Bosnia-Herzegovina.

Dr. Nouredin Driouech, CIHEAM- Instituto Agronómico Mediterraneo of Bari, Italia.

Mtro. Fernando Forgioni, Universidad Nacional de Villa María, Argentina.

Mtra. Yendi Yomara Santos Rodas, Universidad de San Carlos, Guatemala.

Índice

Presentación	13
Introducción	15
Eje temático 1: Educación ambiental	22
La educación ambiental en la Preparatoria Agrícola de la UACH: Estado y prospectiva <i>Environmental education at the Agricultural High School of UACH: State and prospects</i> Oswaldo Rahmses Castro Martínez	23
Del sueño a la realidad, en la nube: Huertos, nutrición y gestión comunitaria en Canaque <i>From dream to reality, in the cloud: gardens, nutrition, and community management in Canaque</i> Yessica Bibiana Reyna Camargo, Katherinne Valeska Moya Sanhueza	42
El Programa de Restauración Ambiental Comunitaria: una estrategia de educación ambiental para conservar la biodiversidad <i>The Community Environmental Restoration Program: an environmental education strategy to preserve biodiversity</i> Yasimir Aremy Medina Maldonado, Rosalva Miranda Salazar	57
Grandes industrias petroleras-pequeñas comunidades pesqueras artesanales: ¿qué papel juega la educación ambiental en Brasil? <i>Big oil industries-small artisanal fishing communities: What is the role of environmental education in Brazil?</i> Roxana Ruiz Buendía, Tatiana Walter	69
¿Cómo hacer educación ambiental en tiempos de COVID-19? Experiencias del proyecto “Jóvenes aprendiendo a conservar” <i>How to promote environmental education in COVID-19 times? Experiences from the project “Jóvenes aprendiendo a conservar”</i> Pamela Jared Pérez Guadián, José Francisco Dorantes Molina	84
Sostenibilidad ambiental y educación en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia- Facultad Seccional Sogamoso <i>Environmental sustainability and education in the Pedagogical and Technological University of Colombia- Sogamoso Sectional Faculty</i> Dorelly Benítez Núñez, Laura Jimena Delgado Morantes, Lina María Pedraza Goyeneche	95
Educación ambiental vinculada al programa de Ciencias III: caso Secundaria de Téul de González Ortega <i>Environmental education linked to the Sciences III program: the case at the Teúl de González Ortega</i> Karol Karla García Aguirre	110

Estrategias de educación ambiental en comunidades forestales: La Petaca, Concordia, Sinaloa, México <i>Environmental education strategies in forest communities: La Petaca, Concordia, Sinaloa, México</i>	123
Cambio climático, afectaciones y acciones ambientales en jóvenes de entorno rural <i>Climate change, negative effects and environmental actions from a rural youth perspective</i>	136
Educación ambiental para servidores públicos municipales bajo el enfoque del desarrollo sustentable: Caso Salvatierra, Guanajuato <i>Environmental education for municipal public officers through a sustainable development approach: the case in Salvatierra, Guanajuato</i>	151
Eje temático 2: Estudios biológicos	167
Desarrollo <i>in vitro</i> de <i>Laelia anceps</i> Lindl. (Orchidaceae) con sustancias orgánicas y luz LED <i>In vitro development of Laelia anceps Lindl. (Orchidaceae) with organic substances and LED light</i>	168
Diagnóstico hidráulico, estructural y sustentable de bordos construidos hace 30 años en el estado Colima <i>Hydraulic, structural and sustainable diagnosis of dikes built 30 years ago in Colima</i>	182
Adaptación del método IDEA para evaluar la sustentabilidad en unidades productivas cunícolas de traspatio <i>Adaptation of the IDEA method to assess sustainability in backyard rabbit farming units</i>	194
Descripción y preparación de muestras histológicas de <i>Pinus arizonica</i> Engelm de Guachochi, Chihuahua <i>Description and preparation of histological samples of Pinus arizonica Engelm from Guachochi, Chihuahua</i>	209
Efecto de hongos micorrízicos arbusculares en crecimiento de plantas de café en condiciones de invernadero <i>Effect of arbuscular mycorrhizal fungi in coffee plants growth under greenhouse conditions</i>	221

Identificación de los puntos críticos del Área Natural Protegida San Bernabé Ocotepec <i>Identification of critical points in the Natural Protected Area San Bernabé Ocotepec</i> Blanca Estelina Morales Ríos, Beatriz Adriana Silva Torres, Juan Gabriel Rivera Martínez	233
Los colémbolos como elementos de sustentabilidad del suelo <i>Springtails as soil sustainability elements</i> Andrés Miranda Rangel, Humberta Gloria Calyecac Cortero	248
Aplicación de índices espectrales para la determinación y evaluación de incendios forestales <i>Application of spectral indices to determine and assess forest fires</i> Ana Graciela Flores Rodríguez, José German Flores Garnica, Diego Raymundo González Eguiarte	262
Análisis de arbolado y regeneración natural de tres áreas de bosque templado afectado por incendios <i>Analysis of tree coverage and natural regeneration of three temperate forest areas affected by fires</i> Daniel Alejandro Cadena Zamudio, José German Flores Garnica, Ana Graciela Flores Rodríguez	273
Capacitación a productores de orquídeas en Tenango de las Flores, Puebla: hacia un aprovechamiento sustentable <i>Training of orchid producers in Tenango de las Flores, Puebla State: towards a sustainable exploitation</i> Alejandra Villafuerte Salazar	286

Presentación

La emergencia sanitaria que hasta hoy día enfrenta México y el resto del mundo ha acentuado las desigualdades estructurales y evidenciado lo frágil que el sistema económico puede ser ante los embates de los ciclos de la naturaleza. Por ello, problemáticas medio ambientales como el cambio climático, la degradación de suelos, la desaparición de especies endémicas, la contaminación y falta de acceso a los recursos hídricos, la soberanía y seguridad alimentarias, la conservación de semillas criollas y oposición a cultivos transgénicos, la expansión de enfermedades emergentes y otras cuestiones de índole social, son evidentes ejemplos de la urgente necesidad de replantear la relación de las distintas disciplinas académicas con la preservación ambiental.

Si bien, es cierto que las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero que coadyuvan al cambio climático y a la alteración de los ecosistemas se vieron disminuidas a partir de las drásticas limitaciones a las actividades industriales que dependen en gran medida de combustibles fósiles, lo cierto es que la posible respuesta a la degradación ecológica no se encuentra en un encierro obligado que ha asentado un duro golpe a la salud mental de la población, sino en una educación ambiental basada en valores, reestructuración del pensamiento social y en un profundo sentimiento de apego a la naturaleza, ya no en oposición a ella, como hasta la fecha lo han venido manejando los teóricos del neoliberalismo, sino en compatibilidad con la misma.

La problemática ecológica, la impostergable necesidad de potenciar un desarrollo humano sustentable y la incorporación de la educación ambiental en los planes y programas de estudios de las múltiples instituciones a nivel global debiesen ser las mayores preocupaciones para los jefes de estado en el planeta. En este tenor la obra *Educación ambiental y estudios biológicos: aportes e investigaciones en tiempos de pandemia*, la cual compila una serie de investigaciones centradas en dos ejes temáticos: Educación ambiental y estudios biológicos, pretende ser un aporte a la producción científica que contribuya al logro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) cuyo menester es detener el cambio climático y la pérdida de la biodiversidad.

Cabría preguntar entonces a las y los autores de los distintos trabajos aquí reunidos si pese al irrefrenable avance del capital transnacional el cual a toda costa extrae plusvalía a una clase trabajadora cansada y a la que no da alternativas, la imposición de un sistema que distribuye de manera inequitativa los recursos y la constante pugna de un crecimiento económico ilimitado en un planeta de recursos limitados, si todavía existen alternativas.

Basándonos en la Pedagogía de la Esperanza de Paulo Freire e integrando los aportes de las propuestas aquí esbozadas la respuesta siempre será un “sí”. Un sí, porque todavía se puede pugnar por una transformación radical que no emerja de la crisis sanitaria ni de ninguna contingencia que como humanidad enfrentemos, sino de un arduo plan de recuperación ecológica que tenga en cuenta las variables ambientales, sociales y económicas.

La educación ambiental y la visión crítica de quienes integran esta obra nos invitan a decidir qué actividades económicas son realmente útiles para el desarrollo social y qué otras son parte de la problemática. A grandes rasgos, este libro es un grito emergente desde el ámbito académico con miras a sentar las bases para un mundo más justo y respetuoso con el medio ambiente.

Dr. Juan Manuel Rivera Ramírez
Subdirector General de la Red Mexicana de Formadores
Ambientales para el Desarrollo Sostenible A.C.

Introducción

En la actualidad, nos enfrentamos ante la peor crisis sanitaria en la historia reciente de la humanidad, nos referimos a la pandemia causada por el nuevo coronavirus SARS-CoV-2 declarada por la Organización Mundial de la Salud desde el 11 de marzo de 2020. Después de un año, a nivel mundial se han reportado más de 130,000,000 de casos confirmados en 188 países y cerca de 2,500,000 de muertes. Diversos expertos mencionan que la pandemia del COVID-19 es una crisis de salud pública directamente ligada a la crisis ambiental del planeta.

No cabe la menor duda que este acontecimiento ha cambiado la vida de todos en muchos sentidos. Instancias nacionales e internacionales han comunicado que se requieren de cambios urgentes en el cuidado del medio ambiente, en la alimentación y en la salud para prevenir futuras pandemias. Hoy más que nunca nos hemos dado cuenta de las consecuencias que trae consigo el deterioro de los ecosistemas naturales y de todo nuestro entorno, ante esto, son urgentes los cambios globales.

Es aquí donde la educación ambiental es pieza clave y toma una gran pertinencia, pasó de ser un campo de estudios emergente a convertirse en una multi disciplina fuertemente consolidada. A más de 50 años de su aparición, es ahora cuando enfrenta los mayores retos y responsabilidades, cada vez adquirirá mayor importancia en diversos sectores sociales, pero principalmente, en el educativo.

Por ello, investigadores, docentes, formadores ambientales estamos trabajando en la problemática, atenderlo y contribuir es tarea de todos. La producción del conocimiento científico no se detiene pese a las condiciones y restricciones que hay en las instituciones educativas, a continuación, y de manera sistemática se presentan valiosos aportes e investigaciones en tiempos de pandemia sobre educación ambiental y estudios biológicos.

Esta obra consta de dos apartados, el primero titulado “Educación ambiental”, en el que se presentan diez contribuciones científicas a esta área del conocimiento. En un inicio, Oswaldo Rahmses Castro Martínez en su estudio “La educación ambiental en la Preparatoria Agrícola de la UACH. Estado y prospectiva” desarrolla el estado de la educación ambiental para realizar una prospección, en la que empleó la técnica de investigación documental, abordando cuatro categorías de

análisis: infraestructura, eventos académicos, publicaciones en libros con registro ISBN y proyectos de investigación registrados en la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo.

Yessica Bibiana Reyna Camargo y Katherine Valeska Moya Sanhueza con su aportación “Del sueño a la realidad, en la nube: Huertos, nutrición y gestión comunitaria en Canaque” refieren el proyecto llevado a cabo de 2014 al 2019 por equipos voluntarios multidisciplinarios en el Departamento de San Marcos, Guatemala, diseñado específicamente para disminuir la desnutrición y malnutrición infantil implementando huertos comunitarios y familiares; la cual reportan haber disminuido.

En el capítulo tercero, Yasimir Aremy Medina Maldonado y Rosalva Miranda Salazar en “El Programa de Restauración Ambiental Comunitaria: Una estrategia de educación ambiental para conservar la biodiversidad” abordan una técnica de educación ambiental para generar conciencia ambiental en jóvenes de Mérida, Yucatán, con el objetivo de conservar la biodiversidad local a través del desarrollo del Programa de Restauración Ambiental Comunitaria Mérida por 80 promotores ambientales.

Después, Roxana Ruiz Buendía y Tatiana Walter presentan su trabajo intitulado “Grandes industrias petroleras-pequeñas comunidades pesqueras artesanales: ¿qué papel juega la educación ambiental, en Brasil?” en el que describen el modo en el que algunas comunidades pesqueras artesanales del litoral norte fluminense en Brasil han conquistado espacios participativos en la gestión ambiental, en la que el Estado democratiza la discusión sobre la gestión de industrias que contribuyen a la degradación ambiental.

Pamela Jared Pérez Guadián y José Francisco Dorantes Molina en su investigación “¿Cómo hacer educación ambiental en tiempos de COVID-19? Experiencias del proyecto “Jóvenes aprendiendo a conservar” relatan como a través de una serie de webinars denominados “Jóvenes Aprendiendo a Conservar” con diferentes temas de importancia ambiental se adquieren nuevas habilidades y el interactuar con diversos expertos resulta enriquecedor en el ámbito académico.

Además, Dorelly Benítez Núñez, Laura Jimena Delgado Morantes y Lina María Pedraza Goyeneche aportan con su estudio “Sostenibilidad ambiental y educación en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia- Facultad Seccional Sogamoso” en el sentido del papel que cumple la educación superior, su

transformación y compromiso con la sostenibilidad, esto, a través de la investigación-acción interdisciplinar sobre políticas y prácticas institucionales que determinan el grado de gestión para la formación e investigación.

En el siguiente capítulo la autora Karol Karla García Aguirre comparte su experiencia académica a través de su trabajo “Educación ambiental vinculada al programa de Ciencias III, caso Secundaria de Téul de González Ortega”, en la que mediante un proceso de intervención-acción y bajo un enfoque de educación ambiental incluye contenidos al programa de Ciencias III, sus resultados muestran un incremento del interés en los estudiantes por la conservación, el cuidado de su entorno y de acciones comunitarias participativas.

Por otra parte, Guillermina Bautista Gómez, María Concepción Martínez Rodríguez y Luz Ma Bautista Gómez con su aportación “Estrategias de educación ambiental en comunidades forestales: La Petaca, Concordia, Sinaloa, México” caracterizan un diseño e implementación de estrategias de educación y capacitación ambiental-forestal para el fortalecimiento del capital social y productivo a través de talleres de participación y educación ambiental, cursos de capacitación forestal y transferencia de tecnología para desarrollar habilidades, capacidades y relaciones sociales, obteniendo resultados favorables con la integración del 60 % de la comunidad.

Asimismo, Gabrielle Fascinetto Bárcena, María Esther Méndez Cadena y Dulce María Quintero Romero con su investigación “Cambio climático, afectaciones y acciones ambientales en jóvenes de entorno rural” presentan un análisis de la percepción de los estudiantes que cursan la educación media superior en un ámbito rural en torno a la variabilidad climática, en cómo les afecta y cómo actúan al respecto. Los autores obtuvieron información para comprender cómo la juventud experimenta y actúa en relación con la problemática ambiental.

En último lugar del presente apartado Dulce María Reyes Barrera, Benito Rodríguez Haros y Tzatzil Isela Bustamante Lara presentan el capítulo “Educación ambiental para servidores públicos municipales bajo el enfoque del desarrollo sustentable. Caso Salvatierra, Guanajuato”, se trata de una propuesta de educación ambiental a partir de la percepción y visión que tienen los servidores públicos sobre el desarrollo sustentable. Para ello, se usó la técnica de la entrevista semiestructurada y los resultados muestran que existe un grupo de servidores públicos interesados en la problemática ambiental que perciben y su visión sobre sustentabilidad.

El segundo bloque de esta obra lleva por nombre “Estudios biológicos”, mismo que contiene diez capítulos en ese tenor, así Cecilia Chávez López y Alejandra Villafuerte Salazar dan apertura a esta sección con su investigación “Desarrollo in vitro de *Laelia anceps* Lindl. (Orchidaceae) con sustancias orgánicas y luz LED”, en la cual mediante un diseño experimental hacen uso de la técnica de micropropagación para reproducir una orquídea mexicana endémica con alto valor biológico y ornamental, demostrando su potencial mediante un aprovechamiento sustentable.

Por su parte, Gloria Vidrio Llamas, Hugo Ernesto Flores López y Cesar Emmanuel Gómez Delgadillo en “Diagnóstico hidráulico, estructural y sustentable de bordos construidos hace 30 años en el estado de Colima” realizan un estudio de corte cuantitativo el estado actual y funcionamiento hidráulico de 43 bordos y sus componentes. Concluyendo que la mayoría se encuentran en operación, lo que corrobora su pertinencia, efectividad y vida útil.

En el capítulo 3 “Adaptación del método IDEA para evaluar la sustentabilidad en unidades productivas cunícolas de traspatio” los autores Georgina Gutiérrez García, Ofelia Márquez Molina y Enrique Espinosa Ayala utilizan y modifican el método “Indicadores de la Sostenibilidad de Explotaciones Agrícolas” (IDEA), para evaluar la sustentabilidad de las unidades productoras cunícolas de traspatio, con base en una revisión bibliográfica especializada bajo los criterios PRISMAN (Preferred Reporting Item for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

Mientras que Luisa Patricia Uranga Valencia, Luis Ubaldo Castruita Esparza y Víctor Hugo Villarreal Ramírez en su trabajo “Descripción y preparación de muestras histológicas de *Pinus arizonica* Engelm de Guachochi, Chihuahua”, detallan las características anatómicas de *P. arizonica* Engelm, además de realizar una comparación entre los ejemplares procedentes de Chihuahua y Durango, a fin de generar conocimiento básico sobre la especie, en miras de formar una xiloteca (colección científica de maderas) a nivel estatal.

En tanto, María Fernanda Juárez García, Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar y Gabriel Rincón Enríquez en su estudio “Efecto de hongos micorrízicos arbusculares en crecimiento de plantas de café en condiciones de invernadero” evaluaron el efecto de los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) en el desarrollo vegetativo del café bajo condiciones de invernadero. Sus resultados arrojan que los HMA potencian significativamente el crecimiento de las plantas hasta un 40%, con respecto a las unidades experimentales control.

En el capítulo 6 “Identificación de los puntos críticos del Área Natural Protegida San Bernabé Ocotepc)”, Blanca Estelina Morales Ríos, Beatriz Adriana Silva Torres y Juan Gabriel Rivera Martínez recopilaron bibliografía detallada sobre la Reserva San Bernabé Ocotepc, México, para identificar los puntos críticos y evaluar la resiliencia de la Reserva San Bernabé Ocotepc, México como sistema socioecológico (SSE), bajo el marco de sustentabilidad y sistemas de gestión ambiental (SGA).

Posteriormente Andrés Miranda Rangel y Humberta Gloria Calyecac Cortero en su capítulo “Los colémbolos como elementos de sustentabilidad del suelo” presentan una revisión documental sobre el papel fundamental que cumplen los colémbolos en la descomposición de la materia orgánica del suelo y con ello el aumento de los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio como indicadores de sustentabilidad en el suelo.

Mientras tanto, Ana Graciela Flores Rodríguez, José German Flores Garnica, Diego Raymundo González Eguiarte en su estudio “Aplicación de índices espectrales para la determinación y evaluación de incendios forestales” muestran un análisis del grado de severidad de un incendio en un bosque de pino- encino basado en los índices de quemado normalizado (NBR) quemado normalizado diferenciado (dNBR). El producto final de su aportación es el desarrollo de una cartografía temática que ayudará a delimitar áreas prioritarias de restauración y manejo dependiendo su grado de afección.

En la misma temática, el capítulo “Análisis de arbolado y regeneración natural de tres áreas de bosque templado afectado por incendios” desarrollado por Daniel Alejandro Cadena Zamudio, José German Flores Garnica y Ana Graciela Flores Rodríguez, compara tres bosques templados, considerando para cada especie arbórea el diámetro normal y altura total, así como la regeneración inmediata de pino después de la ocurrencia de incendios forestales.

Finalmente, el trabajo “Capacitación a productores de orquídeas en Tenango de las Flores, Puebla: hacia un aprovechamiento sustentable” presentado por Alejandra Villafuerte Salazar describe el método que se ha implementado en el asesoramiento y acompañamiento a los productores de orquídeas en la Sierra Norte de Puebla, con la finalidad de lograr una apropiación de ese recurso y del mismo modo utilizarlo de manera racionada y ordenada como una fuente de ingresos económicos para las familias de los productores.

En definitiva, la presente obra presenta un conjunto de acciones técnico-científicas con resultados importantes en el tema de la problemática ambiental, en su conocimiento y abordaje, pero, ante todo, el planteamiento de propuestas que permiten comprender la complejidad de la crisis socioambiental existente.

Eje temático I: Educación ambiental

La educación ambiental en la Preparatoria Agrícola de la UACH: Estado y prospectiva

Environmental education at the Agricultural High School of UACH: state and prospects

Oswaldo Rahmses Castro Martínez¹

Resumen

La Preparatoria Agrícola (PA) posee una excelente calidad educativa, atiende problemas emergentes como es la crisis socioambiental. La investigación tuvo como objetivo determinar el estado de la Educación Ambiental (EA) en la PA para realizar una prospección. Se empleó la técnica de investigación documental, abordando cuatro categorías de análisis: infraestructura, eventos académicos, publicaciones en libros con registro ISBN y proyectos de investigación registrados en la Dirección de Investigación y Posgrado, la información se sintetizó en una matriz FODA. El Departamento posee infraestructura en donde directamente se realiza EA: Invernadero de Plantas Tropicales, Acuario, Museo Universitario de Biología y Educación Ambiental, UMA Orquidario Chapingo y la Casa Solar Chapingo. Los profesores participan en dos eventos científicos con la EA como tema principal que la UACH organiza. Como producto de los trabajos presentados en ambos eventos (2018 y 2019), se han publicado cinco libros digitales e impresos con registro ISBN. Los proyectos de investigación han aumentado en los últimos años, así como el número de profesores responsables y colaboradores de estos. La PA cuenta con los espacios, materiales, recursos humanos suficientemente capacitados y con experiencia en el campo de acción para ser el principal impulsor de la EA en toda Universidad.

Palabras clave: educación, evento científico, docente, investigación, prospectiva.

¹ Profesor-Investigador del Departamento de Preparatoria Agrícola. Centro de Investigación en Biología, Educación Ambiental y Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma Chapingo. MÉXICO. Presidente del II Simposio y III Seminario Internacional de Educación Ambiental y Desarrollo Sustentable (SIEA2020). Correo electrónico: oswaldo.rahmses@hotmail.com

Abstract

The Agricultural High School (PA, for its acronym in Spanish) enjoys excellent educational quality and deals with emerging problems such as the socio-environmental crisis. The research was aimed at determining the state of Environmental Education (EA, for its acronym in Spanish) at the PA to raise prospects. A documentary research technique was used, and four analysis categories were addressed: infrastructure, academic events, publications in books with ISBN registration, and research projects registered at the Research and Postgraduate Directorate; the information was synthesized in a SWOT matrix. The PA has infrastructure where EA is directly carried out: Tropical Plant Greenhouse, Aquarium, University Museum of Biology and Environmental Education, UMA Orquidario Chapingo and Casa Solar Chapingo. Professors participate in two scientific events centered on EA, organized by UACH. Five digital and printed books with ISBN registration have been published as a result of the works presented in both events (2018 and 2019). In the last years, research projects have increased, as well as responsible and collaborating professors. The PA encompasses spaces, materials, highly qualified human resources, and experience in the area so as to become the main EA promoter in the whole University.

Key words: education, scientific event, professor, research, prospects.

Introducción

El estilo de vida basado en un modelo económico donde lo principal es el capital económico, el hiperconsumo, la sobreproducción y la voracidad hacia los recursos naturales, nos ha llevado a una gran crisis global socioambiental. Por tal razón, el desafío es muy complejo, se requiere comprender y enfrentar dicha situación, de esa manera emerge la educación ambiental (EA), como una disciplina para entender las relaciones del ser humano con el planeta con una visión holística e interdisciplinaria de los problemas ambientales del planeta.

Ante esto, la EA pasó de ser un campo de estudios emergente a convertirse en un campo de conocimientos consolidado. A cinco décadas de su formalización a nivel internacional, en la actualidad enfrenta enormes retos y tiene una gran pertinencia ante la crisis socioambiental. Tomará cada vez mayor importancia para la humanidad debido a que el panorama en torno al deterioro del planeta y las consecuencias que esto traerá no es nada alentador, incluso para algunos catastrófico.

La problemática ambiental tiene consecuencias para todos, quizá intangible para algunos debido a la falta de participación constante y decisiva de la sociedad en su conjunto. Es necesario la intervención de todos los sectores, con especial énfasis los sistemas educativos en todos sus niveles, en donde sus procesos formales pueden aportar verdaderas soluciones. Por tanto, investigadores, docentes, formadores ambientales han trabajado para el problema, liderando diversas iniciativas, aunque para esta tarea tienen que participar todas las personas.

En la actualidad, la educación ambiental es un campo real de teoría, investigación y práctica, con una breve historia, pero con múltiples vertientes en los distintos ámbitos de la. Por lo que conlleva métodos participativos que involucran comprensión, apropiación, discusión, intercambio de experiencias, cooperación, establecimiento de compromisos y toma de decisiones educación (Muñoz *et al.*, 2016).

La Universidad Autónoma Chapingo (UACH) es una, “institución mexicana pública pertinente, con liderazgo y reconocimiento nacional e internacional con alta calidad académica en la educación; (...) la importancia y magnitud de sus contribuciones en investigación científica y tecnológica; por el rescate y la difusión cultural que desarrolla”. (Universidad Autónoma Chapingo, 2020b), mientras que la Preparatoria Agrícola es el Departamento de Educación Media Superior de la UACH, cuenta con el 40% de la matrícula estudiantil de toda la Universidad y con el 35% del total de la planta docente. LA PA desde 1966 provee de estudiantes capacitados a las distintas carreras y especialidades que se ofertan en la UACH, todo alumno que ingresa debe cursarla de forma obligatoria.

El objetivo de este estudio fue determinar el estado de la Educación Ambiental (EA) en la Preparatoria Agrícola (PA) de la UACH para realizar una prospección hacia un escenario deseable y posible. Además de plantear las siguientes interrogantes en torno a la EA en la PA ¿De qué manera se realiza? ¿En dónde y cómo se promueve? ¿Cómo influyen los eventos científicos y qué aportan? ¿Qué tipo de proyectos de investigación y publicaciones de los docentes hay en la temática ambiental? ¿Cuál es la prospectiva del Departamento? ¿Qué escenario posible se visualiza?

Educación Ambiental

La educación ambiental con una propuesta metodológica tiene sus orígenes en la década de los setenta en países europeos, para el caso de América Latina fue formalizada tiempo después, esto debido a diversas desigualdades sociales de la región. Para esto, actualmente se busca el cambio de paradigma de la relación del

ser humano con el ambiente que lo rodea (Calixto, 2013). Desde sus inicios, la educación ambiental se ha concebido como un proceso permanente de concientización de la sociedad hacia el medio ambiente y los conocimientos, valores y destrezas experiencias que les permitan actuar en lo individual y lo colectivo, para resolver problemas en el presente y futuro (Galindo, 2015). Se trata de un campo fértil para la intervención educativa, emergente de la reflexión y de propuestas teóricas, traduciéndose en acciones analíticas y críticas.

Mora (2012) acerca de la inclusión de la EA en la educación menciona que:

“la necesidad de incluir la dimensión ambiental en la educación aparece más que una elección como un imperativo, (...) deben dar respuesta efectiva de aplicación de modelos centrados en el desarrollo sostenible mostrando caminos y concreciones que apunten a la satisfacción de las necesidades básicas de la sociedad. (...) ha aparecido la integración de lo ambiental a los Proyectos Educativos Institucionales y en concreto a sus funciones institucionales de gestión, investigación, extensión y docencia”. (Mora, 2012, p.80-81)

Tal y como refieren Rueda y Sánchez (2018) que la “ambientalización” de la educación es mucho más que el abordaje de temas ecológicos en forma transversal en un programa educativo, o la inserción de temas ecológicos en alguna asignatura, o presentar ocasionalmente alguna actividad con temática sobre conservación del ambiente, deberá estar construida considerando como eje integrador la educación ambiental para la sustentabilidad, la equidad de género y la formación humanista de los futuros ciudadanos del mundo.

Planeación prospectiva

Para Miklos (1998) la planeación representa “la búsqueda creativa, organizada, sistémica y comprometida de incidir sobre el futuro (...) implica formular escenarios y determinar objetivos, estrategias y prioridades, asignar recursos, responsabilidades y tiempos de ejecución, coordinar esfuerzos, evaluar resultados, y asegurar el control de los procesos” (p.11). Resulta necesario planificar y llevar a la acción la EA en los ámbitos educativos. La planeación prospectiva ofrece alternativas futuras, bajo una visión holística tanto de tintes cuantitativos, como cualitativos, lo que permite una apreciación completa y dinámica. La prospectiva pone al alcance el futuro deseable (Miklos y Tello, 2007). Un escenario posible debe partir de la realidad de una determinada situación, retomando las características específicas del fenómeno a estudiar y la manera en que se han llevado sus procesos inherentes. La comprensión de la situación actual de la EA en la PA nos permitirá visualizar a corto y mediano plazo la directriz que marcará las condiciones futuras

en torno al abordaje de esta temática en el Departamento.

Ante esto, con ayuda de la herramienta metodológica del análisis FODA, que considera las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, se organiza en una matriz de información de cuatro cuadrantes, sistematiza y articula las principales características y observaciones tanto externas e internas correspondientes a cada categoría que resaltan de una organización (Sánchez, 2020). En la planeación prospectiva es pertinente utilizar el análisis FODA, dicha estrategia permitirá un análisis profundo para la toma de decisiones en una institución educativa como la PA ante una problemática planteada, en este caso la ambiental, y así planificar un mejor porvenir para la EA en un escenario deseable y posible.

Materiales y método

En el presente estudio se rigió bajo un enfoque mixto, usando las fortalezas de ambas visiones e integrando sistemáticamente los datos cualitativos y cuantitativos (Hernández *et al.*, 2014). Para lo anterior, se empleó la técnica de investigación documental mediante la búsqueda exhaustiva y recolección de información referente a la práctica de EA en el Departamento de Preparatoria Agrícola, en ella, se indagó en páginas web oficiales de la Universidad, de eventos científicos y en bases de datos de la Dirección General de Investigación y Posgrado (DGlyP), además de consultar memorias de congresos y artículos científicos. A partir de los resultados obtenidos en la búsqueda selectiva, se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de los datos.

Este trabajo aborda cuatro categorías de análisis que permitieron profundizar en el análisis y prospectiva: infraestructura para la EA, eventos académicos, publicaciones en libros con registro ISBN y proyectos de investigación registrados por profesores pertenecientes al Departamento ante la DGlyP. Se sintetizó parte de la información en una matriz FODA, la cual permite estudiar todo el entorno que rodea a una situación particular (Villagómez *et al.*, 2014). Con lo anterior, se determinan las condiciones de la EA en diferentes categorías en la PA, dirigido hacia una prospectiva deseable y posible, bajo un contexto real.

Resultados

1. Infraestructura para la educación ambiental en la Preparatoria Agrícola

Las áreas académicas de Biología, Agronomía Física y Química son las que principalmente llevan a cabo la EA en los siguientes espacios: a) Invernadero de Plantas Tropicales, b) Acuario, c) Museo Universitario de Biología y Educación Ambiental (MUBEA), d) UMA Orquidario Chapingo y e) Casa Solar Chapingo.

a) y b). Invernadero de plantas tropicales y el acuario

Espacios destinados a actividades de apoyo a la enseñanza, investigación, difusión de la cultura y de servicio. Físicamente, se encuentran juntos en un área aproximada de 500 m². Creados conjuntamente en el año 2008, reciben anualmente entre 3,000 a 6,000 visitantes de PA y diversas partes del país y el extranjero (Figura 1). Promueven la EA desde el punto de vista de la conservación y exposición de especies vegetales y piscícolas representantes de diversos ecosistemas en un ambiente propicio para desarrollar una conciencia ambiental y fomentar el conocimiento biológico. Participan en los diversos eventos nacionales e internacionales de la Universidad como la Semana de la PA, la Feria Nacional de la Cultura Rural, la Semana de la Ciencia, entre otros. En él se llevan a cabo proyectos de investigación ante la Dirección General de Investigación y como productos se cuenta con tesis de licenciatura y maestría, servicios sociales, estancias preprofesionales y talleres socio-institucionales.



Figura 1. Invernadero de plantas tropicales y acuario.

Fuente: <https://www.facebook.com/AcuarioinvernaderoChapingo/>

c) Museo Universitario de Biología y Educación Ambiental (MUBEA)

Lugar que tiene como objetivo promover y difundir el conocimiento científico en las ciencias biológicas y en educación ambiental, a través del trabajo museográfico

dirigido a la comunidad de la UACH y su entorno (Figura 2 y 3). Cuenta con espacios como el “pasillo de la ciencia”, el “jardín de la Dalia” (flor nacional), “jardín de plantas medicinales” y un área con vitrinas para exposiciones temporales. Tiene como primeros destinatarios a los estudiantes de la Preparatoria Agrícola, y, se extiende para atender y dar servicio a la comunidad universitaria de la UACH y a comunidades externas que visitan el campus. Participa activamente en los eventos nacionales e internacionales de la UACH.



Figura 2 y 3. MUBEA.

Fuente: <https://www.facebook.com/Museo-de-Biologia-101493491395530/>

d) UMA “Orquidario Chapingo”

La UMA (Unidad de Manejo Ambiental) Orquidario Chapingo tiene bajo su resguardo poco más de 100 especies nativas, de las cuales 30 están en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-ECOL-2010 de la SEMARNAT. Es una unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre, tiene como objetivo la conservación del hábitat natural, poblaciones y ejemplares de especies silvestres de la familia Orchidaceae, para lo cual cuenta con un área aproximada de 1,500 m² (Figura 4 y 5).

Participa en eventos nacionales e internacionales de la UACH, los estudiantes realizan en ella tesis de licenciatura y posgrado, servicios sociales, talleres socio-institucionales, ayudantías, etc. Además de manejar el cultivo de orquídeas, en el invernadero se hacen otras actividades: capacitación a productores, cursos de orquídeas a estudiantes de la universidad, participación en la semana de la ciencia y tecnología, estancias preprofesionales, atención a tesistas, servicios sociales y difusión del cultivo de orquídeas por TV y redes sociales.



Figuras 4 y 5. UMA “Orquidario Chapingo”.
Fuente: <http://prepa.chapingo.mx/Orquideario/>

e) Casa solar Chapingo

Como una propuesta de educación integral, se construyó la casa solar “muestra” con el objetivo de diseñar, implementar y evaluar; tanto procesos, como dispositivos que aprovechen la energía solar de manera integral, utilizando materiales alternativos en su construcción y con autonomía energética a pequeña escala (termosolar, fotovoltaico, eólico y biomasa). Es un espacio de investigación, desarrollo, diseño y manufactura de prototipos que hacen uso de las energías renovables como: Energía fotovoltaica, Energía eólica, Energías solar térmica y Biomasa; con la finalidad de resolver problemas energéticos a pequeña escala en comunidades agrícolas (Figuras 6 y 7). Apoya a los programas educativos de la PA, difunde el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía en la comunidad universitaria y población en general y participa en los eventos de la UACH.



Figura 6 y 7. Casa solar Chapingo.
Fuente: http://prepa.chapingo.mx/solar_chapingo/

2. Eventos científicos

Los profesores de PA participan como organizadores de dos eventos científicos en donde la EA se encuentra explícita en su denominación, además, en ellos se discuten directamente conocimientos y experiencias en EA a nivel nacional e internacional, cabe mencionar, que en ambos la UACH es instancia convocante (Figuras 8 y 9). Los eventos son los siguientes:

- *Congreso Internacional de Educación Ambiental y Sustentabilidad (CIEAS)*, el cual para el año 2020 se trata de su décima edición.
- *Simposio y Seminario Internacional de Educación ambiental y Desarrollo Sustentable (SIEA)*, para el año 2020 se realizó la tercera edición del evento.



Figuras 8 y 9. Logos del SIEA2020 y del CIEAS2019.

Fuente: <https://www.siea.org.mx/fotogaleria/>

A continuación, se enlistan las ponencias de académicos de la PA en los eventos antes mencionados (Tablas 1, 2, 3 y 4). La participación es notoria si se considera el número de trabajos que se presentaron en ambos certámenes (Tabla 5), se observa un número constante de docentes que han trabajado directamente la EA y han dado a conocer sus estudios, asimismo, el incremento del número de ponencias en el SIEA2020, respecto al SIEA2019, no obstante, disminuyó ligeramente el número de autores o coautores (2). Para el caso del CIEAS hubo una disminución de la participación de un año a otro. Cabe mencionar que la situación para el año 2020 fue de una crisis sanitaria causada por el COVID-19, por lo que ambos eventos se desarrollaron en la modalidad virtual y sus fechas fueron aplazadas.

Tabla 1. Ponencias de profesores presentadas en el CIEAS 2019

No.	Ponencia
1	“Proyectos educativos de energía solar para el estudio de temas medioambientales desde la física”
2	“Educación ambiental de estudiantes en preparatoria agrícola, UACH”
3	“Un MOOC de la UACH para el sector agropecuario: Innovación agroalimentaria: sus buenas prácticas”
4	“Planteamiento del diseño curricular por competencias para la modalidad abierta y a distancia: creación del Diplomado Buenas Prácticas de Innovación Agroalimentaria”
5	“La Educación Ambiental en la Preparatoria Agrícola de la UACH. Perspectiva de los profesores”
6	“La Enseñanza de la Física, conflictos energéticos y cambios climáticos”
7	“Contribución de los Planes de Estudio de la Universidad Autónoma Chapingo a la sustentabilidad”

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Ponencias de profesores presentadas en el CIEAS 2020

No.	Ponencia
1	“Desde el jardín de hierbas, hortalizas y flores para el ser...”
2	“El Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de la Física en un contexto de problemáticas ambientales y Sociales”
3	“Intercambio intergeneracional de saberes tradicionales y recientes en Tequexquínahuac”
4	“Efectos del buen comer ante el Covid-19 y las nuevas medidas de salud en el etiquetado de prevención”
5	“Efectos del buen comer ante el Covid-19 y las nuevas medidas de salud en el etiquetado de prevención”

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Ponencias de profesores presentadas en el SIEA2019

No.	Ponencia
1	“El invernadero de especies tropicales de la UACH como estrategia educativa ambiental”
2	“Manufactura de miniturbinas de tres palas para el estudio de la energía eólica”
3	“Geometría óptica de concentración de energía térmica para el diseño de prototipos solares”
4	“La Educación ambiental en la Preparatoria Agrícola de la UACH. Perspectiva de los profesores”
5	“Economía campesina y recursos naturales en la región sierra alta de Hidalgo”
6	“Plantas introducidas en la Sierra de Guadalupe, hábitat de la mariposa monarca”
7	“Eliminación de tolueno mediante un proceso desnitrificante en un reactor de lote secuenciado”

No.	Ponencia
8	“Agricultura tradicional resiliente al cambio climático en Ozumba, México”
9	“Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo para comunidades rurales”
10	“Caracterización del recurso eólico en la zona del Colegio de Postgraduados, campus Montecillo”
11	“Asesoramiento y capacitación a los productores de orquídeas (UMA´s) en Tenango de las Flores, Puebla”
12	“Desarrollo y manufactura de palas para la construcción de turbinas eólicas de baja potencia”
13	“Producción de maguey y pulque, en el marco de saberes tradicionales”
14	“Planteamiento del diseño curricular por competencias para la modalidad abierta y a distancia: creación del diplomado buenas prácticas de innovación agroalimentaria”

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Ponencias de profesores presentadas en el SIEA2020 (modalidad virtual)

No.	Ponencia/Cartel
1	“El Programa Ambiental Universitario, promotor de la sustentabilidad en la Universidad Autónoma Chapingo”
2	“Implementación de un proyecto comunitario a través de la participación social: mi huella ecológica”
3	“La enseñanza de la física para la promoción de equilibrios energéticos y cuidados ecológicos”
4	“Técnica para la propagación de helechos arborescentes en la Universidad Autónoma Chapingo”
5	“Discurso ambiental en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024”
6	“La Educación Ambiental en la preparatoria agrícola de la UACH. Estado y prospectiva”
7	“Seguridad alimentaria: valoración de la producción de alimentos bajo un enfoque orgánico”
8	“Los colémbolos como elementos de sustentabilidad del suelo”
9	“Taller de ecotecnias energéticas: educación y sensibilización ambiental a escala local”
10	“Uso extractos vegetales y productos biológicos para el manejo de moho gris (<i>Botrytis cinerea</i> Pers.) en tres especies de frutillas, en postcosecha”
11	“Saberes Tradicionales y Cambio Climático Global: caso de estudio, región Sierra Alta de Hidalgo”
12	“Reutilización de materiales en el MUBEA de la UACH”
13	“Abejas sin aguijón desde el saber local”
14	“Formas de enseñanza y aprendizaje de la física en un contexto de cambios energéticos”
15	“Observaciones sobre el ciclo de vida de <i>Callophrys xami</i> en la producción de plantas ornamentales”
16	“Capacitación a productores de orquídeas en Tenango de la Flores, Puebla: hacia un aprovechamiento sustentable”

No.	Ponencia/Cartel
17	“Manejo de antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporoides</i>) en papaya (<i>Carica papaya</i> L.) mediante el uso extractos vegetales”
18	“El Ahuate, <i>Hylesia nigricans</i> (Lepidoptera: Saturniidae): un alimento prehispánico de origen tlaxcalteca”
19	“Cultura y saberes tradicionales. El caso del maguey y el pulque”
20	“Encuentro de saberes: territorios agroalimentarios como modelo de desarrollo rural sustentable en Ixtenco, Tlaxcala”
21	“El cambio climático, una oportunidad para adaptar contenidos de Física”
22	“Autogestión del desarrollo rural sustentable en Nopalillo, Epazoyucan, Hidalgo”

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Participación del profesorado en el CIEAS y el SIEA (2019-2020)

Evento	Ponencias	Profesores (autor o coautor)
CIEAS2019	7	9
CIEAS2020	5	4
SIEA2019	14	18
SIEA2020	22	16

Fuente: Elaboración propia.

3. Publicaciones de libros con registro ISBN

Como parte de la difusión del conocimiento y producto de los trabajos presentados en ambos eventos en las últimas ediciones, se han publicado libros de forma impresa y digital, todos con registro ISBN (Figuras 10, 11 y 12). El Departamento de Publicaciones de la UACH tiene la función de realizar las revisiones, correcciones y los trámites correspondientes ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR) para su registro, además, de su publicación con la Editorial *Universidad Autónoma Chapingo*, lo concerniente a la difusión, esto corre a cargo de los coordinadores y autores. Derivado de lo anterior, hasta el 2020 se han publicado cinco obras (Tabla 6) en donde de manera explícita se encuentra la EA en el título o algún concepto relacionado a ella. Las publicaciones continuarán como parte de las metas y proyecciones del CIEAS y el SIEA.

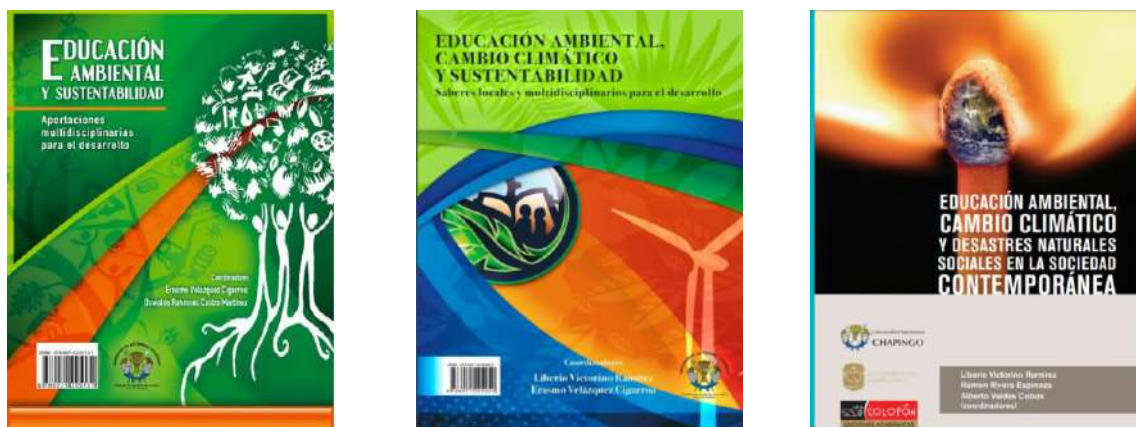


Figura 10, 11 y 12. Algunas publicaciones de la temática Educación Ambiental.

Fuente: <https://www.siea.org.mx/publicaciones/>

Tabla 6. Relación de publicaciones con registro ISBN

No.	Título del libro	Formato	Producto del evento
1	Educación ambiental, cambio climático y desastres naturales, sociales en la sociedad contemporánea	Impreso	CIEAS2018
2	Educación ambiental, cambio climático y sustentabilidad. Saberes locales y multidisciplinarios para el desarrollo	Digital	CIEAS2018
3	Educación ambiental y sustentabilidad. Aportaciones multidisciplinarias para el desarrollo.	Digital	SIEA2018
4	Educación ambiental y cambio climático. Repercusiones, perspectivas y experiencias locales.	Digital	SIEA2019
5	Sostenibilidad y presente. Desafíos y aciertos en la construcción del futuro.	Digital	SIEA2019 y CIEAS 2018

Fuente: Elaboración propia.

4. Proyectos de investigación registrados por profesores de Preparatoria Agrícola en la Dirección General de Investigación y Posgrado

La Dirección General de Investigación y Posgrado (DGlyP) de la UACH “(...) tiene como misión promover, fortalecer y dar seguimiento a la investigación científica y tecnológica (...) que respondan a las necesidades de generación de conocimiento, desarrollo tecnológico y solución de problemas de la sociedad y la agricultura” (Universidad Autónoma Chapingo, 2020a). La DGlyP es la instancia encargada de vigilar y coordinar la investigación universitaria, actividad sustantiva de la UACH para la generación de conocimiento científico. Resultado de la revisión de bases de datos de la DGlyP, se encontró que para el año 2018 hubo un total de 12 proyectos

registrados, de los cuales 9 profesores de la PA fungieron como responsables (Tabla 7), mientras que en el año 2019 un total de 15 proyectos fueron registrados, en ellos 12 profesores de PA fueron los responsables (Tabla 8). Para el año 2020 no hay registro de manera pública; por tanto, no está presentado en este estudio.

Tabla 7. *Proyectos registrados por profesores de la PA ante la DGlyP en el 2018*

No.	Nombre del proyecto
1	Agricultura resiliente y multifuncional en los sistemas tradicionales de producción de Ozumba, Estado de México
2	Características de la formación ambiental a nivel secundaria: los cimientos, manejo y disposición de residuos sólidos
3	Impacto ambiental introducción del cultivo para la producción de biocombustibles
4	Desarrollo de una turbina eólica para aplicaciones agrícolas
5	Deshidratación solar indirecta de alimentos utilizando un sistema híbrido térmico fotovoltaico que integra un recolector solar para el calentamiento de aire y un panel fotovoltaico en la cámara de secado
6	Diversidad del orden Lepidoptera De la Sierra de Guadalupe, Ecatepec, Estado de México
7	Estrategias de manejo agroecológicas y conservación de la fertilidad de los suelos en Donjhi municipio de Jilotepec, Estado de México
8	Estudio de <i>Rhagoletis zoqui</i> (Diptera-Tephritidae) como plaga del nogal (<i>Juglans mollis</i>) en Zoyatzingo, México
9	Contribución a la conservación y reproducción ex situ de hemípteros acuáticos en Nexquipayac, Atenco, Estado de México
10	Plantas con potencia ornamental mediante producción Orgánica en el municipio de José Iturbide, Guanajuato
11	Efecto suicida que varios extractos de <i>Equisetum</i> sp en dermatofitos y hongos fitopatógenos
12	Cultivo in vitro de pteridofitas (helechos) en peligro de extinción importancia ornamental

Fuente: Elaboración propia con información de la Universidad Autónoma Chapingo (2020b).

Tabla 8. *Proyectos registrados por profesores de la PA ante la DGlyP en el 2019**

No.	Nombre del proyecto
1	Sistemas agromedicinales recientes en San Pablo Ixayoc, Estado en México
2	Educación y saberes ambientales a nivel intergeneracional en la Comunidad de Tequexquahuac
3	Impacto ambiental en la introducción de cultivos de <i>Jatropha curcas</i> para producción de biocombustibles y estrategia alimentaria en la Sierra Norte Del Estado de Puebla
4	Creación de un MOOC para la Preparatoria Agrícola Chapingo

No.	Nombre del proyecto
5	Beneficios ambientales de la implementación de celdas fotovoltaicas en una colonia del Estado de Sonora
6	Conservación y propagación de orquídeas de la UMA orquideario Chapingo
7	Diversidad del orden Lepidoptera De la Sierra de Guadalupe, Ecatepec, Estado de México
8	Diagnóstico de la fertilidad del suelo para el cultivo de agave mezcalero en la Comunidad de infiernillo, Oaxaca
9	Clasificación campesina de suelos en cafetales del municipio de Filomeno Mata, Veracruz
10	Contribución a la conservación y reproducción ex situ dice mi perro acuáticos en Nexquipayac, Atenco, Estado de México
11	Estudio de <i>Rhagoletis zoqui</i> (Diptera-Tephritidae) como plaga del nogal (<i>Juglans mollis</i>) en Zoyatzingo, México
12	Propagación de <i>Chrysactinia mexicana</i> y <i>Thymophyla setiofolia</i> (Esteraceae) por métodos orgánicos
13	Rescate y conservación de las especies cactáceas y otras en peligro de extinción en el municipio de Nopaltepec, Estado de México
14	Efecto suicida que varios extractos de <i>Equisetum</i> sp en dermatofitos y hongos fitopatógenos
15	Cultivo in vitro de monilofitas (helechos) y Licofitas en peligro de extinción y de importancia ornamental bajo manejo orgánico

Fuente: Elaboración propia con información de la Universidad Autónoma Chapingo (2020b).

Nota: *Algunos proyectos pueden volver a registrarse de un año a otro como una continuación de la investigación.

Matriz FODA de la Educación Ambiental en la Preparatoria Agrícola

Con base en los resultados y análisis obtenidos, la información se sistematizo con ayuda del análisis FODA en una matriz, tanto en la dimensión interna (fortalezas y oportunidades) como en la dimensión externa (debilidades y amenazas), lo que es descrita en la Tabla 9. Siendo una herramienta para detectar ciertas condiciones de una organización, en este caso la PA, se observa una mayor cantidad de fortalezas y oportunidades que pueden ser aprovechadas respecto a las debilidades y amenazas, estas últimas consideradas menores y factiblemente superables.

Tabla 9. *Matriz FODA*

DIMENSIÓN INTERNA

Fortalezas

- Se cuenta con lugares destinados específicamente para llevar a cabo la EA, con una infraestructura y con personal administrativo y académico para su atención y mantenimiento.
- Además, profesores de las áreas de biología, física, agronomía, ciencias sociales practican directamente la EA en los campos experimentales, jardines, pasillos, laboratorios y salones de clase.
- La DGlyP apoya a los académicos que registran proyectos de investigación para su realización en diversos campos de conocimiento, entre ellos, la EA.
- Existe la Dirección General de Difusión de la Cultura que impulsa los proyectos como congresos, simposios, foros, ciclos de conferencias y demás actividades que se pueden aprovechar para divulgar la EA.

Oportunidades

- Ser el principal promotor de EA en toda la universidad.
- Llevar a cabo la ambientalización curricular del plan de estudio de PA, ya que actualmente está en revisión.
- Generar la “ruta ambiental de la PA” en la que se proporcionen recorridos guiados a las comunidades escolares externas que visiten el campus universitario.
- Aportar al conocimiento de la EA desde la interdisciplina y la transdisciplinariedad.
- Hacer tomar conciencia a toda la comunidad sobre la crisis global, encaminada hacia una cultura ambiental, con valores y actitudes en pro del medio ambiente y su deterioro.
- La creación en los Institutos de investigación de nuevas líneas de investigación en particular en EA.

DIMENSIÓN EXTERNA

Debilidades

- La falta de contenidos explícitos en los programas de estudio de las diversas asignaturas que se imparten en PA.
- Una visión fragmentada de los docentes ante la problemática ambiental, sin comprender holísticamente su complejidad y la necesidad de abordarla de manera transversal por todas las ciencias y disciplinas.
- La dificultad de trabajar en equipo en los cuerpos colegiados, se tienen antecedentes de planes colectivos que no han salido adelante, mientras que otros sí.

Amenazas

- El desinterés de algunos miembros de la comunidad de PA por la falta de conocimiento en la temática ambiental.
- Las interrupciones por motivo de cierre de las instalaciones de la universidad debido a huelgas, paros laborales y estudiantiles, pandemia.
- Caer en la teorización, sin realizar intervenciones verdaderas de EA en el Departamento.
- Autoridades en turno que no apoyen o propongan acciones de EA a nivel de Departamento.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones y prospectiva

El estado de la EA en la PA fue caracterizado y abordado en cuatro categorías, asimismo, mediante un análisis FODA se identificaron sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para desarrollar una prospección. Existen espacios valiosos que permiten llevar a la acción la EA desde varios campos de estudio, los cuales con un gran esfuerzo se han consolidado a lo largo del tiempo. La PA cuenta con la infraestructura, el apoyo para tener los materiales necesarios, los recursos humanos suficientemente capacitados y con experiencia en la praxis para continuar impulsando la EA.

Los eventos académicos son una fortaleza con la que se cuenta, por lo que deben impulsarse con la finalidad del intercambio de experiencias y saberes de investigadores en la temática ambiental, hacia la inter y transdisciplinariedad para el abordaje de la crisis actual y ante el cambio global. Los docentes de la PA participan directamente en la organización y en la presentación de trabajos de investigación en dos eventos internacionales donde la UACH es la instancia que convoca.

El conocimiento vertido en dichos eventos se ha divulgado en libros con registro ISBN que siguieron un proceso riguroso y la gran mayoría son de distribución gratuita (formato digital), de continuar así, el alcance y proyección de los estudios realizados por investigadores de la PA y de otras instituciones llegará a colocar a la UACH como una instancia preocupada por la temática debido a que realiza aportaciones al estado del conocimiento y a la difusión de la cultura.

Los proyectos de investigación han aumentado en los últimos años, así como el número de profesores responsables y colaboradores. La investigación en EA debe fortalecerse a través de la intervención directa de problemas de índole ambiental que competen a la institución y a sus agentes. Por otro lado, es un área de oportunidad para la EA la creación de nuevas líneas de investigación y de su incorporación desde los Centros e Institutos de investigación coordinados por la Dirección General de Investigación y Posgrado, y con esto una mayor participación en los proyectos de investigación.

El estado de la EA en la PA es bueno, con muchas posibilidades de dirigirse hacia un escenario deseable, ya que cuenta de manera interna con muchos elementos a su favor, y en la dimensión externa las dificultades pueden solucionarse o sobrellevar sin mayor problema. La posibilidad de un futuro en donde la PA sea el principal impulsor de la EA en toda UACH y hacia el exterior es muy factible. Sin embargo, se requiere de la continuidad en el trabajo en todos sus aspectos y,

además, la integración y permeación de los actores que hacen posible la PA: profesores, estudiantes, trabajadores administrativos y autoridades.

Existe un equipo interdisciplinar de profesores-investigadores que de manera constante incide en las actividades de EA: docencia, investigación y difusión de la cultura. Lo que permitirá la consecución en aumento de logros ante los complejos desafíos que representa la problemática a resolver. Si tal grupo es fortalecido, se consolidará la “semilla” en un campo muy fértil para el desarrollo en todo su esplendor de la EA. Caminar hacia la comprensión holística y al estudio transdisciplinar de la problemática ambiental y de la actual crisis sanitaria (2020) causada por el nuevo coronavirus SARS-Cov-2 (COVID-19), nos llevará a una planeación estratégica para lograr un verdadero impacto en la comunidad de la PA y a su vez en la sociedad.

Referencias

- Calixto, F. R. (2013). Diálogos entre la pedagogía y la educación ambiental. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 7(1), 95-107.
- Galindo-González, L. (2015). La educación ambiental en la virtualidad: un acercamiento al estado del arte. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 5(10), 1-42.
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., y Baptista, L. M. (2014). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México, México: Mc Graw-Hill.
- Miklos, T. (1998). *Criterios básicos de planeación. Cuadernos de orientación metodológica 1*. Ciudad de México, México: Instituto Federal Electoral.
- Miklos, T., y Tello M. E. (2007). *Planeación Prospectiva. Una estrategia para el diseño del futuro*. Ciudad de México, México. Limusa -Fundación Javier Barros Sierra, A.C.
- Mora, P. W. (2012). Ambientalización curricular en la educación superior: un estudio cualitativo de las ideas del profesorado. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 16(2), 77-103.
- Muñoz-Cadena, C. E., Estrada-Izquierdo, I. E., y Morales-Pérez, R. E. (2016). Logros de la educación ambiental y la sustentabilidad urbana en México. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 18(3), 37-50. Recuperado de <https://bit.ly/2P4yaGn>
- Sánchez, H. D. (2020). *Análisis FODA o DAFO*. Madrid, España: Bubok Publishing S. L.
- Rueda, H. H., y Sánchez, C. M. J. (2018). ¿Se puede transformar a la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo en un bachillerato pertinente para el siglo XXI? *Textual*, 71, 137-159.

- Universidad Autónoma Chapingo. (2020a). *Dirección General de Investigación y Posgrado*. México: Chapingo. Recuperado de <http://dgip.chapingo.mx/>
- Universidad Autónoma Chapingo. (2020b). *Universidad Autónoma Chapingo: Chapingo*. Recuperado de <https://www.chapingo.mx/>
- Villagómez, C. J. A., Mora, B. Á. H., Barradas, T. D. S., y Vázquez, S. E. (2014). El análisis FODA como herramienta para la definición de líneas de investigación. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 35, 1121-1131. Disponible en: <https://bit.ly/3eh4j6d>

Del sueño a la realidad, en la nube: Huertos, nutrición y gestión comunitaria en Canaque

From dream to reality, in the cloud: gardens, nutrition, and community management in Canaque

Yessica Bibiana Reyna Camargo¹, Katherinne Valeska Moya Sanhueza²

Resumen

El proyecto “*Los frutos de mi tierra: Mejorando la nutrición y la calidad de vida de los niños y las niñas de la Aldea Canaque*”, fue dirigido por las fundaciones América Solidaria y Hábitat para la Humanidad Guatemala, con financiamiento del PNUD3 y el Fondo Chile contra el Hambre y la Pobreza. Llevado a cabo en el Departamento de San Marcos, Guatemala; de 2014 al 2019. El objetivo fue disminuir la desnutrición y malnutrición infantil, implementando huertos comunitarios y familiares. Se realizaron fases de: Diagnóstico, problematización, planificación, ejecución y monitoreo; puestas en práctica por equipos multidisciplinarios de voluntarios enfocados al desarrollo de capacidades visibilizadas y apropiadas por los habitantes; en torno a nutrición, seguridad alimentaria, equidad de género y organización comunitaria. La desnutrición infantil identificada en el primer año con 43.8 % se redujo al quinto año hasta 25.5 %. Este proceso permitió que, aún con la retirada de las ONG’s⁴, las personas de la comunidad actualmente continúen trabajando sus problemáticas a través de la autogestión. Los cambios en lo individual, familiar y colectivo evidencian la necesidad de transitar hacia nuevos paradigmas en las perspectivas tradicionales de los proyectos sociales.

Palabras clave: autogestión, desarrollo de capacidades, desnutrición infantil,

¹ Ingeniera en Agroecología por la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Edo. De México, México. Biosaberes A.C., MÉXICO. reyna.jessica.b@gmail.com

² Antropóloga con mención en Antropología Socio-cultural por la Universidad de Concepción, Chile. Fundación Nacional para la Superación de la Pobreza, CHILE. katherinnemoya@gmail.com

³ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

⁴ Organizaciones no gubernamentales.

paradigmas, voluntarios.

Abstract

The Project “*Los frutos de mi tierra: Mejorando la nutrición y la calidad de vida de los niños y las niñas de la Aldea Canaque*” was directed by the America Solidaria and Habitat for Humanity Guatemala foundations, and financed by the UNDP and the Chile Fund against poverty. It was carried out at San Marcos Department, Guatemala, from 2014 to 2019. The objective was to decrease child undernutrition and malnutrition by establishing family and community gardens. Diagnosis, problem formulation, planning, execution, and monitoring phases were conducted and implemented by multidisciplinary teams of professionals and volunteers with regard to the development of capacities (from the UNDP approach) on nutrition, food security, gender equality, and community organization, acknowledged by and proper of the inhabitants. In this way, child undernutrition identified the first year at 43.8% decreased to 25.5% by the fifth year. This process allowed people of that community to continue solving their problems through self-management, even after NGO-withdrawal. Collective, family, and individual changes confirm the need to move towards new paradigms when it comes to traditional perspectives of social projects.

Key words: child undernutrition, development of capacities, self-management, volunteers, paradigms.

Introducción

Canaque, perteneciente al municipio de San Marcos, fue constituida como aldea en el año 1975. Está ubicada al noreste del Departamento de San Marcos en la Región VI Suroccidente de Guatemala, a las faldas del volcán Tajumulco que, con 4,220 msnm, está catalogado como el punto más alto de Centroamérica. Colinda al sur con la aldea Barranca de Gálvez, siendo en conjunto las comunidades más alejadas de la cabecera municipal y de difícil acceso, anteriormente solo era posible entrar o salir a través de un reducido camino a pie; fue hasta 1999 con la ayuda internacional, la municipalidad y el apoyo de los habitantes, inició la construcción de un camino empedrado con un total de 13 km, al que solamente se puede acceder en vehículos de doble tracción.

Tiene una población de 1,400 habitantes, donde el 50.9 % son hombres y 49.1 % mujeres (INE, 2015), y un índice de fecundidad de 3.7 hijos por mujer (MSPAS, 2017) es decir, las familias están conformadas por nueve integrantes en promedio, Mismas

que sobreviven con un ingreso medio mensual de 276.03 QTQ⁵ (Castillo *et al.*, 2017), lo que equivale aproximadamente a 35.79 USD situación que la ubica dentro del rango “Muy Alta” de vulnerabilidad nutricional con 44.8 % (SESAN, 2015), de esta manera Canaque está identificada como una de las aldeas del municipio de San Marcos, con los más altos índices de pobreza y desnutrición infantil. Por mucho tiempo, organizaciones internacionales, religiosas y del Estado con el apoyo de las autoridades del municipio para su ingreso a las comunidades, han intervenido constantemente para subsanar estas carencias, desde la firma de los Acuerdos de Paz en 1996, intentado mitigar a mediante de ayuda humanitaria.

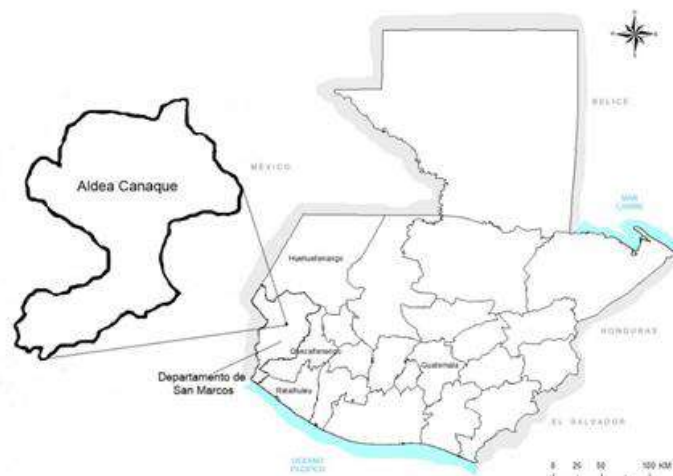


Figura 1. Ubicación geográfica de Aldea Canaque. **Fuente:** Elaboración propia.

A partir de enero de 2014, las fundaciones América Solidaria (AS) y Hábitat para la Humanidad Guatemala (HPHG) comienzan a desarrollar actividades en Canaque con un proyecto basado en la implementación de huertos familiares y comunitarios. A lo largo de seis años, este ha sufrido una serie de modificaciones, resultando como nombre final. Los frutos de mi tierra: mejorando la nutrición y la calidad de vida de los niños y las niñas de Canaque. Lo anterior debido a la logística de estas organizaciones basada en programas de voluntariado, en los que se reclutan profesionistas de diferentes áreas y países, situación que implica una gran diversidad de enfoques y propuestas.

El objetivo de este proyecto fue contribuir a la mejora continua de la calidad de vida de niños y niñas, familias y comunidades en condición de malnutrición, pobreza y/o exclusión. Propiciando el acceso a una alimentación de calidad a través de la implementación y/o mejoramiento de huertos de autoconsumo familiar,

⁵ Quetzal guatemalteco (GTQ). 1USD equivale a 7.7 QTQ aproximadamente.

comunitarios y educativos. Adicionalmente, como objetivos secundarios, se encontraba promover la soberanía alimentaria, fortalecer el tejido comunitario, mejorar ingresos familiares y empoderar a los grupos más vulnerables.

Marco teórico

Guatemala es uno de los países de Latinoamérica más intervenidos por organismos internacionales desde el término del conflicto armado en 1996, contexto en el que se han generado proyectos sociales destinados a mitigar diferentes problemáticas. Sin embargo, estos no se articulan entre sí a nivel central ni estatal, obstaculizando la construcción de un proceso organizativo que permita equidad. Esta situación se menciona en el libro *“Exigiendo Justicia y seguridad, mujeres indígenas y pluralidades legales en América Latina”* al referirse a la situación de Guatemala en torno a la ayuda internacional.

Guatemala tiene una alta dependencia de la cooperación internacional, en particular para el desarrollo social, debido a su baja recaudación fiscal y a los altos niveles de pobreza y exclusión social que hay en el país. En los años posteriores a la firma de la paz, entró dinero y expertise de todo tipo. (Sieder, 2017, p.123).

Este intervencionismo implica que cada una de las instituciones que actúa en un determinado territorio, inculque sus propias creencias y valores, generando muchas veces patologías tales como la dependencia y el asistencialismo institucionalizado. En este punto recae la importancia de romper con los enfoques tradicionales de los proyectos sociales, que históricamente han estado centrados en la beneficencia y el altruismo, dejando a las poblaciones receptoras en una vulnerabilidad sujeta a estas condiciones.

Por lo anterior, en primera instancia fue tomado como marco teórico y metodológico la teoría del Desarrollo a Escala Humana propuesta por Manfred Max-Neef, quien menciona que “la calidad de vida dependerá de las posibilidades que tengan las personas de satisfacer adecuadamente sus necesidades humanas fundamentales” (1988, p.40), a su vez, están intrínsecas en tres niveles diferentes: en lo individual, en relación con el colectivo y con el medio ambiente.

El autor precisa que es fundamental reconocer las que son propiamente necesidades y los satisfactores de estas necesidades. Es común encontrar proyectos centrados en el suministro de estos últimos, de manera que la necesidad real no se satisface, lo que genera pobreza y patologías.

Una vez identificadas las necesidades, es preciso entender la dinámica en las que estas se satisfacen, pero, sobre todo, identificar las posibilidades y obstáculos que

existen en cada uno de los niveles propuestos para su cumplimiento. Complementariamente, se toma en cuenta el enfoque de derechos y de capacidades propuesto por Amartya Sen (2000); dado que el primero constituye un marco normativo sobre los derechos humanos intrínsecos e inalienables resguardado por el Estado garante y, el segundo se refiere a capacidades vinculadas a las libertades, el desarrollo y el bienestar de las personas. Ambos permitieron vislumbrar acciones que corresponden principalmente al Estado y las que podemos emprender como individuos.

Desde estas perspectivas, el proyecto se enfocó en el acompañamiento sobre el desarrollo de capacidades, a partir de un ejercicio colectivo de identificación y visibilización de las problemáticas, necesidades y satisfactores de la aldea Canaque, y después, de los recursos naturales, económicos, humanos, etc., transformándolos en oportunidades, bajo la premisa siguiente. “En la medida en que las necesidades comprometen, motivan y movilizan a las personas, son también potencialidad y, más aún, pueden llegar a ser recurso” (Max-Neef, 1998. p, 49).

Materiales y método

En 2014, primer año de la intervención. Se realizó un diagnóstico rápido de la aldea, enfocado en identificar el estado de la desnutrición infantil, a través de una antropometría de peso y talla en niños de cero a dos años, que después fueron correlacionadas con las curvas de crecimiento establecidas por la Organización Mundial para la Salud (OMS). Esto permitió identificar si las medidas obtenidas para cada niño y niña estaban dentro de los parámetros normales esperados respecto a la edad, o no.

Las mediciones realizadas por el equipo voluntario (Acuña, 2016), arrojaron que 43.8 % de los infantes en ese rango de edad, presentaban bajo peso y talla, por lo tanto, desnutrición. Con el fin de contribuir en la disminución de dicho porcentaje, comienza la implementación de huertos familiares y comunitarios para el autoconsumo como herramienta principal, además de una campaña de educación sobre nutrición, preparación de alimentos y buenos hábitos de higiene en el hogar.

Para los huertos comunitarios se conformaron tres grupos a través de la sectorización altitudinal de la aldea, en los que fueron aglutinados la mayor parte de la comunidad, teniendo cada grupo entre 30 o 40 familias, quienes construirían la infraestructura de los huertos comunitarios con insumos proporcionados por

ambas fundaciones. Para la campaña de educación, se consolidó un grupo conformado por mujeres a las que llamaron “Promotoras de salud” quienes, acompañadas por el profesional voluntario del área de salud, acudían a cada uno de los hogares para compartir procesos de preparación de alimentos y nutrición, utilizando la herramienta del “plato del bien comer”, además de la promoción del lavado de manos, entre otras prácticas.

Cabe destacar que los profesionales voluntarios se insertaron en la aldea de manera total; es decir, establecieron su domicilio en una casa prestada por la comunidad. Esto permitió crear una relación fuerte, construyendo lazos de confianza que más adelante desencadenaron otros procesos importantes.



Figura 2. Rafael A. Gómez P. Implementación de huertos comunitarios. Huerto comunitario Número 3. Aldea Canaque, Guatemala 2017. **Fuente:** Archivo personal del autor.

Durante el segundo y tercer año, 2015 y 2016 respectivamente, destinados a la ejecución y monitoreo, inicia la implementación de los huertos familiares y la conformación de dos grupos más como huertos comunitarios, también el seguimiento a la antropometría de las niñas y los niños evaluados durante el primer año, además de otros indicadores, tales como la frecuencia en el lavado de manos por familia, el número de huertos familiares instalados y el número de participantes de los huertos comunitarios.

Para el cuarto año (2017) comienza la transición hacia la participación interactiva que propone Geilfus (2009), pues se generan las condiciones para la fase de problematización en torno al fenómeno de desnutrición y malnutrición infantil.

Como parte del monitoreo, en este proceso se pueden visibilizar de forma pragmática, las distintas categorías existenciales que propone Max- Neef (1998). Es decir, cómo la desnutrición y malnutrición en la aldea afectaba directamente el funcionamiento en torno al ser, hacer, estar y tener.

Tabla 1. *Categorías existenciales de Max- Neef aplicado a niños y niñas de Aldea Canaque*

Categoría	Funcionamiento que afecta
Ser	Salud integral (salud física y cognitiva)
Hacer	Habitar regularmente espacios como el hogar, educativos y sociales
Estar	Comer, vestir, estudiar, aprender, cooperar en tareas colectivas.
Tener	Alimentación, abrigo, vivienda, trabajo, ingresos

Fuente: Elaboración propia.

Si un niño o niña de la aldea no crece de forma saludable y se enferma, no puede habitar regularmente espacios para lograr un encuadre social, queda al cuidado generalmente de su madre, donde su proceso de formación cognitiva también se ve afectada. Esto desencadena que los niños y niñas no puedan desarrollar completamente sus aprendizajes. Por otro lado, al enfermar, la familia comienza a gastar en medicinas, la madre debe destinar el tiempo de trabajo al cuidado del enfermo; probablemente sus hermanos también dejen de asistir a la escuela para reemplazar en el trabajo a la madre y, finalmente, la familia se ve afectada monetariamente. Si estos infantes crecieran de forma saludable, sus padres no verían el funcionamiento familiar afectado por la enfermedad.

Como parte de esta transición, aún se detecta en ciertos aspectos la participación funcional, ya que el diagnóstico social participativo realizado el 2017 evidencia que no existe una apropiación de estos, los ven como los huertos de los PV⁶. La autogestión y la autonomía aún no se habían logrado hasta ese momento, volviendo poco sustentable al proyecto. A su vez, este diagnóstico permitió visualizar una problemática más profunda que la desnutrición; mediante un árbol de problemas, en un proceso de autoconstrucción, los pobladores identificaron que, aunque la desnutrición es real, no es el problema central y que ésta es solamente una consecuencia de la raíz identificada como la falta de fondos de la comunidad y del Estado.

Aunque el proyecto continuó con la línea trazada originalmente, de manera

⁶ Profesionales Voluntarios

emergente se abrió paso a propuestas surgidas desde la comunidad. Esto marcó un cambio en el rumbo de los resultados, al potencializar el trabajo realizado en años anteriores, esta vez con el sentido de apropiación de más personas de la comunidad, lo que permitió finalmente amortiguar la problemática inicial, desnutrición y malnutrición infantil.

Figura 3. Transcripción del Árbol de problemas elaborado en asamblea comunitaria. De Eduardo A. Castillo M. Aldea Canaque, Guatemala 2017. **Fuente:** Anexo fotográfico del Diagnóstico Participativo de la Aldea Canaque, Guatemala 2017.

Resultados

Durante los primeros cuatro años del proyecto, se instalaron cinco huertos comunitarios en distintos sectores de la aldea y aunque cada uno de estos tuvo desarrollos distintos; tomándose el ejemplo del huerto número cinco para explicar el proceso, siendo este donde la evolución de la organización comunitaria, el desarrollo de capacidades, inclusive la productividad y el desarrollo personal, fueron importantes y evidentes.

Este huerto, compuesto por 23 familias, está ubicado en la parte más baja de la aldea, pertenecientes, según Castillo (2017) al segundo grupo con menos ingresos,

con 166.66 Q mensuales que equivalen a 21.61USD aproximadamente.



Figura 4. Construcción colectiva de gallineros. De Katherine V. Moya S. Aldea Canaque, Guatemala 2018. Fuente: Archivo personal de la autora.

La pobreza expresa una debilidad en el desarrollo de capacidades humanas elementales para funcionar y elegir en libertad, pues estas decisiones siempre estarán en función de las plataformas con las que cuentan los individuos para la satisfacción de sus necesidades básicas, donde el ingreso es solo una de las capacidades que se ve afectada y que desencadena en pobreza; en palabras de Sen “la pobreza debe concebirse como la privación de capacidades básicas y no meramente como la falta de ingresos, que es el criterio habitual con el que se identifica la pobreza” (2000, p. 114); por tanto, las metas durante el cuarto y quinto año estuvieron enfocadas en fortalecer las capacidades humanas, asociadas a las categorías planteadas por Max Neef (1998).

Con las familias del huerto número cinco fue posible observar que, más allá de propiciar un proyecto comunitario, se debía comenzar por crear y fortalecer las condiciones básicas de grupo. En este caso, fue necesario integrar elementos como la confianza y el respeto mutuo, para que la mayor parte de los beneficiarios atendiera el llamado a participar de forma activa, en un espacio que sintieran como propio y colectivo; sobre todo, evidenciar la libertad de participar o no, la importancia de ejercer su decisión como sujetos de derecho.

Al promover el empoderamiento de los sujetos involucrados en la intervención, pudo lograrse el fortalecimiento de la gobernanza comunitaria y la autogestión desde la misma aldea. Como menciona Molina y Moreno (2001). Se centra en la

acción social con base en problemas significativos para las comunidades y actores involucrados, buscando siempre la participación activa de esta y su confianza en la iniciativa propuesta. Esto llevó a la intervención de cuarto y quinto año, tener como horizonte el tránsito desde un enfoque asistencial a uno promocional; instalando capacidades y potenciando la inversión social, de forma que pudiese, finalmente, continuar de forma independiente luego de la retirada del proyecto en el territorio.

Este empoderamiento se ve aterrizado en la propuesta de mejoramiento de la producción de gallinas para huevo y carne durante el quinto año de intervención. Es una solicitud que nace y es elaborada por los participantes del huerto número cinco y otras personas que eran beneficiarias del proyecto, en la que se requiere una serie de materiales para la construcción de gallineros. Ante dicha petición, se propuso conformar un grupo que trabajara en una propuesta más elaborada y no se limitara únicamente a la entrega de materiales, sino todo un proyecto productivo; pero lo más importante de este proceso fue que el grupo identificó su capacidad de autogestión y organización. De esta manera, seleccionaron tres líderes quienes debían trabajar con el equipo AS-HPHG para presentar una propuesta más elaborada y construir una estrategia enfocada en la producción de gallinas y que incluyera ciertos elementos relacionados con el objetivo principal del proyecto:

- Diseño de gallineros de acuerdo con las condiciones del territorio y las familias.
- Capacitaciones técnicas en torno al manejo y producción de gallinas para huevo y carne.
- Formas de organización colectiva para la construcción de los gallineros.
- Herramientas para asegurar la sustentabilidad.
- Reglamentos para el funcionamiento del proyecto y los beneficiarios.
- Presupuesto participativo que definiera aportes que pudieran realizar las diferentes partes (AS, HPHG y comunidad).

En ese sentido se promueve al individuo como sujeto de derecho, potenciando la autogestión como una de las estrategias para lograr la sustentabilidad, entendiendo que no solo se trata de una innovación en el ámbito productivo, sino de la generación de una propuesta que implicó un proceso de visibilización de recursos locales, habilidades e identificación de obstáculos y fortalezas.

El diagnóstico participativo elaborado durante el 2017, identifica que a pesar que las intervenciones de los años anteriores lograron diversificar la dieta, con la incorporación de hortalizas en la preparación de alimentos, seguían predominando

altos porcentajes en el consumo de carbohidratos principalmente (tamales⁷, tortillas, papa, etc.) y grasas, pero bajas cantidades de proteínas (cuyas fuentes principales, por orden de importancia, son: huevo, queso fresco y carne de gallina), por lo que un gallinero conlleva a incrementar la ingesta de proteína dentro de la dieta cotidiana de los habitantes de Canaque y, sobre todo, de los niños y niñas, contribuyendo en la superación de la desnutrición infantil.



Figura 5. Taller de prevención y manejo de enfermedades en la actividad avícola. De Katherine V. Moya S. Aldea Canaque, Guatemala 2018. **Fuente:** Archivo personal de la autora.

A pesar de que todos y todas las participantes contaban con un promedio de diez gallinas, sólo el 10 % alcanzaba a cubrir las necesidades de consumo, mientras que el 90% debía comprarlo en un poblado cercano. Es importante notar que el huevo que se vende en el área, es de origen mexicano y es económico, ya que ingresa al país de forma ilegal, aunque esto último significa que no cumple con las cadenas de frío necesarias u otros estándares que garanticen la calidad del producto. En este mismo estudio, se identificó que el gasto destinado a la adquisición de este producto de la canasta básica representa 27 % del ingreso medio mensual, situación que repercute en una baja diversificación, cantidad y calidad de la dieta.

No contar con corrales para estas aves implica no sólo una afectación en su rendimiento, sino también daños en los cultivos básicos (milpa), ya que al momento de la siembra las gallinas se alimentan de las plantas pequeñas del maíz, causando daños importantes. De la misma manera repercute en los huertos familiares que

⁷ Preparado a través del proceso de nixtamalización, únicamente con sal y envueltos en hoja de maíz o maxan. Este es el acompañante tradicional en las comidas, una especie de tortilla o pan.

han trabajado con los beneficiarios del proyecto de AS-HPHG. Por esta razón, la población acostumbra a sacrificarlas o venderlas durante la siembra de la milpa, como alternativa para evitar los daños pues el maíz representa mayor importancia para las familias, eliminando esta fuente de producción. Al tener estos animales de manera libre en la unidad familiar, es posible observarlas dentro de las cocinas de los hogares, así como en los patios y otros sectores de las casas. Así, las gallinas defecan en dichos espacios, por lo que las familias quedan expuestas al contacto con estos desechos, los cuales se convierte en focos de infección de enfermedades diarreicas principalmente; contribuyendo a la malnutrición y desnutrición infantil.

Por lo tanto, la construcción de un proyecto con la aldea mediante estrategias de participación activa y colectiva activó las capacidades humanas y categorías existenciales del ser, de todo un grupo humano, contribuyendo en este caso a la erradicación de la desnutrición y malnutrición infantil a través de una agricultura y ganadería sustentable, pero sobre todo a su identificación y reconocimiento como sujetos de derechos con capacidades de gestión instaladas, entre otras.

La construcción de 40 gallineros para las familias participantes en el proyecto implicó un costo de 91,520.00 Q que corresponden a 12,536.99 USD. El 52 % de este total fue cubierto por los participantes con 48,000.00 Q (6,575.34USD), 43 % por América Solidaria con 31,040.00Q (4,252.05USD) y finalmente Hábitat para la Humanidad Guatemala con 12,480Q (1,709.59UDS) que representan el 14 %.

Es importante notar el aporte de la comunidad, si bien está representado en gran parte como un aporte valorado, esto implicó a su vez la identificación de sus recursos locales, así como fortalezas con las que contribuyeron al proyecto y que denota la transición que han tenido desde participantes del proyecto a gestores.

El proyecto fue desarrollado en un proceso que implicó fases de: diagnóstico, problematización, planificación, ejecución y monitoreo, mismas que, aunque están identificadas claramente en el tiempo, no conforman un proceso lineal (Figura 6).

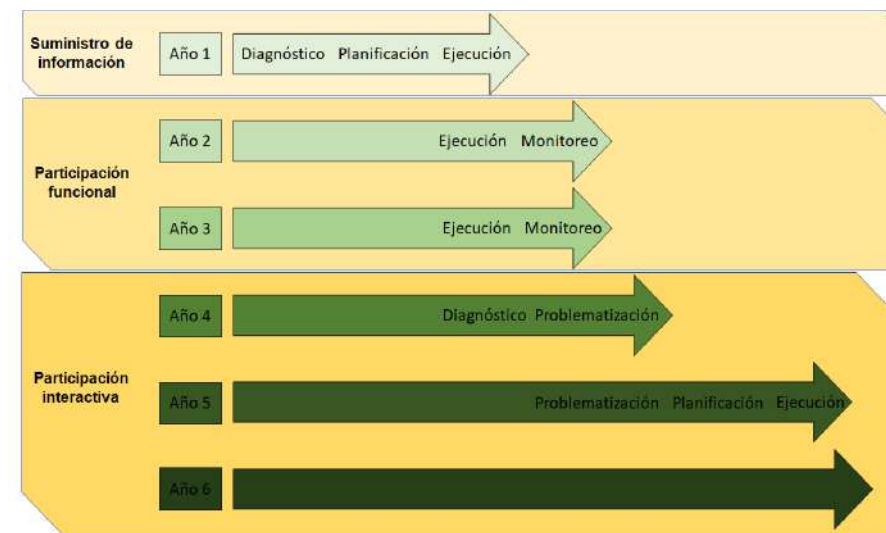


Figura 6. Sistematización de la participación. Fuente: Elaboración propia.

Según la escala elaborada y propuesta en la metodología utilizada durante el desarrollo del proyecto. Destaca la separación de los años de intervención en tres grandes grupos con relación a la situación de la participación de los beneficiarios del proyecto. El primer año se ubica en el escalón denominado “suministro de información” en el que las personas participaron dando respuesta a las entrevistas y encuestas realizadas por el equipo, así como las primeras mediciones para identificar la situación de la desnutrición infantil; sin embargo, no participaban en las decisiones sobre el proyecto y tampoco en el uso o destino que tendría la información proporcionada. Para el segundo y tercer año, ubicamos la participación como “funcional” lo que implica que las personas participan formando grupos de trabajo para responder a objetivos predeterminados por el proyecto. No tienen incidencia sobre la formulación, pero se los toma en cuenta en el monitoreo y el ajuste de actividades.

Conclusiones

Finalmente, a partir del cuarto año la participación es “interactiva” ya que los grupos familiares comenzaron a participar de forma activa en la formulación, organización, implementación y evaluación de las problemáticas relacionadas al proyecto, considerándolo como propio, potenciando procesos tanto de aprendizaje como de enseñanza, estructurada y sistemáticamente. Llevándolos a tomar el control de forma progresiva y logrando el dominio sobre sus propias problemáticas.

Es fundamental entender el grado de involucramiento que tenían los participantes

del proyecto sobre la gestión de sus recursos, pues es el nivel de acción que tienen sobre los mismos, lo que provocó que el proceso no fuera lineal, como tradicionalmente lo dictan los proyectos sociales.

Así, se observa que, durante los primeros tres años en los que la participación de los beneficiarios era funcional, se lleva a cabo un proceso lineal; a diferencia de los últimos tres años englobados en la participación interactiva en la que, a pesar que se continuó con el proceso de ejecución y monitoreo planteados desde el primer año, se realiza otro proceso de diagnóstico, se observa ya una fase de problematización, además de la planificación y ejecución; es decir, en todas las fases de este grupo la participación de los beneficiarios fue interactiva.

Este proceso dialéctico, en conjunto con el enfoque de derechos y capacidades, la práctica constante, así como la promoción permanente de los liderazgos; permitieron que aún con la retirada de las ONG's, las personas de la comunidad continúen trabajando sus problemáticas a través de la autogestión. Es importante mencionar que con esto no se busca desacreditar uno u otro proceso pues, aunque la participación fue funcional y el proyecto fue ejecutado desde las premisas de las fundaciones involucradas, el proceso de inserción comunitaria durante los primeros tres años permitió el fortalecimiento de lazos de confianza y redes de apoyo, que sentaron las bases para un verdadero diálogo que permitiera la participación interactiva.



Figura 7. Yessica B. Reyna C. Aldea Canaque, Guatemala 2017.

Fuente: Archivo personal de la autora.

Se tiene claro que, al abordar la salud de un individuo, una familia o una comunidad, se debe hacer desde un ámbito multidimensional y multidisciplinario ya que aborda aspectos físicos, emocionales y sociales. Si buscamos lograr el desarrollo sustentable de una comunidad y sus individuos, se puede garantizar una vida saludable que promueva el bienestar y la seguridad de sus integrantes.

Referencias

- Acuña, A. (2016) *Informe diagnóstico alimentario nutricional*. América Solidaria. Chile, (No publicado).
- Castillo, M. E. A., Gómez, P. R. A., Olfos, B. V., Orsi, A. L., Reyna, C. Y. B. (2017). *Diagnóstico participativo de la Aldea Canaque, Guatemala*. América Solidaria - Hábitat para la Humanidad Guatemala. Dpto. de San Marcos, Guatemala.
- Instituto Nacional de Estadística. (2015). *Encuesta Nacional de Condiciones de Vida*. Recuperado de: <https://bit.ly/3gmTzWJ>
- Geilfus, F. (2009). *80 herramientas para el desarrollo rural participativo. Diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación: diagnóstico participativo*. Manejo de recursos naturales. San José, Costa Rica: 8va ed.
- Max-Neef, M., (1998). *Desarrollo A Escala Humana, Conceptos, Aplicaciones Y Algunas Reflexiones*. 2nd ed. Montevideo: Nordan-Comunidad.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2017). VI. *Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil 2014-2015*. Recuperado de: <https://bit.ly/3au1fT4>
- Molina, M. L., y Moreno, M. C. (2001). *Modelo de intervención asistencial, socioeducativo y terapéutico en trabajo social*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Sen, A. (2000). *La pobreza como privación de capacidades* (Cap. 4). En “*Desarrollo y Libertad*”. Barcelona, España: Editorial Planeta.
- SESAN. (2016). *Estrategia Nacional para la prevención de la desnutrición crónica 2016-2020*. Comisión Nacional para la Reducción de la Desnutrición Crónica. Guatemala.
- Sieder, R. (2017). *Exigiendo justicia y seguridad, Mujeres indígenas y pluralidades legales en América latina* (Ed. Rev.). Publicaciones Casa chata, CIESAS, México.

El Programa de Restauración Ambiental Comunitaria: una estrategia de educación ambiental para conservar la biodiversidad

The Community Environmental Restoration Program: an environmental education strategy to preserve biodiversity

Yasimir Aremy Medina Maldonado¹, Rosalva Miranda Salazar²

Resumen

El modelo económico capitalista basa su crecimiento en la acumulación de riquezas a costa de la transformación de los recursos naturales, aunado al crecimiento de la población mundial, detona una serie de problemas ambientales y sociales. El objetivo del presente trabajo es generar una conciencia ambiental en jóvenes de Mérida, Yucatán, México, para conservar la biodiversidad local a través de la educación ambiental, con la implementación del Programa de Restauración Ambiental Comunitaria Mérida. La metodología activa del programa es implementada en cuatro fases: formación del grupo, contextualización ambiental, diagnóstico ambiental y actividades de restauración. Participaron 80 promotores ambientales, quienes identificaron la contaminación por basura como su principal problemática ambiental, por ello, llevaron a cabo actividades de restauración en este sentido, también registraron e identificaron especies de flora y fauna con el uso de la plataforma Naturalista, sumando 230 especies. Dicha información sirvió para elaborar una guía comunitaria y estudiar la biodiversidad local. Con este programa se logró replantear la relación de los promotores ambientales con el ambiente y cumplir el objetivo establecido.

Palabras clave: contexto ambiental, flora y fauna local, jóvenes de Yucatán.

1 Coordinador Programa de Restauración Ambiental Comunitaria, Mérida, CEMEX-Responsabilidad Social Corporativa. Mérida, Yucatán. Correo electrónico: yasimir.pracmerida@gmail.com

2 Coordinador Programa de Restauración Ambiental Comunitaria. Centro CEMEX-Tecnológico de Monterrey, Nuevo León. Correo electrónico: rosalva.miranda@tec.mx

Abstract

The capitalist economic model bases its growth on wealth accumulation at the expense of the transformation of natural resources and, together with world population growth, triggers a series of social and environmental problems. The objective of this work is to raise environmental awareness among young people in Merida, Yucatan, Mexico, in order to preserve local biodiversity through environmental education, by the implementation of the Community Environmental Restoration Program Merida. The active methodology of the program is implemented in four phases: group formation, environmental contextualization, environmental diagnosis, and restoration activities. Eighty environmental promoters were trained; they identified waste pollution as their main environmental problem, thus, they performed restoration activities in that matter. They also registered and identified a total of 230 species of flora and fauna by using *Naturalista* platform. That information helped in the development of a community guide and in the study local biodiversity. Given the above, the project could re-establish the relation between environmental promoters and the environment, and could reach the initial objective.

Keywords: environmental context, local flora and fauna, Yucatan youth.

Introducción

En las últimas décadas las sociedades enfrentan un deterioro ambiental a un ritmo más acelerado; en la segunda mitad del siglo XX, se han detonado una serie de retos ambientales, como la pérdida y deterioro de los hábitats y el cambio climático, provocando una disminución de la riqueza biológica. El deterioro ambiental ha incrementado a medida que el capitalismo sentó bases; el cual es, un modelo que busca la acumulación de bienes y riqueza económica a costa de extraer los recursos de la naturaleza, a una velocidad acelerada y sin punto de saciedad, lo que no permite su regeneración; con base a estas dos menciones, se señala que, es altamente depredador de los recursos del ambiente, a la par que detona conflictos sociales; en este sentido Sagobal (2015) menciona:

Este crecimiento solo puede tener lugar con una mayor explotación de la clase obrera, a la vez que aumenta la producción. El crecimiento de la producción adinfitum, simultáneamente con el consumo de materias primas, entra en pugna con la finitud del planeta. (p. 77)

Por ello, se debe enfatizar que, los problemas ambientales, son también sociales, ya que “la pobreza y el deterioro ambiental son efectos paralelos e interactuantes

de un mismo proceso global de desarrollo deformante” (Tudela, 1991, 14). Por tal motivo, la actual crisis ecológica, no debe únicamente mirarse en términos de pérdida y degradación ambiental, es un proceso más complejo, íntimamente ligado con problemas sociales, como el incremento de la pobreza y el crecimiento de la población.

Los problemas ambientales han seguido a los seres humanos desde su aparición, y se han acelerado a partir de la segunda mitad del siglo XVIII, con el inicio de la industrialización; este proceso de transformación de las sociedades gestó el surgimiento del actual modelo económico capitalista, el cual sentó sus bases algunas décadas después, con la segunda revolución industrial, pues “La industrialización trajo una cada vez más acelerada transformación de la naturaleza en bienes que necesitan ser consumidos” (Carosio, 2008, p.132). Con esto, las sociedades cambiaron sus patrones de consumo y con ello, su relación con la naturaleza.

El modelo económico capitalista y los problemas socioambientales

El actual modelo consumista impacta al ambiente, al extraer los recursos de manera voraz, como si estos fueran infinitos; se entiende esta lógica de consumo de acuerdo con lo señalado por Rodríguez (2012):

El consumo es algo más que un momento en la cadena de la actividad económica. Es una manera de relacionarse con los demás y de construir la propia identidad (...) es un estilo materialista y egoísta que remarca la desigualdad social, dando pie a una crisis económica, social y cultural. (p.1)

Dicha actividad no puede ser sostenida ambientalmente, ya que la cantidad de recursos en el ecosistema es finita; este ritmo de consumo ha debilitado a los ecosistemas, en consiguiente, no funcionan de manera óptima para proveer los servicios ecosistémicos que son vitales para la subsistencia de sociedades (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] 2012). La depredación de los recursos y el deterioro de los ecosistemas, han sido en beneficio de un crecimiento económico impuesto por el modelo capitalista en aras del “progreso” de las sociedades modernas; sin embargo, desencadena y acelera una serie de consecuencias socioambientales que, lejos de lograr un avance, ponen a la población en alto grado de vulnerabilidad.

Los problemas socioambientales que atañen a la época moderna son diversos, aquellos que requieren de mayor énfasis en su atención son: el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el deterioro de la capa de ozono, la contaminación

(aire, agua y suelo), desertificación, la pérdida de flora y fauna nativa, la falta de espacios verdes, y el hacinamiento poblacional (García y Priotto 2009). Al ser diversos y complejos, su abordaje debe ser pensado y estructurado de la misma manera, de este modo deben surgir propuestas de intervención con el enfoque socioambiental.

La educación ambiental como estrategia de conservación de la biodiversidad

Analizando que, las sociedades modernas basan su desarrollo en un modelo económico altamente consumista de los recursos, al grado que generan una degradación de los ecosistemas, con múltiples consecuencias socioambientales, se plantea que: los problemas ambientales son consecuencia de un proceso donde la acción humana es determinante, pero también “es el elemento capaz de implementar las posibles soluciones al deterioro y las acciones de conservación de la biodiversidad y de los servicios ambientales” (SEMARNAT, 2012, p. 25).

El abordaje de los problemas socio-ambientales, debe generar un cambio en los patrones de consumo banal y reestructurar la relación de las sociedades con su ambiente, a través de dar a conocer la realidad socio-ambiental, sus consecuencias y la relación de las acciones individuales y colectivas en dichos procesos; por otra parte, deben generar en los individuos la plena conciencia de su poder transformador de dicha realidad socio-ambiental, para buscar “otras formas de desarrollo que permitan un nuevo crecimiento económico sostenible, tanto en términos ambientales como sociales y económicos” (Castro, 2000, p 45).

En este sentido, el presente trabajo propone a la educación ambiental como una estrategia educativa, para generar conciencia ambiental por tanto conservar los recursos naturales a través de replantear la relación de los individuos con el ambiente. La educación ambiental (EA) deber ser vista como la vía que permita gestar conciencias en las sociedades, como mencionan Dieleman y Juárez (2008):

(...) pretende tener una visión holística e interdisciplinaria, impulsora de valores, que desarrolle el pensamiento crítico, enfocada a la resolución de problemas (...) con decisión participativa de los actores dentro de sus condiciones locales (...) debe permitir que el alumno comprenda la complejidad de la situación ambiental global y proponga alternativas de intervención relacionadas al quehacer profesional ante el desafío de la aplicación de los principios de la sustentabilidad. (p.135)

A través de la EA, se debe generar espacios de reflexión y análisis que permitan

frenar y compensar el acelerado deterioro ambiental y social que atañe a las sociedades modernas. Por ello, “la educación misma, debe ser transformada, es decir, ya no puede verse como un proceso de adoctrinamiento, de reproducir información en un sentido unilateral, del educador al educando” (Ocampo, 2008 p. 65).

Entendiendo esto, se debe dar importancia al surgimiento de proyectos de EA que busquen gestar un cambio social y generar un pensamiento crítico, sistémico, con ética y valores del actuar de las sociedades (Ruiz, Barraza y Ceja, 2009) para situar a los sujetos como agentes activos de su realidad con énfasis en la acción; esto último es uno de los grandes retos en la educación ambiental, pues no son únicamente estudios ambientales (Dieleman y Juárez, 2008). Los proyectos de educación deben buscar el desarrollo de conocimientos, valores, actitudes, destrezas y habilidades en el educando, que le permitan participar en la acción (Rengifo, Quitiaquez y Mora, 2012).

En este sentido, los programas de EA deben permitir al estudiante identificar las problemáticas socioambientales, asimismo participar en cada etapa del proceso para desarrollar habilidades y actitudes que le permitan identificarse como agentes de cambio, como proponen Campos, García, Aguilar, Vermont, y Oliva (2020), quienes involucran a la comunidad en las diferentes etapas de desarrollo de su proyecto; por consiguiente, logran que los actores involucrados presenten una mayor adopción de las propuestas de intervención, al ser gestadas por miembros de la misma comunidad.

Descripción del Programa de Restauración Ambiental Comunitaria

En respuesta a estas necesidades y planteamientos en 2013 surge en el estado de Hidalgo, el Programa de Restauración Ambiental Comunitaria (PRAC), en 2019 se implementa en Mérida Yucatán.

El PRAC es un programa de educación ambiental no formal que incluye la formación de promotores y líderes ambientales, capaces de conocer su ambiente, diagnosticar la situación socioambiental de su comunidad y proponer acciones de intervención. El modelo del programa es considerado una metodología activa, puesto que:

- Reconoce e incorpora los conocimientos y prácticas de los participantes a los procesos educativos no formales³ mediante la planeación y ejecución de la praxis basada en los saberes locales.
- Considera a las personas como sujetos activos en la construcción del conocimiento ambiental.
- Las personas aprenden y construyen conocimiento ambiental de forma dinámica cuando tienen contacto con los fenómenos ambientales de sus comunidades.
- Se parte de un diagnóstico ambiental, la socialización de los resultados y la promoción de la planeación de actividades ambientales locales.

El PRAC implementado en Mérida, Yucatán, es una apuesta de educación ambiental con el objetivo de generar una conciencia ambiental en jóvenes, para conservar la biodiversidad.

Metodología

El Programa de Restauración Ambiental Comunitaria Mérida, contó con la participación de 80 estudiantes de preparatoria, mismos que se denominan Promotores Ambientales Mérida (PAM). El PRAC se implementó bajo una metodología participativa⁴, durante un lapso de dieciocho meses, mismos que se dividen en cuatro etapas. El tiempo destinado para su formación fue 2 veces por semana (90 min/sesión), se dividió en la formación en aula de manera presencial con el educador ambiental⁵ con especialistas de las ciencias biológicas (biólogos, agroecólogos, médicos veterinarios e ingenieros en desarrollo sustentable) y su participación en actividades de práctica fuera del aula, que generaron en el PAM, una visión crítica entre el conocimiento adquirido en aula y su contexto socioambiental. Las cuatro etapas del programa se describen a continuación:

Etapa 1: Formación del grupo de trabajo. Desarrollada en cuatro meses. Se identificó a la comunidad de trabajo, para conformar el grupo de promotores ambientales y equipo de colaboración (docentes, aliados institucionales y

3 Se entiende como educación no formal al proceso de enseñanza que no se encuentra adscrito a un sistema educativo oficial o institucional, y se centra en la transición de conocimientos y actitudes positivas en el educando (López-Gómez y Bastida-Izaguirre, 2008).

4 “Por metodologías activas entendemos aquellos métodos, técnicas y estrategias que utiliza el docente para convertir el proceso de enseñanza en actividades que fomenten la participación activa del estudiante y lleven al aprendizaje” (Labrador y Andreu, 2008, p 6).

5 El educador ambiental es un educador especializado en temas ambientales, por ello es importante que, aunado a su conocimiento y especialización ambiental, tenga herramientas pedagógicas y habilidades para la socialización y generación del conocimiento, pues se encarga de concientizar sobre los problemas ambientales, sensibilizar sobre la relación de las sociedades con su ambiente y el consumo de los recursos, así como diseñar e implementar planes de intervención con la comunidad objetivo (Naturaliza, 2019).

comunidad). Posterior, se planificó la currícula de temas a desarrollar en el programa y se inició el proceso de formación en temas ambientales.

Etapa 2: Contextualización del proyecto. Tuvo una duración de cuatro meses. Permitió identificar a los líderes comunitarios y del grupo, formar un consejo de vinculación⁶ con la sociedad, para fortalecer las acciones del grupo focal y se capacitó al grupo de promotores ambientales en el uso de herramientas útiles para aplicar un diagnóstico participativo en la comunidad.

Etapa 3: Diagnóstico ambiental de la comunidad. Se desarrolló durante cinco meses. Se implementó un diagnóstico ambiental⁷, a través de la aplicación de 77 encuestas a habitantes con más de cinco años de residencia (en dos colonias inmediatas al centro educativo); los resultados se analizaron y fueron la base para las propuestas de intervención. Se generó información sobre los recursos de flora y fauna de la localidad, a través de su participación en la plataforma de ciencia ciudadana de la CONABIO Naturalista; con esta información, se elaboró material didáctico, que permitió socializar la riqueza biológica de la zona y la importancia de su cuidado y conservación.

Etapa 4: Actividades de restauración. Se desarrolló durante cinco meses. Posterior a la etapa de formación, estudio del ambiente y diagnóstico socioambiental, en respuesta se establecieron las actividades de restauración que se llevaron a cabo los PAM. En esta etapa se realizaron recorridos dentro de áreas naturales y urbanas, con el objetivo de lograr que los PAM reconozcan e incorporen los conocimientos obtenidos en su proceso de formación, con ello hacer su proceso dinámico al estar en contacto con su ambiente.

Resultados

Los PAM recibieron 32 sesiones en aula (288 horas) y participaron en eventos académicos para reforzar su aprendizaje (Tabla 1).

Tabla 1. Temas de mayor relevancia revisados con los PAM en las sesiones y eventos

⁶ El consejo de vinculación es una red de representantes de varios sectores sociales, que se desempeña como un órgano independiente, que facilita la integración del proyecto a los sectores social, académico y gubernamental.

⁷ El diagnóstico ambiental pretende que los promotores conozcan los problemas socio-ambientales que atañen a su comunidad, los analicen y hagan propuestas de intervención con base a sus conocimientos ambientales y las problemáticas detectadas.

académicos.

Formación en aula	Eventos académicos (externas)
La Biodiversidad y su importancia.	Jornada 2019: Agroecología y cambio climático en la Universidad Autónoma de Yucatán.
Recursos naturales, su importancia.	Foro "Explora y conoce la naturaleza de Yucatán". Por la Universidad Marista Mérida
Aprendiendo el uso de plataformas de ciencia ciudadana "Soy Naturalista"	Mesa panel: Mujeres por la conservación. Por Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav).
Cambio climático y gases de efecto invernadero.	Reto Somos ambiente. Organizado por Kanan Kaab A.C

Fuente: Elaboración propia.

Los promotores ambientales tuvieron un panorama más amplio de las condiciones socioambientales actuales y algunas estrategias de abordaje a través de estas participaciones. Se estableció un consejo de vinculación, integrado por 11 representantes del sector educativo, empresarial y gubernamental. Los resultados del diagnóstico ambiental comunitario mostraron que los espacios en la localidad con mayor apreciación por parte de los residentes son las áreas verdes y escuelas (Figura 1), por otra parte, las principales problemáticas ambientales y sociales que se detectaron fueron los residuos sólidos urbanos vertidos en las calles (exceso de basura) y la seguido por la inseguridad (Figura 2).

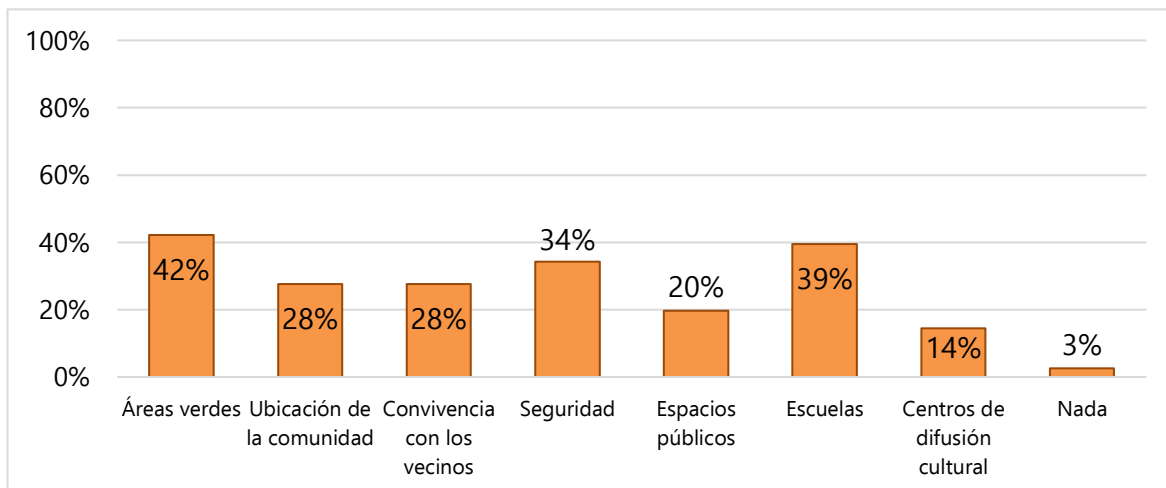


Figura 1. Características dentro de la comunidad con mayor apreciación por los residentes.

Fuente: Elaboración propia.

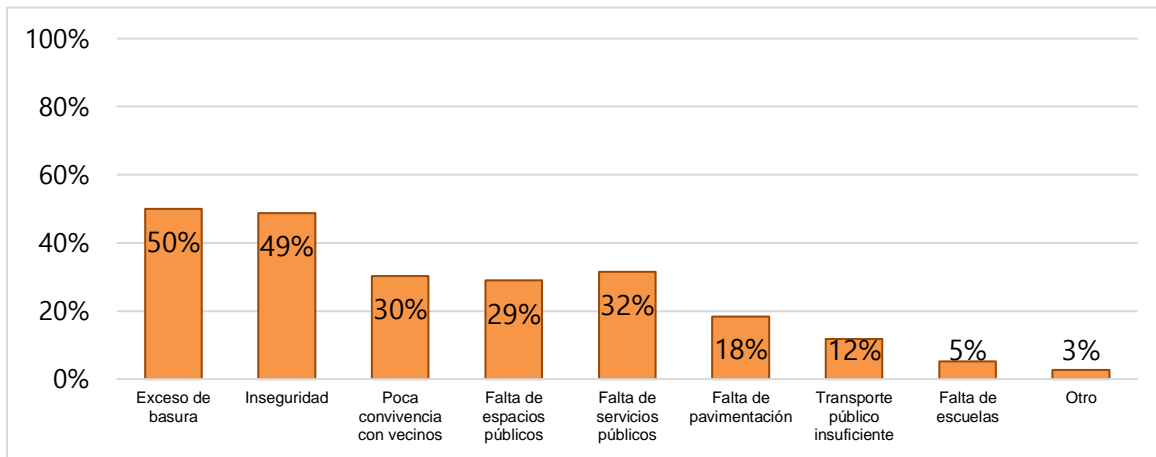


Figura 2. Problemáticas ambientales y sociales que los pobladores identifican de mayor relevancia, con base a ello, los PAM identifican la línea de acción en la que deben encaminar sus planteamientos de intervención. Fuente: Elaboración propia.

Con base a esto, los promotores plantearon actividades para la intervención, como limpieza de espacios en su colonia, sensibilización sobre la importancia de la correcta disposición de los RSU a través de visitas domiciliarias en las colonias monitoreadas y actividades para socializar información. Iniciaron con el diseño y establecimiento de un jardín para polinizadores, con el objetivo de generar un hábitat para las diversas especies de la región y su monitoreo, con ello continuar con su aprendizaje sobre la fauna local.

Los resultados de los monitoreos de fauna y flora se reportaron en la plataforma Naturalista, con el proyecto denominado “Observación de Flora y Fauna de la Península de Yucatán”, éste tuvo un registro de 630 observaciones (02 agosto 2020), distribuidas en 301 especies, lo que permitió conocer la riqueza biológica de su comunidad y con ello replantear acciones para su estudio y conservación.

Con los resultados del diagnóstico socioambiental y las observaciones de flora y fauna se elaboró la Guía Comunitaria de Mérida, Yucatán: La magia de la biodiversidad (Figura 3 y 4). Se compuso en dos secciones, la primera corresponde a un mapa comunitario de Mérida y de las colonias estudiadas, incluye indicadores de los impactos antropogénicos identificados; la segunda sección correspondió a la guía de campo de árboles, lepidópteros y aves de la zona con su descripción biológica, asimismo incluye indicadores ecológicos de las especies. La guía comunitaria permitió a los PAM socializar los resultados y continuar con su aprendizaje.



Figura 3 y 4. Yasimir, M. (26 de octubre, 2019). Guía comunitaria: La magia de la biodiversidad.

Las acciones de restauración ambiental implementadas fueron: participación en campañas de limpieza a través de la Campaña verano limpio, organizada por la Coalición Empresarial Contra el Cambio Climático y recolecta de residuos de PET y aceite, reforestaciones en espacios naturales y urbanos, participado en la Cruzada Forestal 2019, organizada por el H. Ayuntamiento de la Ciudad de Mérida. Se realizó la socialización de los resultados del diagnóstico socioambiental destacando la importancia del cuidado ambiental a docentes, estudiantes y público en general. Los PAM iniciaron el establecimiento del espacio didáctico: un Jardín para Polinizadores “La casa del colibrí” (Figura 5), un espacio para continuar con sus aprendizajes y dar a conocer a la comunidad la importancia ecológica de los polinizadores, así como las amenazas que enfrentan y seguir divulgando la cultura ambiental e incidir en la conservación de la biodiversidad local.



Figura 5. Yasimir, M. (26 de febrero, 2020). Promotores estableciendo el jardín de polinizadores.

Con las actividades de socialización se impactó a 5,838 personas, a la par que se

logró el estudio de los fenómenos socioambientales, su relación con la biodiversidad local y su importancia ecológica, por consiguiente, la implementación de estrategias para su estudio, conservación y divulgación de los resultados.

Conclusiones

El Programa de Restauración Ambiental Comunitaria es un proyecto de educación ambiental no formal que permite a los PAM reconocer y analizar las problemáticas socioambientales que afectan a sus comunidades. Los participantes desarrollan actitudes y habilidades que usan para proponer acciones de restauración para la mejora de su entorno.

Por la implementación del diagnóstico ambiental participativo ha sido posible identificar de manera contextualizada las necesidades de la comunidad, al mismo tiempo que permite a los PAM reconocerse como parte de la población afectada, con ello reforzar la relevancia de la acción. El proceso de formación busca que se reconozca la riqueza biológica en el área, a la par que se estudia su importancia, de ahí que los educandos propongan actividades para su conservación y estudio. Dicho de otra manera, la formación que reciben los PAM desencadena el inicio de una conciencia ambiental crítica, y los sitúa como agentes de cambio capaces de hacer una transformación de su realidad socioambiental.

La participación de la iniciativa privada para el surgimiento de propuestas de intervención que avancen a la etapa de ejecución de su plan de acción, son de vital importancia, de modo que aporten a la resolución de los problemas socioambientales en sus comunidades vecinas.

Por ello, la implementación del presente programa que surge de los ejes de acción socioambiental de la iniciativa privada, se considera una adecuada estrategia de educación ambiental no formal para conservar la biodiversidad, en consecuencia, cumple con el objetivo de generar una conciencia ambiental en jóvenes de Mérida, Yucatán, para conservar la biodiversidad local.

Referencias

- Campos, A., García-Gil, G., Aguilar, W., Vermont, R. M., y Oliva, Y. (2020). Diagnóstico ambiental participativo con jóvenes de una Reserva ecológica municipal para el diseño de una propuesta de educación ambiental no formal. *Acta Universitaria*, 30, 1-20.
- Carosio, A. (2008). El Género del consumo en la sociedad de consumo. *Revista de*

- Estudios de Género. La ventana*, 3 (27), 130-169.
- Castro, G. (2000). La crisis ambiental y las tareas de la historia en América Latina. *Papeles de Población*, 6 (24), 36-60.
- Dieleman, H., y Juárez, M. (2008). ¿Cómo se puede diseñar educación para la sustentabilidad? *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 24 (3), 131-147.
- García, D., y Priotto, G. (2009). *Educación ambiental: Aportes políticos y pedagógicos en la construcción del campo de la Educación Ambiental*. Recuperado de: <https://bit.ly/2QmbRfU>
- Labrador, M., y Andreu, M. (2008). *Metodologías activas*. Valencia, España: Ediciones Universidad Politécnica de Valencia.
- López-Gómez, R., y Bastida-Izaguirre, D. (2018). La importancia de la educación ambiental no formal en el medio rural: el caso de Palo Alto, Jalisco. *Diálogos sobre educación* (16), 4-5. Recuperado de <https://bit.ly/3ekdXoM>
- Naturaliza. (11 de agosto de 2020). Los educadores y las educadoras ambientales [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://bit.ly/3dyV81S>.
- Ocampo, J. (2008). Paulo Freire y la pedagogía del oprimido. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, 10, 57-72.
- Rengifo, B., Quitiaquez, L., y Mora, F. (Mayo de 2012). La educación ambiental una estrategia pedagógica que contribuye a la solución de la problemática ambiental en Colombia. En: Cape, H. (Presidencia), Independencias y construcción de estados nacionales: poder, territorialización y socialización, siglos XIX-XX. XII Coloquio Internacional de Geocrítica, Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, S. (2012). Consumismo y sociedad: una visión crítica del homo consumens. *Nómadas. Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, 34 (2), 5-23.
- Ruiz, I., Barraza, M., y Ceja, M. (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*. 16, 139-167.
- Sabogal, T. (2015). El modo de producción capitalista, su actual crisis sistémica y una alternativa posible. *Sociedad y economía*, (28), 75-94.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012). Informe de la situación del medio ambiente de México, Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental, México.
- Tudela, F. (1991). Diez tesis sobre desarrollo y medio ambiente en América Latina y el Caribe. *Ecológicas*, 2(2), p 1-35.

Grandes industrias petroleras-pequeñas comunidades pesqueras artesanales: ¿qué papel juega la educación ambiental en Brasil?

Big oil industries-small artisanal fishing communities: What is the role of environmental education in Brazil?

Roxana Ruiz Buendía¹, Tatiana Walter²

Resumen

En este estudio se describe cómo comunidades pesqueras artesanales del litoral norte fluminense³ han conquistado espacios participativos en la gestión ambiental, a partir de su inserción en Proyectos de Educación Ambiental (PEA) ejecutados obligatoriamente por operadoras petrolíferas que trabajan en la Cuenca de Campos, Brasil. La descripción resulta de procedimientos de investigación social cualitativa. El objetivo del estudio fue presentar, de modo general, cómo el Estado brasileño implementa a la educación ambiental como vía para democratizar la discusión sobre la gestión de industrias que contribuyen a la degradación ambiental nacional y mundial, incluyendo el cambio climático.

Palabras clave: educación ambiental alternativa, litoral fluminense, pesca artesanal, producción petrolífera marina.

Abstract

In this study, it is described how artisanal fishing communities from the North Fluminense littoral have gained participatory spaces in environmental management since their inclusion in Environmental Education Projects (PEA, for its acronym in

1 Maestra en Ciencias en Gestión Costera. Universidade Federal do Rio Grande, BRASIL. Correo electrónico: roxana.ruiz.buendia@gmail.com

2 Doctora en Ciencias Sociales en Desarrollo, Agricultura y Sociedad. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BRASIL. Correo electrónico: tatianawalter@gmail.com

3 Relativo al estado de Rio de Janeiro.

Spanish), conducted, compulsorily, by oil operating companies active at the Campos Basin, Brazil. The description results from qualitative social research proceedings. This study was aimed at presenting, in general, how the Brazilian State implements environmental education as a manner to democratize the discussion on the management of industries contributing to local and global environmental degradation, including climate change.

Key words: alternative environmental education, Fluminense littoral, artisanal fishing, marine oil production.

Introducción

En Brasil, la educación ambiental se usa como herramienta de gestión ambiental. Específicamente, se implementa para mitigar los impactos sociales que provocan industrias y proyectos que causan o tiene el potencial de causar daños significativos al ambiente. Así, el objetivo del estudio fue describir el papel que juega la educación ambiental instituida por el Estado brasileño en la relación entre una gran industria petrolera y pequeñas comunidades pesqueras artesanales, por medio del análisis de resultados de cinco Proyectos de Educación Ambiental (PEA) implementados en comunidades pesqueras del litoral norte fluminense.

Marco teórico

Grandes industrias: producción petrolífera marina en la Cuenca de Campos

Las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, como el CO₂, contribuyen al cambio climático detectado desde mediados del siglo XX. Entre 1970 y 2010 las emisiones de CO₂ ocasionadas por quemar combustibles fósiles y por procesos industriales, contribuyeron con 78% del total del incremento de emisiones de ese tipo de gases. Se estima que el cambio climático y los impactos asociados a las emisiones de los gases en cuestión continuarán por centurias, inclusive si las emisiones antropogénicas de ellos cesarán (IPCC, 2014).

Brasil es un país de dimensiones continentales que consume y produce hidrocarburos. Actualmente ocupa el 10° y 7° lugar de producción y consumo de petróleo; y el 31° y 27° de producción y consumo de gas natural, respectivamente (ANP, 2019). Tiene 29 cuencas sedimentarias en las que hay infraestructura necesaria para localizar, hacer prospección, extraer, refinar, transportar y almacenar los hidrocarburos accedidos. De las cuencas sedimentares marítimas se extrae el 95.7% del petróleo y el 80.4% del gas natural (ANP, 2019; 2020).

La Cuenca de Campos es la más productiva del país. Ocupa cerca de 100 mil km² de

lecho marino y es responsable de 80% de la producción de petróleo y gas natural en el país (PEA-BC, 2020). Colinda con el litoral de los Estados de Rio de Janeiro y Espírito Santo, pero es en el lecho marino frente a Rio de Janeiro donde se encuentran las mayores reservas probadas de petróleo y gas natural de Brasil (ANP, 2019). Su actividad petrolífera comenzó en 1974, cuando se descubrió su primer campo de producción (Pré-Sal Petróleo, 2020). Actualmente alberga uno de los mayores complejos petrolíferos *off-shore* del mundo (Silva, 2020).

Pequeñas comunidades: pueblos pesqueros artesanales en el litoral fluminense

A partir del inicio de las actividades petrolíferas en la Cuenca de Campos, la región del litoral norte fluminense sufrió drásticas modificaciones económicas y socioambientales. Las actividades productivas que llevaban a cabo grupos sociales, como el de pescadoras/es artesanales, fueron afectadas por esta industria (PEA-BC, 2020). Algunos ejemplos de las afectaciones son: conflictos de uso del espacio marino y terrestre, aumento poblacional, “favelización”⁴ de centros urbanos, sobredemanda de uso de infraestructura urbana y degradación ambiental (Leal, 2013; PEA-BC, 2020).

Las/os pescadoras/es artesanales se dedican a la captura y transformación de recursos acuáticos en alimento, para comercialización parcial o total. A partir del conocimiento que ellas/os reciben oralmente de sus antecesoras/es, capturan, conservan y transforman las especies pescadas, y/o construyen embarcaciones y artes de pesca. El trabajo pesquero suele ocurrir en régimen familiar o de vecinos, habiendo diferenciación social del trabajo. Ocasionalmente las/os pescadoras/es son dueñas/os de los medios de producción (Diegues, 1983).

La población de pescadoras/es artesanales y sus familiares en siete municipios fluminenses colindantes con la Cuenca de Campos se compone por mujeres y hombres, aproximadamente en la misma proporción. Su edad media es 34 años y su expectativa de vida, 60. El 62% de los individuos no terminó la educación primaria. La tasa de desempleo es 26% del total de miembros de las familias. El 24% de los individuos “viven” con hasta 1.9 USD por día, y otro 18% con entre 1.9 y 3.2 USD por día (Peixoto, Belo y Santos, 2019).⁵

4 Término usado para describir el crecimiento de áreas periféricas por la llegada de personas al lugar, generalmente pobres y desempleadas. Las condiciones de vivienda en las áreas son precarias. Quienes viven en ellas suelen no ser dueñas/os del terreno sobre el que está su hogar (n.a.).

5 Datos basados en el Censo Pescarte, llevado a cabo entre noviembre de 2014 y enero de 2016, en Arraial do Cabo, Cabo Frio, Macaé, Quissamã, Campos dos Goytacazes, São João da Barra y São Francisco de Itabapoana. Se censaron 10082 personas (Peixoto, Belo y Santos, 2019).

Las comunidades pesqueras artesanales son reconocidas por el Estado (IBAMA, 2018) y la academia (Loureiro, 2009; Walter y Anello, 2012) como uno de los grupos más vulnerables socioambientalmente a los impactos de la industria petrolífera. Fundamentalmente esto es porque dependen de ambientes íntegros para llevar a cabo la reproducción social de su medio de vida (Verly, 2016) y porque la cadena productiva de petróleo y gas marino provoca intensas modificaciones sociales y ambientales en el medio donde se instala (Petrobras y SOMA, 2014).

Educación ambiental para la obtención de licencias ambientales en la industria petrolífera

En Brasil, cuando un emprendimiento tiene la capacidad de degradar significativamente el ambiente, debe someterse al *licenciamento ambiental* - equivalente a la evaluación de impacto ambiental mexicano. Por medio de dicho proceso administrativo el Estado otorga, o no, licencias previas, de instalación y de operación (CONAMA, 1997). La entrega de licencias simboliza el “momento en que el emprendedor recibe el permiso del Estado para contaminar, impactar y degradar el medio ambiente [...]”, dentro de rangos considerados “aceptables” (Anello, 2009, p. 85, traducción nuestra). La manutención de las licencias dependerá, entre otras cosas, del cumplimiento de medidas de mitigación y de compensación impuestas por el Estado. Ellas son diseñadas para contrabalancear los impactos que causa(rá) el emprendimiento (Anello, 2009; CONAMA, 1997).

La exigencia de licencias ambientales para implementar actividades petrolíferas es una política reciente. Inició a fines de la década de 1990, veinte años después de la instalación de las primeras plataformas en la Cuenca de Campos. Ahora, aun más reciente es la exigencia de proyectos de educación ambiental como medida mitigadora de los impactos sociales negativos de la industria petrolífera sobre los grupos sociales más vulnerables. En 2004 la Comisión General de Petróleo y Gas (CGPEG), entonces órgano público responsable del proceso de *licenciamento ambiental* de la industria, comenzó a adoptar y a estandarizar los procesos de creación, ejecución y evaluación de las acciones educativas mencionadas en la Política Nacional de Educación Ambiental, de 1999, y en su Decreto de Regulación, de 2002 (Serrão *et al.*, 2010).

El reconocimiento de la potencialidad de la educación ambiental para mitigar ese tipo de impactos se basó en los principios del Decreto de la Conferencia Intergubernamental de Tbilisi, llevada a cabo en 1977 en Georgia (antigua Unión Soviética). En esencia, el documento establece que la educación ambiental es capaz de promover la concientización y la preocupación de la interdependencia

entre aspectos económicos, políticos, ecológicos y sociales; de facilitar la adquisición de conocimientos, valores, compromisos, actitudes y habilidades indispensables para proteger el ambiente; y de crear nuevos patrones de comportamientos individuales y colectivos en relación con el medio ambiente (UNEP, 1978).

Actualmente, la creación y ejecución de los proyectos de educación ambiental exigidos como condición de licencias de operación de emprendimientos petrolíferos productivos están basados en los principios de la corriente de la educación ambiental en el *licenciamiento*. Esta, por su vez, está basada en la corriente de la educación en la gestión ambiental. La educación en la gestión ambiental proporciona las herramientas necesarias para que grupos de personas se perciban capaces de comprender la complejidad de la relación sociedad-naturaleza, así como de comprometerse a actuar a favor de la prevención de riesgos y daños ambientales causados por intervenciones en el ambiente (Quintas *et al.*, 2006).

Ambos tipos de educación ambiental son corrientes de la educación ambiental alternativa -también conocida como crítica-, una de las tres macro tendencias político-pedagógicas de la educación ambiental en Brasil identificadas por Layrargues y Lima (2014).⁶ Las acciones educativas basadas en esta macro tendencia buscan enfrentar políticamente las desigualdades e injusticias socioambientales, o sea, las situaciones en las que se destina la mayor parte de daños ambientales causados por un proyecto o emprendimiento a grupos sociales históricamente desfavorecidos (Acselrad, 2010). El foco principal de la educación ambiental alternativa es la pauta social. Esto no representa obstáculos a la preservación ambiental, pues las demandas sociales por las que se luchan apuntan a la ampliación de los espacios políticos de participación para la defensa de intereses colectivos de bienestar y protección ambiental (Layrargues, 2000; 2009).

Materiales y método

Este trabajo basó sus fundamentos en las corrientes de las investigaciones sociales críticas (Minayo, Assis y Souza, 2005). A partir del contacto directo de las investigadoras con la situación de interés, se obtuvieron datos descriptivos sobre personas, lugares y procesos para comprender fenómenos según la perspectiva de las/os propias/os participantes de la situación (Godoy, 1995). Se usó el estudio de caso como herramienta metodológica por abordar un fenómeno representativo

⁶ Las otras dos macro tendencias son la conservacionista y la crítica. Ambas siguen lógicas conductuales, individualistas e ignoran los contextos social y político de los problemas ambientales (Layrargues y Lima, 2014).

(pescadoras/es artesanales como grupo vulnerable a los impactos de una gran industria) y significativo (Cuenca de Campos como lugar de origen de la relación educación ambiental-*licenciamento ambiental*).

El estudio se circunscribió a comunidades pesqueras artesanales de São João da Barra (SJB) y São Francisco de Itapabapoana (SFI), municipios del norte fluminense. Fueron elegidos porque en ellos se ejecutan proyectos de educación ambiental (PEA) que trabajan con pequeñas comunidades pesqueras artesanales y/o que atienden problemas que incumben a la pesca artesanal. El periodo analizado fue de 2016 a 2019. Los documentos analizados reportan resultados de los PEA en esos años, ya el trabajo de campo se llevó a cabo exclusivamente durante el año 2019.

Se entrevistaron siete pescadoras/es artesanales sujetas/os de las acciones educativas de uno o más PEA, cinco pescadoras/es artesanales educadoras/es socioambientales de PEA y cuatro coordinadoras/es de PEA, entre mayo y noviembre de 2018. También se hizo análisis documental sobre los últimos años de implementación de los PEA. Las entrevistas se grabaron y posteriormente se transcribieron, con el consentimiento de las/os entrevistadas/os. Las transcripciones y los documentos de los PEA se categorizaron en el programa N-Vivo® (versión 12)⁷ para después triangular los datos y obtener consistencias analíticas. En síntesis, la triangulación consiste en combinar y cruzar la visión de las/os informantes para producir un conocimiento más profundo de la realidad (Minayo, 2005).

Resultados y discusión

Programa de Educación Ambiental de la Cuenca de Campos

En 2010 la Coordinación General de Petróleo y Gas (CGPEG) creó 12 Programas Regionales de Educación Ambiental, a través de la Nota Técnica CGPEG/DILIC/IBAMA nº 01/10 (IBAMA, 2010). Los propósitos de los Programas son mitigar los impactos socioeconómicos que la industria petrolífera presente en cada cuenca que se realiza en las cuencas sedimentares marítimas brasileñas causan a las poblaciones locales, así como articular las acciones educativas a implementar en cada cuenca (PEA-BC, 2020).

Actualmente, el Programa Regional de Educación Ambiental de la Cuenca de

⁷ Programa que permite a las/os usuarias/os almacenar, organizar, categorizar, analizar y visualizar datos, así como identificar tendencias y hacer análisis cruzadas (N-Vivo, 2019).

Campos (PEA-BC, por sus siglas en portugués) está integrado por ocho PEA implementados por cinco operadoras petrolíferas que trabajan en la Cuenca de Campos. De los ocho proyectos, cinco trabajan directamente con comunidades pesqueras artesanales y/o problemas que les incumben. Ellos son: Núcleo de Educación Ambiental de la Región de la Cuenca de Campos (NEA-BC), Observación, Fortalecimiento de la Organización Comunitaria (FOCO), Proyecto Red de Estudios para el Medio Ambiente (REMA) y Pescarte (PEA-BC, 2020).⁸

Aunque el PEA-BC no fue el primero de los Programas Regionales en implementarse, se considera como el campo experimental de la educación ambiental en el *licenciamento*. Esto es porque la Cuenca de Campos fue la primera en albergar más de una operadora petrolífera. Y por tanto, fue el primer Programa Regional que tuvo que gestionar PEA enfocados a diferentes grupos sociales, e implementados por más de una operadora (M. Armond Serrão, comunicación personal, 7 de octubre, 2019).

PEA que trabajan con comunidades pesqueras artesanales del norte fluminense

NEA-BC es responsabilidad de Petrobras, inició sus actividades en 2008 y actualmente está en su tercera fase de implementación. Los sujetos prioritarios son líderes comunitarios y jóvenes de 13 municipios de Rio de Janeiro. Plantea incentivar y fortalecer la organización comunitaria para que los sujetos participen en la definición de políticas públicas ambientales, principalmente. Los municipios donde actúa NEA-BC tienen un Núcleo Operacional, espacios para que las/los participantes ejecuten actividades locales. Los Núcleos interactúan regionalmente a través de la red de la Asociación NEA-BC. Ésta está integrada por representantes democráticamente electas/os de cada Núcleo. Su propósito es garantizar el cumplimiento de las directrices que el IBAMA impone para la educación en la gestión ambiental (PEA-BC, 2020).

La Observación se lleva a cabo por PetroRio. Inició sus actividades en 2011 y ahora está en su quinta fase. Su público prioritario son pescadoras/es artesanales, quilombolas⁹, habitantes de comunidades urbanas y rurales, agricultoras/es familiares y artesanas/os de nueve municipios de Rio de Janeiro. Trabaja para que ellas/os identifiquen, monitoreen, evalúen y hagan público los impactos socioambientales de la cadena productiva petrolífera que los afectan. El PEA está

⁸ Nombres traducidos del portugués.

⁹ Habitantes de Quilombos, comunidades de descendientes de africanas/os esclavizadas/os y llevadas/os a Brasil (n.a.).

constituido por los Observatorios que hay en los municipios donde actúa. En ellos los sujetos abordan conflictos ambientales por medio de herramientas de educación popular como producción audiovisual, Teatro del Oprimido y comunicación popular (PEA-BC, 2020).

FOCO es obligación de Equinor, surgió en 2011 y ahora está en su tercera fase. Sus sujetos prioritarios son mujeres vinculadas a la cadena productiva de la pesca. El PEA pretende contribuir para la emancipación de ellas, y para el reconocimiento de su papel económico, social y ambiental en la región. Ambos municipios en los que actúa el PEA están articulados por la Asociación de Mujeres que Apoyan al FOCO, entidad jurídica creada por las mujeres del proyecto para establecer agenda común entre las comunidades y ocupar espacios en foros de discusión en la región. FOCO también cuenta con dos cocinas pedagógicas donde se ofrecen cursos sobre culinaria y organización y producción comunitaria, con énfasis en autogestión y economía solidaria (PEA-BC, 2020).

REMA es competencia de PetroRio, se creó en 2013 y actualmente está en su cuarta fase. Sus sujetos prioritarios son jóvenes vinculadas/dos a la pesca artesanal. El proyecto procura la organización comunitaria para que los sujetos participen calificadamente en la gestión pública. También trabaja para promover el reconocimiento y valoración de la identidad de las comunidades pesqueras artesanales, así como el sentimiento de pertenencia de la juventud. El proyecto está formado por cinco Colectivos de jóvenes, uno en cada municipio donde actúa REMA. La red creada por el trabajo conjunto de los Colectivos fortalece el protagonismo de la juventud en intervenciones relativas a los problemas socioambientales que ésta identifica en sus territorios (PEA-BC, 2020).

Pescarte es incumbencia de Petrobras, arrancó sus actividades en 2014, y ahora está en su tercer ciclo. Sus sujetos prioritarios son pescadoras/es artesanales y sus familias. Busca crear una red social regional entre sus sujetos para fortalecer su organización comunitaria y calificación profesional, para implementar proyectos de generación de trabajo e ingreso (PEA-BC, 2020). El proyecto creó las figuras de Asambleas Comunitaria, Grupos Gestores y Grupo Gestor Integrador. Ellos son mecanismo de organización comunitaria usados y regidos por los propios sujetos prioritarios. En ellos discuten proyectos de generación de trabajo e ingresos ideados por las/os pescadoras/es artesanales participantes (PETROBRAS y UENF, 2018).

Los espacios pedagógicos de los PEA han servido para que sus sujetos prioritarios, aprendan, como parte de la educación ambiental, a participar y a organizarse. La enseñanza de estas habilidades es trascendental pues grupos de personas

históricamente ignoradas por las políticas públicas no nacen sabiendo cómo llevarlas a cabo (Demo, 2009). Tales habilidades se adquieren si se practican (Quintas, 2009) y si se tienen recursos materiales y cognitivos mínimos (Alonso *et al.*, 2001; citado en Quintas, 2009).

Principales conquistas de las comunidades pesqueras artesanales impulsadas por los PEA

Las conquistas de las comunidades pesqueras artesanales de SJB y SFI se clasificaron en dos grupos. El primero corresponde a los derechos que las comunidades accedieron para propiciar su involucramiento en la gestión ambiental. El segundo abarca los espacios de participación que las comunidades conquistaron¹⁰ para tomar parte en la gestión de políticas ambientales y de otros temas. En total se registraron once casos de acceso a derechos y diez espacios de participación conquistados (Tabla 1).

Tabla 1. *Conquistas de las comunidades pesqueras artesanales de São João da Barra y São Francisco de Itabapoana (Brasil), según categoría de análisis*

Acceso a derechos	Espacios de participación conquistados
<ul style="list-style-type: none"> • Obtención de credencial profesional de pescadora por mujeres de Quixaba (SJB) • Obtención de credencial de artesana por mujeres de Quixaba • Regreso del ginecólogo al centro de salud en Quixaba • Disponibilidad de transporte público en SJB • Manifestaciones contra la PEC 65 de 2012 • Dragado de sección del río Paraíba do Sul en Quixaba • Saneamiento básico en SJB y SFI • Reforma del muelle del río Itabapoana en Barra de Itabapoana (SFI) • Implementación del Servicio de 	<ul style="list-style-type: none"> • Consejo Consultivo del Parque Estatal de la Laguna de Açú • Plan de Compensación de la Actividad Pesquera del Bloque BM-C-47 • Audiencia pública sobre <i>licenciamento</i> de la instalación de gasoducto en SJB • Audiencias públicas en SJB y SFI • Grupo de Trabajo de la Pesca en SFI • Secretaría Municipal de Pesca de SFI • Consejo Municipal de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de SJB • Consejo Municipal de los Derechos de la Mujer de SJB

¹⁰ El término *conquista* fue tomado del sociólogo brasileño Pedro Demo (2009). Para él, participar es un proceso infinito de conquista colectiva de la autopromoción social (entiéndase, reducción de las desigualdades sociales).

Acceso a derechos	Espacios de participación conquistados
Inspección Municipal en SFI	• Consejo Municipal de la Juventud de SFI
• Disponibilidad de terreno para instalar proyecto de cultivo de peces en SJB	• Consejo Municipal de la Salud de SFI
• Definición del lugar para coleccionar residuos de pescado en SFI	

Fuente: Elaboración propia. **Notas:** PEC 65 de 2012: Propuesta de Enmienda a la Constitución nº 65 de 2012. SFI: São Francisco de Itabapoana. SJB: São João da Barra.

En seguida se describen el par de casos de acceso a derechos y el par de espacios de participación conquistados considerados más relevantes por la transferencia de poder hacia la clase pesquera que implican. El primer caso se trata de la obtención de la credencial profesional de pescadora por mujeres de Quixaba (SJB). Dicho documento comprueba el vínculo profesional de la portadora con la pesca artesanal. Ésta les permite acceder a derechos relacionados con la profesión. Las pescadoras tuvieron contacto directo con representantes del Ministerio de Pesca y Acuicultura, durante el 1er Encuentro de Mujeres Inseridas en la Cadena Productiva de la Pesca, organizado por el PEA FOCO. En esa ocasión, las mujeres les explicaron que algunas pescadoras no podían cobrar el seguro por veda de una especie, por no contar con la credencial. “Ahí él [el representante] se puso a disposición para ayudarlas. [...] ¿Fue una victoria, cierto? Porque muchas ahora reciben el seguro por veda”, relató una pescadora-educadora de SJB.

El segundo caso es sobre las manifestaciones contra la Propuesta de Enmienda Constitucional nº 65 de 2012 (PEC 65), realizadas de forma articulada entre varios PEA, en SJB y SFI. La PEC 65 pretende adicionar el §7º al artículo 225 de la Constitución Federal de Brasil, haciendo que la presentación del estudio previo de impacto ambiental autorice la ejecución de las obras del emprendimiento (Senado Federal, 2019). La lucha contra la PEC 65 se dio a nivel nacional, pero las manifestaciones en SJB y SFI indican que los sujetos de los PEA comprenden y reconocen la importancia del *licenciamiento* ambiental.

El tercer y cuarto caso resultaron de la ocupación de audiencias públicas en SFI: la formación del Grupo de Trabajo de la Pesca en SFI y la creación de la Secretaría Municipal de Pesca de SFI. El Grupo de Trabajo se formó a solicitud del Ayuntamiento de SFI, después de que 86 pescadoras/es y personas vinculadas a la actividad asistieran a la audiencia pública solicitada por ellas/os, para exponer los problemas de la clase pesquera. “Ellas [las autoridades] se quedaron sorprendidas,

porque es inédito que algo así pase”, dijo un pescador-sujeto de acción educativa de SFI. El Grupo de Trabajo está conformado por pescadoras/es integrantes de los PEA Pescarte y Observación, concejales de la ciudad y miembros de la sociedad civil, y se reúne mensualmente, explicó un pescador-educador del mismo municipio.

Finalmente, la creación de la Secretaría Municipal de Pesca de SFI resultó del desmembramiento de la Secretaría de Agricultura y Pesca de ese municipio. La separación era una antigua demanda de pescadoras/es artesanales por ser “un derecho del pescador”, contó un pescador-sujeto de acción educativa de SFI. La solicitud formal de creación de la Secretaría de Pesca fue emitida por el Grupo de Trabajo de la Pesca, durante su reunión del 28 de abril de 2018. Casi un año después, el 20 de marzo de 2019, la alcalde de SFI declaró el desmembramiento de la Secretaría y nombró al Secretario y Subsecretario del nuevo órgano.

Conclusiones

Las actividades de la industria petrolífera marina, así como el uso de los hidrocarburos obtenidos, generan CO₂, principal gas de efecto invernadero que contribuye en gran medida al cambio climático registrado desde décadas recientes. Además de los prejuicios ambientales que causa a escala global, impacta localmente a las pequeñas comunidades que habitan y usan el territorio donde se instala y actúa. Este es el caso de comunidades pesqueras artesanales del norte fluminense, quienes han visto sus dinámicas económicas, ecológicas y sociales modificadas por conflictos que tienen con las operadoras petrolíferas instaladas en la Cuenca de Campos. Con la intención de mitigar los impactos sociales que la gran industria petrolífera marina causa a las pequeñas comunidades pesqueras artesanales, el Estado brasileño impone la implementación de PEA como condición para obtener licencias ambientales por parte de las operadoras. Los grandes objetivos de los PEA son transformar a los individuos y a las comunidades en entidades autónomas y hacerlas menos vulnerables a los impactos petrolíferos que los perjudican. Los PEA NEA-BC, Observación, FOCO, REMA y Pescarte han logrado dichos objetivos. Integrantes de comunidades pesqueras artesanales de SJB y SFI aprendieron a participar y a organizarse, gracias a los espacios que los PEA diseñan para tal fin; accedieron a derechos colectivos e individuales que propician su injerencia en la gestión ambiental; y conquistaron espacios de participación y decisión de interés para el sector pesquero. Este conjunto de resultados nos parece razón suficiente para que la educación ambiental alternativa sea explorada en países latinoamericanos, como México, siempre tomando en cuenta las particularidades socio-políticas e históricas de cada lugar.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por la *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil* (CAPES) (código de financiamiento 001) y por el *Fundo Brasileiro para a Biodiversidade* (FUNBIO). El estudio se desarrolló dentro del *Projeto Impactos na Pesca*, ejecutado por el *Laboratório Interdisciplinar de Mapeamento em Ambientes, Resistência, Sociedade e Solidariedade* (*Laboratório MARÉSS*), de la *Universidade Federal do Rio Grande-Brasil* (FURG). El *Projeto Impactos na Pesca* es una investigación financiada con recursos oriundos de un Término de Ajuste de Conducta (TAC) firmado entre la operadora petrolífera Chevron Brasil y el *Ministério Público Federal*. Se agradece profundamente a las/os investigadoras/es del *Laboratório MARÉSS* por su contribución en la colecta de datos, y a las/os pescadoras/es artesanales de la región Norte Fluminense por compartir su tiempo y experiencias durante las entrevistas.

Referencias

- Acselrad, H. (2010). Ambientalização das lutas sociais - O caso do movimento por justiça ambiental [‘Ambientalización’ de las luchas sociales - El caso del movimiento por justicia ambiental]. *Revista Estudos Avançados*, 24(68), 103-119.
- Anello, S. L. F. (2009). O pré e a pós-licença: o processo educativo e a tramitação legal e burocrática do licenciamento [La pre y pos-licencia: el proceso educativo y la tramitación legal y burocrática del *licenciamento*]. En C. F. Loureiro Bernardo (org.), *Secretaria do Meio Ambiente & Instituto do Meio Ambiente. Educação ambiental no contexto de medidas mitigadoras e compensatórias de impactos ambientais: a perspectiva do licenciamento* (pp. 83-104). Salvador, Brasil: Instituto do Meio Ambiente.
- ANP. (2019). *Anuário estatístico do petróleo, gás natural e biocombustível: 2019* [Anuario estadístico del petróleo, gas natural y biocombustible: 2019]. Rio de Janeiro, Brasil: ANP.
- ANP. (2020). *Exploração e produção de óleo e gás* [Exploración y producción de petróleo y gas]. Recuperado de <https://bit.ly/32D01R3>
- CONAMA. *Resolução CONAMA n° 237, de 19 de dezembro de 1997* [Resolución CONAMA n° 237, de 19 de diciembre de 1997]. Recuperado de <https://bit.ly/2QEfFt0>
- Demo, P. (2009). *Participação é conquista* [Participación es conquista]. 6 ed. São Paulo, Brasil: Cortez.

- Diegues, S. A. C. (1983). *Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar* [Pescadores, campesinos y trabajadores del mar]. Brasil: Editora Ática.
- GODOY, A. S. (1995). Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades [Introducción a la investigación cualitativa y sus posibilidades]. *Revista de Administração de Empresas*, 35(2), 57-63.
- IBAMA. (2010). *Nota Técnica CGPEG/DILIC/IBAMA nº 01/10* [Nota Técnica CGPED/DILIC/IBAMA nº 01/10]. Recuperado de <https://bit.ly/32yyxMt>
- IBAMA. (2018). *Nota Técnica nº 02/2018/COMAR/CGMAC/DILIC* [Nota Técnica nº 02/2018/COMAR/CGMAC/DILIC]. Brasil: Ministério do Meio Ambiente.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribuciones de los Grupos de Trabajo I, II y III al Quinto Reporte de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático]. Geneve, Switzerland. IPCC.
- IPCC. (2019). *Landmark United in Science report informs Climate Action Summit* [Reporte crítico unido en ciencia informa sobre la Cumbre de la Acción Climática]. Recuperado de <https://bit.ly/3dBjMim>
- Layrargues, P. P. (2009). Educação ambiental com compromisso social: o desafio da superação das desigualdades [Educación ambiental con compromiso social: el desafío de la superación de las desigualdades]. En C. F. Loureiro Bernardo; P. Layrargues Pomier, & R. Castro de Souza (orgs.). *Repensar a educação ambiental: um olhar crítico* (pp. 11-31). São Paulo, Brasil: Cortez.
- Layrargues, P. P. (2000). Educação para a gestão ambiental: a cidadania no enfrentamento político dos conflitos socioambientais [Educación para la gestión ambiental: la ciudadanía en el enfrentamiento político de los conflictos socioambientales]. En C. F. Bernardo Loureiro; P. Pomier Layrargues, & R. Souza de Castro (orgs.). *Sociedade e meio ambiente: a educação ambiental em debate* (pp. 87-155). São Paulo, Brasil: Cortez.
- Layrargues, P. P., Lima-Ferreira, C. G. (2014). As macrotendências político-pedagógicas da educação ambiental brasileira [Las macro tendencias político-pedagógicas de la educación ambiental brasileña]. *Ambiente & Sociedade*, XVII(1), 23-38.
- Leal, F. G. (2013). Justiça ambiental, conflitos latentes e externalizados: estudo de caso de pescadores artesanais do Norte Fluminense [Justicia ambiental, conflictos latentes y externalizados: estudio de caso de pescadores artesanales del Norte Fluminense]. *Ambiente & Sociedade*, 16(4), 83-99.
- Loureiro, B. C. F. (2009). Educação ambiental no licenciamento: aspectos legais e teórico-metodológicos [Educación ambiental en el *licenciamento*: aspectos

legales e teórico-metodológicos]. En C. F. Loureiro Bernardo (org.), Secretaria do Meio Ambiente & Instituto do Meio Ambiente. *Educação ambiental no contexto de medidas mitigadoras e compensatórias de impactos ambientais: a perspectiva do licenciamento* (pp. 19-49). Salvador, Brasil: Instituto do Meio Ambiente.

Minayo de Souza, M. C., Assis-Gonçalves, S., & Souza-Ramos, E. (2005). *Avaliação por triangulação de métodos: abordagem de programas sociais* [Evaluación por triangulación de métodos: abordaje de programas sociales]. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Fiocruz.

N-Vivo. (2019). What is NVivo? [¿Qué es NVivo?]. Recuperado de: <https://bit.ly/3vaWDJH>

Quintas Silva, J. (2009). Educação no processo de gestão ambiental pública: a construção do ato pedagógico [Educación en el proceso de gestión ambiental pública: la construcción del acto pedagógico]. En C. F. Bernardo Loureiro; P. Pomier Layrargues, & R. Souza de Castro. *Repensar a educação ambiental: um olhar crítico* (pp. 33-79). São Paulo, Brasil: Cortez.

Quintas Silva, J., Gomes Melo, P., & Uema Eriko, E. (2006). *Pensando e praticando a educação ambiental no processo de gestão ambiental: uma concepção pedagógica e metodológica para a prática da educação ambiental no licenciamento* [Pensando y practicando la educación ambiental en el proceso de gestión ambiental: una concepción pedagógica y metodológica para la práctica de la educación ambiental en el licenciamento]. 2 ed. rev. y aum. Brasília, Brasil: IBAMA.

PEA-BC. (2020). *Bacia de Campos* [Cuenca de Campos]. Recuperado de: <https://bit.ly/3tBYJSu>

Petrobras & SOMA. (2014). *Relatório final do diagnóstico participativo do PEA-BC referente ao Plano de Trabalho para continuidade do Diagnóstico Participativo da Bacia de Campos* [Reporte final del diagnóstico participativo del PEA-BC relativo al Plan de Trabajo para la continuación del Diagnóstico Participativo de la Cuenca de Campos]. Rio de Janeiro, Brasil: Petrobras.

Petrobras & UENF. (2018). *1º Relatório anual do segundo ciclo do PEA Pescarte, vol. 01, revisão 00* [1er Reporte anual del segundo ciclo del PEA Pescarte, vol. 01, revisión 00]. Rio de Janeiro, Brasil: UENF.

Peixoto, V., Belo Carvalho, D., & Santos Silva, G. (2019). Análise sócio-econômica e caracterização familiar dos pescadores artesanais dos municípios confrontantes à Bacia de Campos - RJ [Análisis socioeconómico y caracterización de familias de los pescadores artesanales de los municipios que colindan con la Cuenca de Campos - RJ]. En G. M. TIMÓTEO (coord.). *Trabalho e pesca no litoral fluminense: reflexões a partir do Censo do PEA*

- Pescarte* (pp. 97-119). 1 ed. Campos dos Goytacazes, Brasil: EdUENF.
- Senado Federal. (2019). *Proposta de ementa à Constituição nº 65, de 2012* [Propuesta de enmienda a la Constitución nº 65, de 2012].
- Serrão, A. M., Mendonça, G., & Dias, J. C. (2010). Licenciamento ambiental, participação social e democratização: a experiência da Coordenação Geral de Petróleo e Gás do IBAMA. [Licenciamento ambiental, participación social y democratización: la experiencia de la Comisión General de Petróleo y Gas del IBAMA]. En *Encontro Nacional de Associação de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambientes e Sociedade*. Encuentro llevado a cabo en Florianópolis, Brasil.
- Silva, S. da. V. (2020). *A Bacia de Campos em Números* [La Cuenca de Campos en números]. Recuperado de: <https://bit.ly/32wclCJ>
- UNEP. (1978). *Intergovernmental Conference on Environmental Education, Tbilisi, USSR, 14-26 October 1977: final report* [Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental, Tbilisi, Unión Soviética, 14-26 de octubre de 1977: reporte final]. Recuperado de: <https://bit.ly/3sxTge8>
- Verly, F. J. (2016). *Mensuração de impactos sociais: uma análise sobre a vulnerabilidade ambiental de comunidades de pescadores artesanais sujeitas aos impactos de empreendimentos costeiros* [Medida de impactos sociales: una análisis sobre la vulnerabilidad ambiental de comunidades de pescadores artesanales sujetas a los impactos de desarrollos costeros]. (Tesis de Maestría). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil.

¿Cómo hacer educación ambiental en tiempos de COVID-19? Experiencias del proyecto “Jóvenes aprendiendo a conservar”

How to promote environmental education in COVID-19 times? Experiences from the project “Jóvenes aprendiendo a conservar”

Pamela Jared Pérez Guadián¹, José Francisco Dorantes Molina²

Resumen

La degradación ambiental es un factor que contribuye a la propagación de enfermedades infecciosas emergentes, por lo tanto, la educación ambiental es fundamental para fortalecer los procesos transformadores de la sociedad y su relación con la naturaleza. La serie de webinars llamada “Jóvenes aprendiendo a conservar” fue un proyecto creado por jóvenes bajo un proceso de codiseño y enfoque educativo constructivista. Tuvo como objetivo contribuir en la sensibilización y formación ambiental de los jóvenes de México, permitiendo incrementar su interés en la conservación de la biodiversidad, así como en la prevención y búsqueda de alternativas de solución a los problemas ambientales. Para su ejecución se contó con apoyo de la Dirección Regional Centro y Eje Neovolcánico de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y la Agencia de Cooperación Alemana (GIZ). La serie comprendió cuatro sesiones virtuales con diferentes temas ambientales, donde fueron adaptadas algunas herramientas, incluyendo actividades del proyecto “Aprendiendo del Árbol”, así como trivias, interacción con expertos y retos semanales. El impacto obtenido fue en dos aspectos: 1) Orientado a las nuevas habilidades educativas y digitales que

¹ Licenciada en Biología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (IPN). MÉXICO. Correo electrónico: pamguadian27@gmail.com.

² Licenciado en Biología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (IPN). MÉXICO. Correo electrónico: franciscodorantesm@gmail.com.

adquirieron los jóvenes organizadores y 2) Enriquecer los conocimientos en el campo ambiental del público que participó.

Palabras clave: Colaboración, herramientas digitales, problemática ambiental.

Abstract

Environmental degradation is a factor that contributes to the spread of emerging infectious diseases; hence, environmental education is essential to strengthen the society-transforming processes and their relation to nature. The webinar series called “Jóvenes aprendiendo a conservar” was a project developed by young people through a co-design process and a constructivist educative approach. It was aimed at contributing to the environmental formation and awareness of Mexican youth, in order to increase their interest in biodiversity conservation, as well as in environmental problems prevention and alternative-solution finding. The Regional Center and Neovolcanic-Belt Directorate of the National Commission of Natural Protected Areas (CONANP, for its acronym in Spanish) and the German Cooperation Agency (GIZ, for its acronym in German) supported the project’s implementation. The series comprised four virtual sessions where different environmental topics were addressed and some tools were adapted; it included activities of the project called “Aprendiendo del árbol”, quizzes, interaction with experts, and weekly challenges. The impact was seen in two aspects: 1) The new educative and digital skills that the young organizers acquired, and 2) The increase of environmental knowledge the participating audience acquired.

Keywords: collaboration, digital tools, environment problems.

Introducción

La actual pandemia causada por el virus SARS-CoV-2, mejor conocido como COVID-19, representa una crisis tanto sanitaria como civilizatoria. Ésta es el resultado de las actividades humanas interfiriendo reiteradamente de manera negativa en el entorno natural, transformándolo y saqueándolo, ya que su origen se debe al paso del virus desde animales silvestres, extraídos de hábitats en degradación, hacia los humanos (zoonosis). Ocasionando que como especie nos exponamos a una variedad de patógenos desconocidos (Amaris, 2020).

Ante ello, el declive de la biodiversidad contribuye a la propagación de enfermedades infecciosas emergentes, dando a la educación un reto ineludible que implica contribuir a formar y capacitar no sólo a jóvenes, niñas y niños, sino también a los gestores, a los planificadores y a las personas que toman las

decisiones, para orientar sus valores y comportamientos hacia una relación armónica con la naturaleza. Esto forma un verdadero eje referencial al hablar de desarrollo sostenible (Jeffries *et al.*, 2020; Novo, 2009).

En este sentido la educación, como instrumento de socialización y desde una postura crítica, ha de adaptarse a los retos que enfrenta la humanidad. Uno de los más relevantes es el de reorientar nuestra forma de vida hacia la moderación y así romper con el círculo vicioso del crecimiento económico ilimitado a costas de la destrucción del ambiente y el mantenimiento de enormes brechas sociales (Novo, 2009).

Es aquí donde la educación ambiental funge un papel determinante dentro de la sociedad, ya que facilita la resolución de los problemas ambientales presentes y futuros, al ser un proceso permanente en el cual los individuos y las comunidades adquieren conciencia de su entorno, aprenden los conocimientos, los valores y las destrezas que les permiten actuar, individual y colectivamente (Martínez, 2010; Florez, 2012). Así mismo, presenta un gran potencial dentro de la currícula escolar pues favorece la articulación de sus contenidos, que en ocasiones suelen estar fragmentados entre sí. Es decir, la educación ambiental funge como un puente natural que permite construir asociaciones conceptuales dándole un nuevo sentido al aprendizaje y que en muchas ocasiones no es tomado en cuenta para la formación de los estudiantes en temas ambientales (González-Gaudino, 2003; Sarango *et al.*, 2016).

En este contexto el proyecto internacional de educación ambiental “Aprendiendo del Árbol” (AdA) - PLT, Project Learning Tree - brinda ayuda a la gente joven para aprender cómo pensar, no qué pensar, acerca de las complejas perturbaciones al entorno natural que actualmente existen, a través de actividades interactivas e interdisciplinarias (Ducks Unlimited de México [DUMAC], 2009; Project Learning Tree [PLT], 2019).

Sin embargo, una vez que el Consejo de Salubridad General (CSG) de México reconoció como emergencia sanitaria a la epidemia generada por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19), el 30 de marzo de 2020, donde se acordaron medidas extraordinarias en todo el territorio nacional, entre las que destaca la suspensión inmediata de actividades no esenciales en los sectores público, privado y social, la adaptación de estrategias de educación ambiental y uso de herramientas digitales disponibles en la red fueron empleadas para continuar con las actividades desde el trabajo de las Áreas Naturales Protegidas (ANP). Así una de las modalidades de educación en línea

que han surgido en estos últimos años es la denominada webinar, es decir, un seminario basado en la web. En esta alternativa los participantes se unen vía remota a través de un ordenador. Así este tipo de conferencia virtual permite hacer uso de herramientas que no se pueden utilizar de manera presencial, como el uso de chat de texto, los sondeos y encuestas; así como sesiones de preguntas y respuestas. Además, a menudo son grabados de manera digital para su futura reproducción dando así la oportunidad de alcanzar una audiencia aún mayor. La planificación y utilización de estos seminarios virtuales para desarrollar actividades formativas a través de internet, se emplea en distintos sectores como el de investigación, negocios y en el educativo (Area *et al.*, 2014; Peña *et al.*, 2016).

En este contexto, la serie “Jóvenes aprendiendo a conservar” buscó adaptar algunas de las actividades del proyecto AdA y otras estrategias de educación ambiental a medios virtuales para lograr su objetivo: contribuir en la sensibilización y formación ambiental de los jóvenes de México con especial atención en los de la región centro del país, que les permitiera incrementar su interés en participar en la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, así como en la prevención y búsqueda de alternativas de solución a los problemas ambientales de su entorno.

Metodología

Este proyecto se realizó como parte de la Estrategia de Educación Ambiental que la Dirección Regional Centro y Eje Neovolcánico (DRCEN) de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) tiene. Fue ejecutado por un grupo de 15 jóvenes capacitados en el proyecto internacional de educación ambiental “Aprendiendo del Árbol” (AdA) egresados del Programa Gubernamental Federal de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social “Jóvenes Construyendo el Futuro” (JCF) y provenientes de 5 Áreas Naturales Protegidas (ANP). Contó con la colaboración de la DRCEN de la CONANP y la Agencia de Cooperación Alemana (GIZ). A través de un proceso de codiseño, los distintos actores involucrados en las diferentes etapas del proyecto participaron desde su conceptualización, definición del público meta, nombre, formato y temas de la serie virtual; así como los roles del equipo y herramientas de planeación y diseño para implementarla, siguiendo estos pasos:

- **Conceptualización del proyecto:** considerando que la contingencia sanitaria actual mantiene a la población aislada, el equipo de trabajo decidió desarrollar una serie en línea transmitida por Facebook live titulada “Jóvenes aprendiendo a conservar”, dirigida a un público joven entre 18 y 25 años, que constó de cuatro sesiones transmitiéndose una cada jueves del 14 de

mayo al 04 de junio de 2020.

- Asignación de roles del equipo de trabajo: fueron definidos con base en las fortalezas y áreas de interés que presentó cada uno de los jóvenes participantes en el proyecto. Las tareas consistieron en: facilitador, co-facilitador, soporte tecnológico, diseñador de sesiones, relator, documentador, buscador de expertos, panelista, diseñador gráfico y manejo de redes/retos.
- Definición de temas: en una lluvia de ideas el grupo propuso varios temas ambientales que consideraron prioritarios en México, y mediante el voto eligieron los cuatro principales, así como el orden en que habrían de abordarse dichos tópicos en cada sesión (Tabla 1).
- Diseño de sesiones: a través de reuniones semanales de trabajo se diseñó la estructura, contenido, convocatoria, invitados, actividades, retos y plataformas virtuales, de cada una de las sesiones.

Además, el equipo de trabajo adaptó algunas actividades del proyecto internacional de educación ambiental “Aprendiendo del Árbol” (AdA) para poder realizarlas durante cada emisión en vivo, considerando al público meta y así, tener sesiones con contenidos definidos que lograran un aprendizaje directo y dinámico. Para lograr una mejor interacción entre los facilitadores y los participantes, se utilizó la herramienta Kahoot! para la realización de trivias y poder identificar el conocimiento previo de la audiencia con relación al tema abordado en cada sesión. En tres de las cuatro emisiones desarrolladas se contó con la participación de un experto invitado y, en la sesión 4 el rol de expertos fue desempeñado por los egresados del Programa JCF que trabajaron en diferentes ANP de la DRCEN (Tabla 1).

Cada jueves la sesión fue transmitida en vivo a partir del 14 de mayo de 2020, culminando el 4 de junio de 2020, en un horario de 16:00 h (GTM-05) a 17:00 h (GTM-05) usando una combinación de las plataformas ZOOM y Facebook live, a través de la página oficial de Facebook de la DRCEN de la CONANP. Así mismo las invitaciones a éstas fueron diseñadas con CANVA y se enviaron a través de correo electrónico, redes sociales y vía WhatsApp.

Al finalizar cada sesión se invitaba a la audiencia a participar en retos semanales para reforzar los temas tratados en ellas y así mantener contacto. Además, se generó el hashtag #JóvenesAprendiendoaConservar el cual fue utilizado en cada transmisión y publicación realizada en la página de la DRCEN.

De manera general, cada emisión buscó crear un espacio de confianza y diálogo entre la audiencia, los expertos invitados y los jóvenes provenientes de diferentes ANP que participaron en el proyecto y la última sesión se destinó al intercambio de experiencias y aprendizajes obtenidos por los becarios del programa JCF durante su estancia en las ANP de la DRCEN.

Tabla 1. *Temas, expertos invitados y títulos de cada sesión de la serie “Jóvenes aprendiendo a conservar”. Mayo-junio 2020.*

Número de sesión/Fecha	Tema	Experto invitado	Título de la sesión
Sesión 1 14 de mayo de 2020	Servicios ecosistémicos	Dra. Gloria Fermina Tavera Alonso (Directora de la Regional Centro y Eje Neovolcánico de la CONANP)	Servicios ecosistémicos: los grandes regalos de la naturaleza
Sesión 2 21 de mayo de 2020	Biodiversidad	Dr. Francisco Javier Botello López (Académico del IBUNAM y cofundador de CONBIODES A.C.)	¿México megadiverso? ¿Importante o no?
Sesión 3 28 de mayo de 2020	Especies invasoras	Biól. Eduardo Rendón Hernández (Coordinador de Especies Invasoras en CONANP)	Especies Invasoras
Sesión 4 04 de junio de 2020	Acciones de conservación	Egresados del Programa JCF que trabajaron en diferentes ANP de la DRCEN	Todos seamos el Lórax

Fuente: Elaboración propia.

Para conocer el alcance de la serie e identificar al público cautivo, se generó un formato de registro en Google Forms (formularios de Google) y de esta manera se obtuvieron los datos de los participantes, lo que permitió que cada semana los documentadores se encargaran de enviar por correo electrónico carpetas con contenido adicional, tales como: artículos científicos y de divulgación, y actividades de educación ambiental. Posteriormente, el equipo realizó reuniones de retroalimentación para mejorar el método de trabajo y considerar los comentarios de la audiencia obtenidos vía el chat en cada sesión.

Resultados

El impacto fue mayor al esperado, la serie registro a 1500 personas (a quienes se

les hicieron llegar las carpetas con información complementaria a cada sesión). Entre ellos, nueve escuelas de nivel básico (secundaria), medio superior y superior, donde el papel de los docentes fue fundamental para lograr que hicieran de la serie parte de los temas de estudio de la currícula durante el periodo de cuarentena.

Ocho de las nueve escuelas que participaron en el webinar pertenecen a tres Áreas Naturales Protegidas de la Región Centro y Eje Neovolcánico (Tabla 2). 187 alumnos pertenecientes a una escuela de Tamaulipas siguieron todas las transmisiones de la serie y algunos de ellos realizaron un reporte de investigación relacionado con los temas que se abordaron, con el objetivo de reforzar los temas vistos en su materia de Ecología. Además, por equipos realizaron un video utilizando el hashtag que se generó durante la serie y agradeciendo a la CONANP y a todos sus participantes.

El número máximo de espectadores en la sesión 1 fue de 388, durante la sección de la dinámica AdA. En la sesión 2, el número máximo de audiencia fue de 268 personas en su sección del diálogo con el experto invitado. En la sesión 3, se alcanzó un máximo de 354 personas a lo largo de la sección de la dinámica AdA. Finalmente, en la sesión 4, el número máximo de audiencia fue de 116 personas mientras se realizaba la dinámica AdA (Figura 1).

Fue alentador para los participantes que se recibieran numerosos mensajes en la página de Facebook de la DRCEN donde muchos de los jóvenes que siguieron la serie mostraron un gran interés para formar parte del equipo de trabajo y hacer proyectos similares, así como diversos comentarios en cada transmisión evidenciando el éxito de la serie (Figura 2).

Tabla 2. Escuelas que siguieron a la serie virtual “Jóvenes aprendiendo a conservar

Número de escuelas	Nivel educativo	Nombre de la escuela	Área Natural Protegida
--------------------	-----------------	----------------------	------------------------

1	Medio superior	Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 231 (CBTA 231)	Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl
6	Secundaria	-Escuela Secundaria Gutenberg -Centro de Estudios John F. Kennedy -Centro Escolar Presidente Venustiano Carranza	Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán
		-Bachillerato Leyes de Reforma -Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios 229	
	Superior	Universidad Tecnológica de Tehuacán	
1	Medio Superior	-Centro de Educación Media Superior a Distancia (CEMSaD)	Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán

Fuente: Elaboración propia.

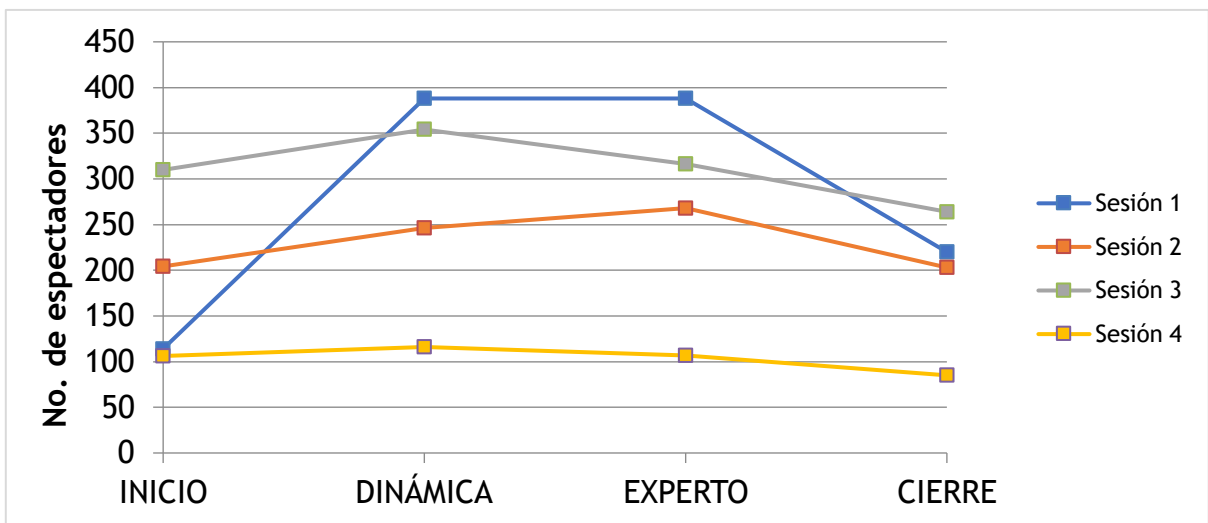


Figura 1. Número de espectadores en cada sección de las sesiones 1 (azul), 2 (naranja), 3 (gris) y 4 (amarillo) de la serie virtual “Jóvenes aprendiendo a conservar”. Fuente: Elaboración propia.



Figura 2. Algunos comentarios de la audiencia durante las transmisiones de la serie virtual “Jóvenes aprendiendo a conservar”. Los nombres de las personas se ocultaron con un recuadro negro por cuestiones de privacidad. **Fuente:** Elaboración propia.

Gracias a la colaboración con la CONANP se logró hacer difusión directa de la serie a través de las páginas y redes sociales de las ANP que comprende la DRCEN, además del apoyo de aliados como: la Secretaría de Medio Ambiente, Energías y Desarrollo Sustentable del gobierno del estado de Oaxaca y Peace Corps México. Con la implementación de esta serie, se logró un doble impacto: 1) dar a conocer diferentes temas ambientales a una amplia audiencia e incidir y reforzar temas de la currícula escolar y 2) la capacitación de los jóvenes que crearon la serie en el uso de todas estas nuevas herramientas, ya que los integrantes del equipo de trabajo fortalecieron y/o adquirieron nuevas habilidades y capacidades que en un futuro próximo les serán de utilidad, tales como: la capacidad de codiseñar un evento de esta naturaleza y magnitud, trabajo colaborativo, capacidad de diálogo, tolerancia, cooperación y respeto, toma de decisiones, comunicación efectiva, incrementar sus conocimientos ambientales, diseño creativo y facilitación de reuniones virtuales para la educación ambiental, el uso de programas de diseño gráfico para la creación de material visual (convocatorias, infografías), manejo de las presentaciones orales, el uso de las herramientas digitales como Facebook live, Zoom, kahoot, slido, documentos de Google, entre otras.

Conclusiones

El trabajo virtual del proyecto “Jóvenes aprendiendo a conservar” implicó en algunos momentos cierta imprevisibilidad propia de la organización y comunicación a distancia, así como el uso de las plataformas digitales, lo cual demandó ajustes en el curso del proyecto; sin embargo, es digno de reconocer los logros alcanzados

dado al compromiso de los jóvenes organizadores, interés y creatividad; así como el alcance de esta nueva estrategia de educación ambiental que resultó altamente positiva y exitosa, reflejándose en los resultados obtenidos ya descritos anteriormente.

La adaptación de las actividades del proyecto Aprendiendo del Árbol se logró de una manera adecuada. Lo que incentiva a mejorarla tomando en cuenta las experiencias adquiridas con esta primera versión y fomentarla en otras Direcciones Regionales de la CONANP para su réplica con otros grupos de jóvenes, para fomentar su capacitación e iniciativa en todos los estados de la República Mexicana.

La colaboración de la Dirección Regional Centro y Eje Neovolcánico de la CONANP y la Agencia de Cooperación Alemana (GIZ) fue clave para el éxito de la serie, ya que se fortalecieron los esfuerzos de educación ambiental por lo que deberían considerarse en futuros trabajos de este tipo.

Así mismo, deja en claro que deberíamos seguir utilizando estas herramientas digitales no solo en situaciones como la actual generadas por la pandemia del COVID-19, sino ir más allá en las actividades diarias de los educadores ambientales, en donde se puede generar un espacio virtual personalizado de acuerdo con los requerimientos que el educador tenga, y así facilitar la interacción con el público meta y aumentar el alcance de las actividades de educación ambiental. Además de que las herramientas virtuales permiten realizar actividades que en contextos presenciales son muy difíciles de realizar, como interactuar con expertos invitados y tener presencia de jóvenes o audiencia de tantos lugares al mismo tiempo.

Referencias

- Amaris, O. (2020). COVID 19: Expresión del impacto global del capitalismo en la biodiversidad. *Revista Rupturas*, 10(1), 33-37.
- Area, M., Sannicolás, M. B., y Borrás, J.F. (2014). Webinar como estrategia de formación online: descripción y análisis de una experiencia. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 13(1), 11-23.
- Ducks Unlimited de México. (2009). *Educación ambiental para la laguna de Yuriria, Gto.* México: Duck Unlimited de México. Recuperado de: <https://bit.ly/3asH4oF>
- Florez, G. (2012). La educación ambiental: una apuesta hacia la integración escuela-comunidad. *Revista Praxis & Saber*, 3(5), 79-101.
- González-Gaudino, E. (2003). Por una escuela no con medio ambiente, sino con

- ambiente completo. *Revista Agua y Desarrollo Sustentable*, 1(3). 19-22.
- Jeffries, B., Galaverni, M., Bologna, G., Danovaro R., y Bagordo, G. (2020). *La pérdida de la naturaleza y el surgimiento de las pandemias: protegiendo la salud humana y planetaria*. Recuperado de: <https://bit.ly/3nbZX4w>
- Martínez, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica Educare* 14(1), 97-111.
- Novo, M. (2009). La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible. *Revista de educación*, Número extraordinario, 195-217.
- Peña, J., Tovar, N., y Rincón, H. (2016). Webinario: herramienta de integración en clases virtuales. *Revista de divulgación científica de la Universidad Alas Peruanas* 3 (2), 25-41.
- Project learning tree. (2019). *About us*. Washington, DC: Project Learning Tree. Recuperado de: <https://www.plt.org/about-us/>.
- Sarango, J., Sánchez, S., y Landívar, J. (2016). Educación ambiental. ¿Por qué la historia? *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3), 184-187.

Sostenibilidad ambiental y educación en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia- Facultad Seccional Sogamoso

Environmental sustainability and education in the Pedagogical and Technological University of Colombia- Sogamoso Sectional Faculty

Dorelly Benítez Núñez¹, Laura Jimena Delgado Morantes², Lina María Pedraza Goyeneche³

Resumen

El papel de la educación superior, su transformación y compromiso con la sostenibilidad ha sido objeto de discusión durante los últimos años; así mismo, en las Universidades se han desarrollado numerosos esfuerzos para abordar la problemática relacionada con la dimensión ambiental. Por tanto, se requiere de una reconstrucción interna de la academia, tomando en cuenta la realidad sociocultural y la necesidad de nuevas propuestas que generen sostenibilidad. En este sentido, el objetivo es analizar el compromiso con el medio ambiente y la sostenibilidad en materia de educación e investigación en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC)- Facultad Seccional Sogamoso, a partir de la aplicación de la metodología Green Metric World University Ranking. Bajo un enfoque cualitativo, se desarrolla una investigación-acción participativa interdisciplinaria, mediante la práctica reflexiva en la que interactúan estudiantes,

¹ Contador Público UPTC, Magister en Educación USTA. Docente Programa de Contaduría Pública - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Seccional Sogamoso (Boyacá). COLOMBIA. Correo electrónico: dorelly.benitez@uptc.edu.co.

² Estudiante - Semillero de investigación Grupo de Investigación GISOC Programa de Contaduría Pública - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Seccional Sogamoso (Boyacá). COLOMBIA. Correo electrónico: laura.delgado02@uptc.edu.co.

³ Economista UPTC, Magister en Ciencias Económicas UNAL. Docente Programa de Contaduría Pública - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Seccional Sogamoso (Boyacá). COLOMBIA. Correo electrónico: lina.pedraza@uptc.edu.co.

docentes y administrativos a través de un estudio explicativo-descriptivo. Los resultados permiten establecer las políticas y prácticas institucionales que determinan el grado de gestión para la formación e investigación, así como la discusión desde la perspectiva de la dimensión ambiental en el currículo y su transición hacia la sostenibilidad universitaria a partir de la transversalidad, en los programas que se ofrecen en la facultad seccional Sogamoso.

Palabras clave: Educación, investigación ambiental, políticas, sostenibilidad ambiental universitaria.

Abstract

The role of higher education, its transformation and commitment to sustainability have been discussed over the last years; additionally, many efforts have been made in Universities in order to address trouble related to the environmental dimension. Hence, an internal reconstruction of the academy is required, while considering the sociocultural reality and the need of new sustainability-driving proposals. In this regard, the objective of this work is to analyze the commitment with environment and sustainability, in terms of education and research, at the Pedagogical and Technological University of Colombia (UPTC, for its acronym in Spanish)- Sogamoso Sectional Faculty, by applying the GreenMetric World University methodology. By using a qualitative approach, an interdisciplinary participative research-action is developed via reflexive practice, in which students, teachers, and administrative officers interact through an explicative-descriptive study. Findings let us establish institutional policies and practices that determine the degree of management for research and formation, as well as the discussion in terms of the environmental dimension in the curriculum and its transition to university sustainability by means of transversality, in the programs offered at Sogamoso Sectional Faculty.

Keywords: education, environmental research, policies, university environmental sustainability.

Introducción

“La responsabilidad, la equidad y la conciencia clara de la complejidad en la actual realidad, deben estar presentes en el análisis y en las medidas que se tomen para hacer del mundo un lugar sostenible” (González, 2012, p.5). Por tanto, se requiere actuar sosteniblemente: adquirir conciencia de los valores como la solidaridad, el respeto y el diálogo, la equidad y la justicia no solo con la generación actual, también con las futuras generaciones, como caminos por donde deben transcurrir las acciones de la humanidad; así como desarrollar la creatividad en busca de la

solución a la problemática de tal realidad.

De esta manera, se promueve el análisis sobre el desarrollo sostenible (DS) y cómo superar los desafíos mundiales y locales en términos del cambio climático, la desigualdad social, la pobreza, la pérdida de biodiversidad, la superpoblación y la falta de recursos, debatido a nivel internacional durante más de cuatro décadas. Este concepto ha sido aceptado mundialmente para orientar las interacciones entre la naturaleza y la sociedad a fin de superar estos retos, lo que exige un cambio de paradigma en todos los niveles, incluida la educación (Disterheft, 2013).

En el marco de este debate, en desarrollo de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992, se delegó a las universidades funciones clave en la promoción y aplicación del desarrollo sostenible, considerando que su impacto social en la sostenibilidad es significativo, al educar a la próxima generación de responsables, influyentes y líderes; de igual manera como considera Cortese (citado en Disterheft, 2013), son multiplicadoras en la difusión de sus principios, con la obligación ética de integrarlo sistemáticamente en sus instituciones.

Así, en los últimos años un número cada vez mayor de universidades han respondido y logrado progresos en la aplicación de la sostenibilidad, reconociendo en los nuevos campos de la ciencia y la educación de carácter ambiental, una base científica en la evolución para lograr avances en torno a la problemática, lo cual exige una transición e integración de todas las instituciones y del apoyo entre todas las ramas de saberes, superando la enseñanza parcelada y aislada tradicional (González, 2012), que dentro del paradigma dominante centrado en valores y prioridades amenazan el desarrollo sostenible.

En este sentido, se reconoce la obligación de educar para la sostenibilidad, es decir, lograr una manera nueva de ver, sentir, pensar y actuar dentro de esta realidad, con sentido sistémico, integrando las dimensiones ecológica, social, económica pero también ética, política y cultural (Zabala y García, 2008); implica generar y transferir conocimiento con el fin de estimular el pensamiento crítico, por lo cual las universidades deben adoptar posiciones y definir criterios de sostenibilidad que permeen todas las actuaciones en cumplimiento de sus funciones sustantivas. En este proceso de formación, se logra sensibilizar al individuo para auto reconocerse, reconocer a otros y a su entorno, y actuar en beneficio del desarrollo sostenible; educar para cumplir este objetivo, requiere incluir la dimensión ambiental con el fin de concretar el compromiso institucional en soluciones efectivas.

El concepto de dimensión ambiental comprende la formación humana, que junto a otras como la cognitiva, comunicativa, socioafectiva, ética, estética, científica y tecnológica, consideran la formación integral al ser humano. Su desarrollo, se orienta a generar la interacción armónica, respetuosa y responsable del ser humano con el entorno, sustentando el sentido de la vida de las diversas especies y los factores que suscitan el desarrollo humano sostenible. Incluir la dimensión ambiental en la educación como eje transversal, se considera desde el Plan Académico Educativo de cada unidad en su currículo; por tanto, se habla de sostenibilidad curricular (González A., 2012) o también de ambientalización del currículo (Mora, 2012). En este sentido, “Significa definir el conjunto de criterios orientados al comportamiento ético con los recursos, personas, espacios, entre otros; ...es avanzar hacia una sociedad más justa que asuma y valore sus responsabilidades socioambientales” (González, 2012, p.20).

En el contexto colombiano, se reconocen esfuerzos que responden a los innumerables llamados de la comunidad tanto nacional como internacional; desde el año 1985 se realizan eventos, con el fin de discutir la temática y consolidar actividades, como la adaptación de los currículos, formación docente, proyectos de investigación integrados en el análisis de la problemática; además, la existencia de estudios que determinan el compromiso institucional en las universidades colombianas con la sostenibilidad (Plata, Holguín, Sáenz, y Mora, 2020).

A fin de promover mayores esfuerzos en las universidades para ser sostenibles, la metodología Green Metric World University Ranking IU permite evaluar el compromiso institucional a través de seis categorías: instalación e infraestructura, energía y cambio climático, residuos y reciclaje, agua, transporte y Educación. Este último criterio, establece los ideales académicos de la universidad para educar e investigar acerca de los ámbitos ecológicos y ponerlos en práctica con la sociedad a través de los siguientes indicadores: cantidad de cursos relacionados con la sostenibilidad ofertada, total de fondos destinados a investigación ambiental y de sostenibilidad, número de publicaciones académicas sobre sostenibilidad, existencia de un sitio web de sostenibilidad dirigido por la universidad, número de eventos académicos relacionados con medio ambiente y sostenibilidad, número de organizaciones estudiantiles relacionadas con medio ambiente y sostenibilidad, y existencia de un informe de sostenibilidad publicado (Molano, 2015).

Con base en lo expuesto anteriormente se desprende el objetivo central de este estudio, el cual analiza el compromiso con el medio ambiente y la sostenibilidad en materia de educación e investigación en la Universidad Pedagógica y Tecnológica

de Colombia (UPTC)- Facultad Seccional Sogamoso, a partir de la revisión de las políticas y lineamientos institucionales, las prácticas orientadas a la promoción y el desarrollo de la sostenibilidad universitaria con relación a la Política Nacional de Educación Ambiental (SINA), y los indicadores planteados en la categoría Educación e investigación de la metodología Green Metric World University Ranking IU.

Metodología

Bajo un enfoque cualitativo, se desarrolla una investigación-acción participativa IAP interdisciplinaria, mediante la práctica reflexiva en la que interactúan los participantes: estudiantes y docentes de los programas de Administración de Empresas, Contaduría Pública, Finanzas y Comercio Internacional, Ingeniería de Minas, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Geológica e Ingeniería Industrial, funcionarios administrativos y directivos en la UPTC Facultad Seccional Sogamoso, con el fin de propiciar el pensamiento crítico para adoptar posiciones y definir criterios entorno a la sostenibilidad en cumplimiento de las funciones sustantivas: formación, investigación y extensión (Colmenares *et al.*, 2008). Se busca comprender la perspectiva de los participantes acerca de la sostenibilidad, profundizar en sus experiencias, opiniones y significados, bajo la relación investigación-acción y formación.

Desde el tipo de estudio explicativo-descriptivo (Sampieri *et al.*, 2010) y para constituir los resultados sobre políticas y prácticas institucionales que determinan el grado de gestión para la formación e investigación, se establece la necesidad de abordar e intervenir los eventos y fenómenos físicos o sociales entorno a las condiciones de la sostenibilidad y la educación, en desarrollo de la primera fase de la IAP. Posteriormente, en la segunda fase, se realiza el conocimiento contextual y se identifican las tendencias del grupo poblacional que integra la comunidad académica; el acercamiento a la problemática se logra mediante la observación participante, la revisión y recopilación de bases de datos, documentos y literatura acerca de las políticas institucionales y gubernamentales, así como entrevistas con funcionarios administrativos. Las anteriores acciones permitieron continuar con las fases de programación o plan de acción, ejecución, conclusiones, propuesta y finalmente, el cierre de la Investigación (Colmenares, 2012).

Resultados y discusión

A partir de la revisión de las políticas y lineamientos institucionales, las prácticas orientadas a la promoción y el desarrollo de la sostenibilidad universitaria con

relación a la Política Nacional de Educación Ambiental (SINA) y los indicadores planteados en la metodología Green Metric World University Ranking IU durante los últimos tres años, se promueve la discusión desde la perspectiva de la dimensión ambiental en el currículo y su transición hacia la sostenibilidad universitaria puesto que no existe transversalidad en el currículo desde la perspectiva ambiental en los programas que se ofrecen en la Facultad seccional Sogamoso.

Políticas y lineamientos Institucionales. La revisión en el campus de la Facultad Seccional Sogamoso se efectúa a partir de los lineamientos que a nivel nacional orientan el diseño y desarrollo de las políticas en materia de educación y gestión ambiental de la universidad, que se analizan a continuación. *La Política Nacional de Educación Ambiental (PNEA)*. Creada en el año 2002 por el Ministerio Del Medio Ambiente y el Ministerio de Educación Nacional y aprobada por el Consejo Nacional Ambiental, busca coordinar acciones con todos los sectores, ámbitos y escenarios, con la intencionalidad de reconstruir la cultura y orientarla hacia una ética ambiental, enmarcada en el desarrollo sostenible; como instrumento rector de las acciones, programas, planes, proyectos y estrategias, que en materia de Educación Ambiental se adelantan en el país.

Para el desarrollo de esta investigación, se consideran los lineamientos conceptuales referentes a la relación entre la universidad, la formación y la educación ambiental; las practicas desarrolladas en algunas universidades del territorio nacional, para abordar esta relación en los ámbitos de formación, contemplan la inclusión de asignaturas en los planes de estudio de carreras profesionales, la conformación de grupos interdisciplinarios de investigadores y docentes y la organización de algunas redes temáticas como la Red Colombiana de Formación Ambiental (RCFA); se evidencian pocos casos con una adecuada evolución de forma sistémica e integral, es decir, es escaso el impacto real para lograr avances en educación ambiental en contexto y con proyección (Ministerio del Medio Ambiente y Ministerio de Educación Nacional, 2002).

Por consiguiente, frente a la caracterización del ambiente que prevalece en las universidades, la PNEA plantea estrategias para incluir la dimensión ambiental de manera integral y sistémica, relacionadas con la pedagogía, la didáctica y la investigación. También propone abordar la problemática colombiana en este campo; desarrollar programas de formación, actualización y perfeccionamiento de docentes; crear espacios para la difusión de los resultados de las investigaciones y de las acciones interinstitucionales intersectoriales y de proyección desarrolladas en el campo de la educación ambiental, entre otros. En este sentido, en el Plan de Desarrollo Institucional UPTC (2019-2022) se consideran lineamientos orientados a

implementar estas estrategias.

Para finalizar, la política enfatiza en la importancia de la RCFA, organismo que hace parte de la Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), creada como un sistema de cooperación para fomentar cultura ambiental en la sociedad colombiana y promover procesos de información, investigación y gestión sobre el mejoramiento y la conservación de los recursos naturales y el desarrollo sostenible.

Cabe destacar, que la UPTC participa activamente en ejercicios colaborativos con otras organizaciones, a fin de sumar esfuerzos hacia intereses comunes, fortalecer su saber- hacer y poner en valor su experiencia; como lo son: ASCUN: Asociación Colombiana de Universidades; RAUS: Red Ambiental Universitaria Sostenible, conformada por instituciones de educación superior; RCFA: Red Colombiana de Formación Ambiental y URSULA: Unión de Responsabilidad Social Universitaria para Latinoamérica.

Plan de Desarrollo Institucional UPTC (2019-2022). Los lineamientos y políticas institucionales se encuentran plasmadas en el Plan de Desarrollo Institucional (PDI), el cual orienta las dinámicas universitarias y garantiza el cumplimiento de su misión sustancial, para formar a las juventudes en los programas académicos y traza las rutas de la formación posgraduada, así como la creación de ciencia y conocimiento a través de sus procesos de investigación, extensión e innovación (Dirección de Planeación UPTC, 2019). En el Eje Articulación Misional para la Calidad Académica, orientado al fomento de la sostenibilidad y gestión del medio ambiente en la universidad, se encuentra el componente Docentes y estudiantes, denominado “Programa de Modernización de las Estructuras Académicas” que propone actualizar aspectos de funcionamiento, operatividad y organización académica de la Universidad sentando las bases para realizar ajustes en sus procesos de formación, con el objetivo de garantizar calidad y pertinencia (Dirección de Planeación UPTC, 2019).

Este objetivo se materializa en el proyecto de Reforma académica, una práctica necesaria donde se adelantará un proceso de actualización de los Proyectos Académicos Educativos (PAE) de los programas de pregrado y posgrado, en concordancia con los retos del siglo XXI. Para cumplir estos propósitos, se construirán lineamientos curriculares que le den contenido al modelo pedagógico institucional, orienten la práctica docente y garanticen la formación de profesionales éticos, competentes y responsables con la promoción del desarrollo y

el bienestar de la región y el país. (Dirección de Planeación UPTC, 2019, p. 26). En consecuencia, las discusiones acerca del ajuste curricular para los programas proponen como componente de área común, la formación ética, humana y ambiental (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2020).

Es oportuno enfatizar sobre los avances del proyecto TERRA UPTC, iniciativa que aporta al compromiso ambiental institucional, propiciando un espacio de reflexión y articulación de las funciones misionales de gobierno, gestión y las académicas de: investigación, docencia y extensión. Las propuestas de este colectivo de investigación están orientadas a contribuir, de forma interdisciplinar, al conocimiento del ambiente como una unidad de vida, que integra las interdependencias entre los aspectos: ecológico, social, económico, político, cultural y ético. Asimismo, se destaca el Componente de Investigación, innovación, extensión y proyección social, integrado por programas donde la extensión social es el vínculo estratégico para el desarrollo regional, a través del fortalecimiento de la relación Universidad-Empresa-Estado-Sociedad Civil y la participación en proyectos de extensión pertinentes, con recursos y redes de cooperación de los diferentes entes regionales, lo cual posibilita el posicionamiento de la UPTC como referente en los procesos de extensión de la región.

El plan de desarrollo institucional visibiliza proyectos que materializan el programa de proyección social, relacionado con la participación en la Red Nacional de Extensión Universitaria de la Asociación Colombiana de Universidades (ASCUN), para establecer vínculos con otras universidades, beneficiando el acceso al conocimiento teórico y conceptual en relación con este proceso misional mediante capacitaciones y convocatorias. Además, es importante para la Universidad, a través de la Asociación Colombiana de Universidades Red Extensión Universitaria, participar en las diferentes reflexiones y debates sobre temas sociales, empresariales, culturales, ambientales y políticos, entre otros; igualmente, en el proceso de toma de decisiones en el futuro (Dirección de Planeación UPTC, 2019).

Conviene señalar, la articulación de este componente con la PNEA, puesto que se formulan proyectos en sostenibilidad para involucrar a las comunidades y generar redes interinstitucionales en el departamento y a nivel nacional; en tal sentido, se crean escenarios de interacción e integración con las comunidades aportando a la solución de sus problemas para la transformación de la sociedad. Igualmente, se cumple la función contemplada en las políticas y planes regionales, participando activamente en redes de conocimiento, y en las mesas temáticas, en innovación, investigación y proyección social. Como resultado, es posible observar el

cumplimiento de las estrategias que presenta la Política Nacional con relación a la investigación y extensión; esta última realizada por medio de la integración con otros actores de la sociedad y en redes de gestión de proyectos y formación ambiental.

Indicadores Categoría Educación e Investigación GMWU RANKING. Las prácticas identificadas en la Facultad Seccional Sogamoso se expresan mediante los indicadores de la gestión para la formación e investigación en sostenibilidad y en medio ambiente para los últimos tres años, establecidos por el Green Metric World University Ranking IU en la categoría de Educación e Investigación; los resultados obtenidos, se describen a continuación (ver Figura 1):



Figura 1. Indicadores en Educación e Investigación (ED).

Fuente: Elaboración propia con base en Green Metric World University Ranking.

El análisis de los indicadores en Educación e Investigación de la metodología Green Metric World University para la UPTC Seccional Sogamoso, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Indicadores en Educación e Investigación (ED)

INDICADOR	RESULTADOS	ANÁLISIS
1. Cantidad De Cursos/ Materias Relacionadas Con La Sostenibilidad Ofertada	3.6% Resultado de: Número de cursos ofertados/Total de Cursos =20/560	La revisión del pensum académico de los programas de pregrado y posgrado de la UPTC Facultad Sogamoso permite identificar que, de la totalidad de materias ofertadas, aquellas que abordan contenidos relacionados con la sustentabilidad ambiental, la gestión, el cuidado, la legislación y nuevas

INDICADOR	RESULTADOS	ANÁLISIS
		tecnologías para el cuidado del medio ambiente representan un 3,6%, por lo que es un porcentaje muy bajo considerando el total existente.
2. Total de Fondos de Investigación Destinados a la Investigación Ambiental y de Sostenibilidad (en Dólares Estadounidenses).	<p>28,7% Corresponde al total de la inversión en sostenibilidad, para el año 2017 y 2019.</p> <p>2017: US\$ 26.898 / US\$ 93.736 2018: US\$ - / US\$ 34.717 2019: US\$ 39.763 / US\$81.438</p>	<p>Dados los parámetros de la metodología GreenMetric, para el desarrollo de este indicador, de la página oficial de investigación de la universidad se identificaron los proyectos desarrollados en los últimos tres años en la UPTC Seccional Sogamoso relacionados con el medio ambiente financiados por la universidad, el resultado se presenta en dólares estadounidenses. Por tanto, debido al total de fondos destinados para investigación, el valor que se financió para proyectos de carácter ambiental y en sostenibilidad corresponde al 28,7% tanto para el año 2017 como para el 2019. Una cifra que en términos porcentuales no presentó incremento y refleja el nulo avance en lo relacionado con investigación como componente integral en educación ambiental.</p>
3. Número de Publicaciones Académicas sobre Sostenibilidad Publicadas	<p>2017: 6 publicaciones 2018: 3 publicaciones 2019: 4 publicaciones</p>	<p>Al realizar la revisión de las publicaciones académicas realizadas, se tomó en cuenta los artículos, trabajos de investigación desarrollados en pregrado, posgrado y capítulos de libros, realizados tanto por estudiantes de las diferentes modalidades y que se encuentran consignados en el repositorio de la universidad, como todos aquellos registrados en el GrupLAC de cada grupo de investigación inscrito en Colciencias de la Seccional Sogamoso. Con esta información es posible concluir, que la producción científica e investigativa en sostenibilidad y medio ambiente ha sido demasiado escasa.</p>
4. Existencia de un Sitio Web de Sostenibilidad Dirigido por la Universidad.	Inexistente	<p>Aunque es inexistente un sitio web institucional de sostenibilidad, la dirección web del proyecto TERRA-UPTC http://www.uptc.edu.co/sig/ambiental/proyecterra/index.html, es una propuesta que hace parte del sistema Integrado de Gestión de la universidad orientada a registrar los avances en el compromiso ambiental institucional.</p>
5. Número de eventos académicos relacionados con	<p>2017: 2 eventos 2018: 6 eventos 2019: N/A</p>	<p>El GreenMetric Ranking IU establece que se debe determinar el total de eventos ambientales y en sostenibilidad desarrollados en la UPTC- Seccional Sogamoso en los últimos tres años; con la información</p>

INDICADOR	RESULTADOS	ANÁLISIS
el medio ambiente y la sostenibilidad		presentada es posible concluir que el número de eventos que se han desarrollado en materia medioambiental es muy bajo con relación al total desarrollados.
6. Número de Organizaciones Estudiantiles Relacionadas con el Medio Ambiente y la Sostenibilidad	6 (Seis) Organizaciones estudiantiles.	La metodología establece como parámetro identificar los grupos de investigación integrados y registrados en la sede Sogamoso; al realizar el análisis de las líneas investigativas de cada uno de los grupos, se determinó que un total de seis (6) grupos adscritos a los programas de ingeniería geológica (Ingeniería geológica UPTC-INGELOG), Ingeniería de Minas (Geoquímica ambiental, Geofísica), Ingeniería Industrial (Observatorio) y Contaduría Pública (Grupo interdisciplinario de investigación en ciencias sociales-GISOC), se orientan hacia temas de sostenibilidad y gestión ambiental pero no desarrollan programas de educación ambiental.
7. Existencia de un Informe de Sostenibilidad Publicado	Inexistente	No se evidencia un informe de sostenibilidad publicado de la Facultad Seccional Sogamoso; la Sede Central de la Universidad ha presentado, en dos ocasiones (2016- 2017), informes de sostenibilidad bajo la iniciativa de Reporte Global (GRI por sus siglas en inglés), evidenciando la voluntad de avanzar en los procesos de rendición de cuentas con sus diversos grupos de interés.

Fuente: Elaboración propia.

La inclusión de la Dimensión Ambiental en el Currículo. El papel de la educación superior, su transformación y compromiso con la sostenibilidad, requiere de una reconstrucción interna de la academia, tomando en cuenta la realidad sociocultural y la necesidad de nuevas propuestas que generen sostenibilidad.

En el caso específico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en la Facultad Seccional Sogamoso, se requiere la incorporación de acciones concretas en la gestión tanto administrativa como académica, en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en el diseño curricular, visibles en los planes de estudio y expresadas en los syllabus, de tal forma que su práctica en el aula haga realidad el desarrollo de las competencias ambientales - transversales orientadas a resultados de aprendizaje que incluyan el componente ambiental en cada programa académico. Asimismo, teniendo en cuenta la Investigación como eje articulador de la docencia y la extensión (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2020), las líneas

de investigación-extensión ambiental deben contener no solo ejes articulados a los programas curriculares del pregrado, maestrías y doctorados, sino también proyectos ambientales de interacción con el entorno social y productivo, encaminados a responder a las necesidades locales.

La Propuesta para la inclusión del componente ambiental en el currículo de los programas de pregrado en la UPTC se origina en el primer producto, en desarrollo, del Proyecto TERRA-UPTC (2018) en el Grupo Interdisciplinar de Investigación para la Inclusión de la Dimensión Ambiental IDA-UPTC (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia- Vicerrectoría de Investigación y Extensión, 2020). y los resultados del estudio acerca del compromiso de las universidades colombianas con la sustentabilidad (Plata *et al.*, 2020). De igual forma y dentro del contexto universitario, se considera el compromiso de la responsabilidad de formación de profesionales que contribuyan al abordaje de problemas complejos e interdisciplinarios propios de relaciones ciencia tecnología-sociedad/ambiente (Mora, 2012).

Desde una perspectiva sistémica, los siguientes elementos son referentes para proponer las dimensiones que pueden orientar la práctica sobre la sostenibilidad ambiental: El Gobierno, donde se organice la toma de decisiones y se dirija la institucionalización del compromiso, y la gestión, como eje central responsable de la ambientalización administrativa, del presupuesto y demás medios necesarios y se refiere a la intervención del contexto físico dentro del cual se ubica el campus, bajo la dinámica del Sistema de Gestión Integrado de Gestión (SIG), (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2020).

Igualmente, Docencia y Formación Ambiental (Académica), que corresponde a la incorporación del compromiso con la sostenibilidad en los procesos de docencia y formación, orientados desde el Plan Académico Educativo incorporados en los currículos y la Extensión o proyección social, como integración e interacción con el medio, a partir de la identificación e intervención de los problemas ambientales desde la articulación de la docencia y la investigación.

El estudio del entorno físico-biótico en relación con la estructura sociocultural y las dinámicas que esta conlleva, como tema de investigación (República de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Consejo Nacional Ambiental, Departamento Nacional de Planeación, Colciencias., 2001). Cuya acción institucional parte de la política de investigación y extensión en la UPTC, integrada como eje dinámico en la política académica, a partir de la identificación de los Núcleos Temáticos y situaciones ambientales para adelantar procesos de Investigación, Docencia y

Extensión.

La discusión gira entorno a la generación de cultura de sostenibilidad ambiental dentro de un proceso continuo, donde se evidencia y se pretende alcanzar, el cambio de pensamientos, actitudes y comportamientos, bajo el compromiso de la formación en valores para la sostenibilidad, solidaridad, equidad y justicia, dentro de principios éticos universalmente reconocidos y el respeto a las diversidades; profesionales comprometidos con la búsqueda permanente de las mejores relaciones posibles entre la sociedad y la naturaleza. Además, se requiere, la inclusión de decisiones institucionales orientadas a generar los escenarios de participación democrática de los estamentos en la definición de las estrategias, y los lineamientos para la convivencia dentro de valores principios mencionados. De otra parte, el compromiso docente para la incorporación de criterios sostenibles en los procesos de formación.

Conclusiones

El análisis realizado evidencia un bajo compromiso con el medio ambiente y la sostenibilidad en materia de educación e investigación en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC)- Facultad Seccional Sogamoso. Lo anterior indica que se deben adelantar las siguientes acciones: reestructurar el proyecto institucional para fortalecer las funciones sustantivas: docencia, investigación y extensión e implementar en su totalidad las estrategias de la Política Nacional de Educación Ambiental, de manera articulada con el componente ambiental. Así mismo, la formulación de planes y programas es necesaria para alcanzar la sostenibilidad universitaria a través de eventos, publicaciones académicas, fondos de investigación y organizaciones estudiantiles que mejoren los indicadores, y permitan evaluar y divulgar el desempeño institucional con relación al compromiso ambiental.

A partir de la reforma curricular que se adelanta en la Facultad seccional Sogamoso en la UPTC, se requiere integrar de forma transversal la dimensión ambiental en el currículo de cada uno de los programas académicos desde el contexto institucional y regional, de tal manera que desde la sostenibilidad curricular se logre la sostenibilidad universitaria. Es pertinente involucrar las acciones de gestión tanto administrativa como académica para fortalecer el proyecto TERRA-UPTC, como línea principal del Grupo Interdisciplinar de Investigación para la Inclusión de la Dimensión Ambiental IDA-UPTC.

Referencias

- Colmenares, A. M. (2012). La investigación- acción, una Metodología Integradora del Conocimiento y la Acción. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, 3(1), 102-115. doi:10.18175/vys3.1.2012.07
- Colmenares, E., Mercedes, A., Piñero, M., y Lourdes, M. (2008). *LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=761/76111892006>
- Dirección de Planeación UPTC. (2019). *Plan de Desarrollo Institucional 2019-2022*. Obtenido de <https://bit.ly/3dAsqO9>
- Disterheft, A. (2013). *Sustainability Science and Education for Sustainable Development in Universities: A Way for Transition*. doi:10.1007/978-3-319-02375-5
- González, A. C. (2012). *La sostenibilidad Curricular en los Planes de Estudio de la Universidad de Cadiz*. Cadiz: III Master Interuniversitario Educador/a Ambiental. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10498/16564>
- Grupo Interdisciplinar para la Inclusión de la Dimensión Ambiental IDA-UPTC. (2018). *Propuesta para la Inclusión del Componente Ambiental en el Currículo de los Programas de Pregrado en la UPTC*. Tunja.
- Holguín, A. M. T. (2017). *Inclusión de la dimensión ambiental desde la perspectiva sistémica en la educación superior*. Bogotá: Universidad Libre.
- Ministerio del Medio Ambiente; Ministerio de Educación Nacional. (2002). *POLÍTICA NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL SINA* . Obtenido de <https://bit.ly/3goOVrd>
- Molano, S. (2015). Hacia un comportamiento verde universitario: un estudio de caso sobre la sostenibilidad en el campus de la Sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C, Colombia. Obtenido de <https://bit.ly/3asEizL>
- Mora, P. W. M. (2012). Ambientalización Curricular en la educación superior: Un estudio cualitativo de las ideas del profesorado. *Profesorado Revista de curriculum y formación del profesorado*, 16(2), 77- 103. Obtenido de <https://bit.ly/3tEHVdE>
- Pedraza, J. Y. (2015). Aproximación a la Incorporación de la Dimensión Ambiental en la Educación Superior, Caso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). *Biografía*, 856-870.
- Plata, A. M., Holguín, M., Sáenz, O., y Mora, W. M. (2020). Compromiso institucional de las universidades colombianas con la sustentabilidad. *Educación y Educadores*, 23(2), 159-178. doi:10.5294/edu.2020.23.2.1

- República de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Consejo Nacional Ambiental, Departamento Nacional de Planeación, Colciencias. (2001). *Política Nacional de Investigación Ambiental*. Bogotá.
- Sampieri, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A De C.V.
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia . (06 de 08 de 2020). www.uptc.edu.co. Obtenido de <http://www.uptc.edu.co/vie>
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (2020). *Reforma Académica UPTC*. Documento de resultados de trabajo en Claustro Docente, Boyacá, Colombia, Tunja.
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (10 de 08 de 2020). www.uptc.edu.co. Obtenido de Sistema Integrado de Gestión: <https://bit.ly/3tzWoaJ>
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia- Vicerrectoría de Investigación y Extensión. (07 de 08 de 2020). <http://www.uptc.edu.co>. Obtenido de <https://bit.ly/3dxvB99>
- Zabala, I., y García, M. (2008). Historia de la Educación Ambiental desde su discusión y análisis en los congresos internacionales. *Revista de Investigación*, 32(63), 32. Obtenido de <https://bit.ly/3gua438>

Educación ambiental vinculada al programa de Ciencias III, caso Secundaria de Téul de González Ortega

Environmental education linked to the Sciences III program: the case at the Teúl de González Ortega junior high school

Karol Karla García Aguirre¹

Resumen

El objetivo de este proyecto fue establecer un enfoque de educación ambiental a determinados contenidos del programa de Ciencias III impartido en educación secundaria, cuyo desarrollo programático está centrado en la química. Se planteó un proceso de intervención-acción desarrollado en la secundaria del municipio de Téul de González Ortega, ubicado en el Estado de Zacatecas, durante el periodo comprendido entre octubre de 2018 a mayo de 2019, utilizando los tres grupos de la secundaria a los que se les impartía dicha asignatura con el aprovechamiento de las sesiones experimentales. La Institución Educativa en cuestión está situada dentro de un Área Natural Protegida, lo que permitió establecer una relación entre la importancia del cuidado del medio ambiente y los contenidos de química. Algunos de los temas empleados fueron: estructura microscópica y macroscópica, acidez y basicidad, los alimentos y su aporte calórico, aplicaciones de la química (productos naturales). Los resultados obtenidos permiten inferir un incremento en el interés en los estudiantes por la conservación y cuidado de su entorno, con la generación de acciones comunitarias participativas, iniciando por su núcleo familiar en pro del ambiente, además de mostrar un interés activo por el estudio de las ciencias como la química.

¹ Doctora en Ciencias químico biológicas. Departamento de Formación Profesional Específica. Instituto Politécnico Nacional. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Zacatecas, México. Líneas de interés: investigación educativa, educación ambiental, toxicología ambiental. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-1062-8582>. Correo electrónico: karol.karobiote@gmail.com.

Palabras clave: Ambientalización curricular, educación básica, intervención educativa.

Abstract

The objective of this project was to include an environmental approach to certain contents of the Sciences III program taught in middle school education, the programmatic development of which is chemistry-centered. An intervention-action process was established and developed at the junior high school located in the Teúl de González Ortega municipality, Zacatecas state, from October 2018 to May 2019, by working with the three groups that were taught that subject, during practice sessions. The concerned school is located in a Natural Protected Area, which allowed us to establish the relation between the importance of environmental care and chemistry program contents. Some of the studied topics were: microscopic and macroscopic structure, acidity and basicity, food and its caloric content, and chemistry applications (natural products). The obtained results let us infer that the student's interest in the environment care and conservation increased, deriving in participative community actions, impact in favor of the environment at nuclear family level, and active interest in studying sciences such as chemistry.

Keywords: curricular environmentalization, basic education, educative intervention.

Introducción

La Agenda 2030 aprobada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el 2015, promueve 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estos ODS comprenden aspectos como la eliminación de la pobreza, el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de las mujeres, la defensa del medio ambiente y el diseño de las ciudades (ONU; 2015). El Objetivo 4 de la Agenda 2030 está enfocado al ámbito educativo y enuncia lo siguiente: “Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.” (ONU, 2015). En el numeral 4.7 de este objetivo, se precisa la educación como un medio para promover el desarrollo sostenible, a través de la adquisición de los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para tal fin.

Para lograr este objetivo, se puede considerar a la educación ambiental (EA) como una herramienta. Mrazek (1996) define EA como “el proceso interdisciplinario para desarrollar ciudadanos conscientes e informados acerca del ambiente en su totalidad, en su aspecto natural y modificado; con capacidad para asumir el compromiso de participar en la solución de problemas, tomar decisiones y actuar

para asegurar la calidad ambiental” (citado en Calixto, 2012, p. 1021).

La EA está ligada al proceso educativo en general, por lo que las nuevas políticas tanto internacionales como nacionales promueven la ambientalización curricular, de tal manera que a través de competencias transversales se desarrolle el proceso de concientización en la población estudiantil en todos los niveles, creando una sociedad que busque satisfacer sus necesidades básicas por medio del ejercicio consciente de sus derechos haciendo uso racional de los recursos naturales. Para el presente documento la población de estudio se sitúa en un área natural protegida lo que permite visualizarla como un nicho de oportunidad para generar un cambio social en pro del entorno.

Marco teórico

Derivado de la situación ambiental de los últimos años los países han considerado dentro de las políticas públicas la inserción de la educación ambiental como un medio para generar un cambio social en pro de la conservación, cuidado y uso eficiente de los recursos naturales, tomando en consideración que la problemática ambiental es multifactorial, y se debe abordar desde todas las perspectivas. La EA es un medio a través del cual se puede intervenir a partir de los procesos formativos donde se abarcan los fundamentos teóricos sobre la manera en que diversos elementos (económicos, sociales, culturales) interaccionan para el uso y cuidado del ambiente. Esto implica la puesta en marcha de estrategias pedagógicas que permitan esa construcción en los estudiantes. Esto implica aportar a la EA a partir de los contenidos curriculares, rescatando las relaciones existentes entre lo natural y lo social buscando que los estudiantes se vuelvan sujetos activos en este proceso empleando situaciones vivenciales. Para intervenir en la curricula con ese enfoque de sustentabilidad en educación se deben considerar los siguientes aspectos: conciencia, conocimiento, actitud, aptitud, capacidad de evaluación y participación (Simões, 2019).

Pese a que no existen muchos estudios al respecto, son diversas las estrategias pedagógicas empleadas en este contexto, entre las que se encuentran: la participación activa de investigaciones ambientales, desarrollo y aplicación de un proyecto taller, implementación de las tecnologías de información y comunicación (TIC's) en la educación ambiental, mapas conceptuales, estudio por medio de las emociones, impacto y experiencias en el cual “se considera la emoción como punto de partida del impacto ambiental en los estudiantes; el aprendizaje emocional y el cognitivo fundamentan un proceso de aprendizaje, en el que se impulsa la atención,

concentración y evocación de lo aprendido” (Pulido y Olivera, 2018, p.337), la transdisciplinariedad en la educación ambiental, estrategia educativa proyectada hacia la comunidad (Pulido y Olivera, 2018).

Para los procesos de EA existen diversos enfoques didácticos como el de la educación basada en el lugar que de acuerdo con (Winther, Sadler y Saunders, 2010) en esta “el estudiante no conceptualiza el lugar (ambiente) dentro de las instalaciones de la institución; sino, su lugar es la comunidad y sociedad” (citado por Pulido y Olivera, 2018, p.339). Este enfoque se ajusta a la propuesta de investigación acción considerado que el lugar de estudio está ubicado en un área natural protegida, lo que permitió a los estudiantes interactuar con el entorno, identificar situaciones problemáticas y reflexionar sobre posibles soluciones para el bien común. Considerando que un elemento fundamental en los procesos de EA es la concientización, Espejel Rodríguez, Castillo Ramos y Martínez De La Fuente (2011), elaboraron una propuesta de competencias genéricas y atributos a desarrollar por el estudiante a partir de las acciones ambientales que se pueden considerar válidas para un modelo de educación ambiental, las cuales son transversales y muestran las etapas del proceso, esta información se condensa en la tabla 1.

Tabla 1. *Competencias genéricas y atributos para desarrollar en cada etapa de un proceso de educación ambiental*

Etapas	Competencias genéricas y atributos
Sensibilización-motivación	1. Se autodetermina y cuida de sí 2. Se expresa y se comunica
Conocimiento-información	1. Piensa crítica y reflexivamente
Capacidades desarrolladas	1. Piensa crítica y reflexivamente 2. Aprende de forma autónoma 3. Trabaja en forma colaborativa
Experimentación - interacción	1. Trabaja en forma colaborativa 2. Participa con responsabilidad en la sociedad
Valoración - compromiso y Acción voluntaria-participación	1. Participa con responsabilidad en la sociedad

Fuente: Adaptado de Espejel y colaboradores (2011).

En México, la incorporación de la EA dentro de la curricula surge a partir de la Reforma educativa de 1993, con el Programa Nacional para la Modernización

Educativa 1989-1994 (PROMODE). Sin embargo, existe aún mucho que hacer en el sentido de dar un seguimiento formal al desarrollo de contenidos, integración de disciplinas y fortalecimiento de la EA dentro de la educación básica incorporando una visión que vaya más allá de la inserción de contenidos ambientales y sea más que un discurso (Terrón, 2019).

“La educación ambiental en el nivel medio básico o educación secundaria representa una oportunidad para consolidar los valores ambientales de los adolescentes en favor de un futuro sustentable” (Calixto, 2015, p.4). De ahí la importancia de fortalecer el desarrollo de los contenidos de manera holística para propiciar la interacción de la teoría y la práctica a partir de las características locales y el contexto global, considerando que en el análisis curricular de los contenidos de educación básica (secundaria) se manifiesta la deficiencia de una visión de sustentabilidad super fuerte (Calixto, 2015), de acuerdo con las características propuestas por Guynas (2009) para las diferentes definiciones de sustentabilidad citado por Reyes 2012, p37 presentadas en la tabla 2.

Tabla 2. Características de las diferentes definiciones de sustentabilidad

	Sustentabilidad débil	Sustentabilidad fuerte	Sustentabilidad súperfuerte
Visión sobre el progreso	Reformista: articular el progreso con la gestión ambiental	Crítica frente al progresismo	Crítica sustantiva a la ideología del progreso
Visiones sobre los límites ecológicos	Son modificables por vía de la tecnología	Preservación de un límite crítico	Nuevos estilos de desarrollo: los límites son inmodificables
Valoración de la naturaleza	Económica: habla del capital natural (la naturaleza tiene precio)	Económica y ecológica: capital natural restricciones (stock natural intocable)	Múltiple (valores estéticos, culturales identitarios). Patrimonio natural (responsabilidad sin propiedad)
Dimensión ética	Antropocéntrica: utilitarista (sin debate ético)	Antropocéntrica verde	Biocéntrica (valores intrínsecos en la naturaleza)
Actores	Consumidores conscientes	Consumidores verdes (comprometidos)	Ciudadanía ambiental
Conocimiento	Privilegia el saber científico/técnico/es	Privilegia el saber científico/	Pluralidad de formas de conocimiento

	Sustentabilidad débil	Sustentabilidad fuerte	Sustentabilidad súperfuerte
	pecializado; ignorar los demás	técnico/especializado; minimiza los demás	
Prácticas ambientales	Basada en la gestión técnica	Basadas en la gestión técnica consultiva	Basadas en políticas públicas ambientales
Instrumentos	Económicos y fiscales, medidas científico/técnicas	Legislación ambiental	Educación ambiental con fuerte componente ético

Fuente: Tomado de Reyes-Ruiz (2012).

En un estudio realizado por Calixto (2013) en colaboración con profesores de diferentes secundarias en el estado de Jalisco con el propósito de evaluar el papel que tienen las representaciones sociales en el estudio del medio ambiente, se encontró que los docentes participantes del estudio conciben la EA con un enfoque naturalista, por lo que es necesario buscar los elementos que permitan migrar a una visión integral, acorde con un mundo cada vez más globalizado.

Lo anterior implica considerar estrategias pedagógicas que faciliten el tratamiento de los contenidos de manera transversal, que involucren como en el caso de este estudio, la parte de ciencias naturales (alcances programáticos), con aspectos socioculturales y económicos para el desarrollo de habilidades en los estudiantes que les permitan incorporar la visión de la sustentabilidad en lo cotidiano.

Metodología

Se empleó la metodología de investigación acción que implica lo siguiente: la manera de abordar el objeto de estudio, el propósito, el accionar de los actores sociales involucrados en la investigación, los procedimientos que se desarrollan y los logros que se alcanzan (Colmenares, 2012). La investigación-acción presenta las siguientes variantes: modalidad técnica, modalidad práctica, modalidad crítica o emancipatoria. En el caso de este trabajo, se empleó la modalidad práctica que pretende desarrollar el pensamiento a partir de la reflexión y el diálogo, para transformar ideas y ampliar la comprensión, donde los agentes externos a la población objetivo fungan como asesores.

De acuerdo con Teppa (2006), (citado por Colmenares, 2008, p.108) se identifican los siguientes momentos en un proceso de investigación acción:

- Inducción: diagnóstico.
- Elaboración del plan: planificación.
- Ejecución del plan: observación-acción.
- Producción intelectual: reflexión.
- Transformación: replanificación.

En el planteamiento de este proyecto, se desarrollaron los primeros cuatro puntos considerando lo siguiente (Tabla 3):

- Objeto de estudio: La propuesta se enfocó en la población de la escuela secundaria Cuauhtémoc del municipio de Teúl de González Ortega del Estado de Zacatecas. Este municipio está ubicado a la Área de Protección de Recursos Naturales (APRN) de la Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego (CADNR) 043. Forma parte de un área natural protegida y sus principales actividades económicas son la agricultura, la explotación forestal y producción de mezcal.
- Intencionalidad: el propósito fue generar un cambio en la percepción de los estudiantes en pro del medio ambiente a partir del desarrollo de contenidos curriculares específicos de química a través de la EA.
- Los actores sociales y los investigadores: La población total atendida fue de 47 estudiantes pertenecientes a los tres grupos donde se impartía la asignatura de ciencias, cuyo programa curricular está enfocado en la ciencia química. Los actores externos al grupo de estudio y gestoras del proceso fueron la docente de ciencias de la secundaria, una pasante de Ingeniería Ambiental y una docente perteneciente al programa de Ingeniería Ambiental de la UPIIZ-IPN.
- Los procedimientos: Se impartieron cuatro talleres de dos sesiones cada uno, cada sesión fue de una hora. En una primera etapa se desarrolló la parte experimental, en la segunda sesión se promovió un proceso reflexivo, en el que se vinculó los contenidos de la asignatura con los planteamientos de la EA.

Tabla 3. Talleres impartidos

Actividad	Contenido de química	Aprendizaje esperado	Propósito
Taller 1	Naturaleza macro, micro y submicro.	Representa y diferencia mediante esquemas, modelos y simbología química, elementos y compuestos, así como átomos y moléculas.	Identificar la construcción del entorno a través de la observación al microscopio estereoscópico de ejemplares vegetales colectados por el estudiante. Observar células en tejidos vegetales y finalmente almidón en células de papa llegando desde un organismo completo hasta evidenciar la presencia de un compuesto. Reflexionar sobre la interconexión de los elementos de un sistema y la complejidad de la materia.
Taller 2	Reacción química: ácido-base	Propicie el trabajo grupal mediante la elaboración de organizadores gráficos sobre algunas propiedades físicas: puntos de fusión y ebullición, conductividad térmica y eléctrica, solubilidad en agua; y químicas: acidez o basicidad de diversas sustancias, con el fin de construir la idea de que cada sustancia se caracteriza por determinadas propiedades físicas y químicas.	Evaluar el efecto de la acidez y basicidad en la fotosíntesis en presencia de una especie acuática (Elodea), además de observar el uso de indicadores ácido-base como el verde de bromocresol. Reflexionar sobre el efecto de las actividades antropogénicas sobre la calidad del agua y la supervivencia de las especies.
Taller 3	Biomoléculas	Identifica componentes químicos importantes (carbohidratos, lípidos, proteínas, ADN) que participan en la estructura y funciones del cuerpo humano. Analiza el aporte calórico de diferentes tipos de alimentos y utiliza los resultados de su análisis para	Experimentar el efecto del consumo de glucosa en el índice glucémico por medio de la medición de este indicador postprandial en un intervalo de tiempo definido, además incluir el efecto de diversas actividades físicas sobre este indicador.

Actividad	Contenido de química	Aprendizaje esperado	Propósito
		evaluar su dieta personal y la de su familia.	Reflexionar sobre la relación medio ambiente y salud.
Taller 4	Ecosistemas	Argumenta acerca de las implicaciones del uso de productos y procesos químicos en la calidad de vida y el medioambiente.	Identificar los recursos forestales no maderables presentes en el área natural protegida, como parte de un ecosistema y fuente de productos naturales bioactivos, recuperándolas enseñanzas de usos tradicionales a partir de la comunidad.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

En la primera parte de este estudio se realizó el diagnóstico de la apreciación de la comunidad estudiantil sobre la importancia de conocer y cuidar el ambiente, de vivir en un área natural protegida y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Para lograr este objetivo se realizó una plática de sensibilización y se aplicó un cuestionario breve cuyo resultado fue que los alumnos no identificaban, en primera instancia, que habitaban dentro de un área natural protegida, el uso sustentable que podían hacer de los recursos ecosistémicos y la conexión con disciplinas como la química. Esto permitió establecer el contexto para la impartición de los talleres que contaron con la participación activa de estudiantes y docentes (figura 1).

Para fortalecer la dimensión ambiental en el contenido del programa de Ciencias III, se ejecutaron cuatro talleres experimentales vinculados a temas específicos. El primer bloque del programa se centra en la composición de la materia y se aborda desde lo macroscópico a microscópico. Con esto se planteó una actividad que permitió al estudiante visualizar como desde un enfoque macroscópico ellos mismos forman parte de un sistema, que en este caso es el área natural protegida rica en recursos forestales maderables y no maderables (recursos ecosistémicos) y como, a partir de un sistema, se puede tomar un componente (planta), ver su estructura (células), llegar a su composición (celulosa y almidón) que sería un enfoque microscópico que los llevara a la concepción de la interacción de las especies

químicas para la formación de compuestos. Esto permite vincular dos características de la sustentabilidad desde una perspectiva súperfuerte planteada por Gudynas (citado por Reyes, 2012), considerando la dimensión ética que da un valor intrínseco en la naturaleza y además de considerar un conocimiento plural.



Figura 1. Participación de los estudiantes en los talleres. Fuente: Archivo personal.

El segundo tópico abordado fue el de reactividad química que se vincula con el bloque IV del contenido programático, en particular el tema de reacciones ácido-base, el taller se encauso a la calidad del agua y cómo el acidificar o basificar este recurso, a partir de la generación de residuos de las actividades antropogénicas, repercute en el desarrollo adecuado de la vida en los ecosistemas, los alumnos tomaron conciencia de como los residuos de las fábricas presentes alrededor de la comunidad y que descargan en el cuerpo de agua presente en el área, puede impactar de manera negativa ese nicho ecológico, al observar que el organismo de prueba (*Elodea*) redujo su tasa de fotosíntesis en un medio ácido, en comparación con un medio neutro o ligeramente alcalino. Este taller permitió vincular la EA como una estrategia para promover acciones que permitan reducir la presión de las actividades antropogénicas sobre un ambiente finito sin dejar de considerar la satisfacción justa y equitativa de las necesidades humanas (Meira, 2012).

Se abordó el tema de biomoléculas: carbohidratos, proteínas y lípidos, presente en el bloque III del programa de Ciencias III, con la presencia de estos compuestos en lo que consume diariamente. Se empleó como recurso didáctico la cuantificación de su propio nivel de glucosa postprandial, en una sesión de hora y media observaron como el realizar actividades físicas puede modificar la concentración

de este metabolito, valorando como todo esta interconectado en su sistema. La EA y la salud se relacionan por la interacción que existe entre el uso y contaminación del ambiente con diferentes actividades productivas que generan residuos y contaminantes pasivos que en determinadas concentraciones mellan la salud de los individuos, además de la relación entre los contaminantes orgánicos persistentes y la diabetes tipo 2 (Arroyo-Salgado y Olivero-Verbel, 2014), en ese sentido es importante recalcar la importancia en la salud como parte del desarrollo integral de los estudiantes.

El bloque V del programa de química, tiene como propósito estudiar la relación entre la ciencia y la tecnología. Se planteó el reconocimiento por parte de los alumnos del uso de los recursos forestales no maderables como fuente de productos naturales de interés (metabolitos secundarios bioactivos), se explicó como diversas moléculas con actividad biológica como los fármacos, se obtuvieron inicialmente de esta forma, lo que ha sido hasta la fecha un detonante para la investigación y desarrollo. A través de esta experiencia, se generó un proceso reflexivo sobre el aprovechamiento consiente y equilibrado de los recursos naturales para la satisfacción de las necesidades de la sociedad.

El desarrollo de los talleres, permitió que los alumnos relacionaran los contenidos de química con el entorno, especularan sobre el lugar de la química en lo cotidiano y el impacto ambiental de sus acciones. Al finalizar la retroalimentación de los temas, se efectuaba un breve cuestionario. A partir de este instrumento, se percibió un cambio en la concepción de los alumnos de los temas abordados y un uso de términos técnicos. Se desarrollaron también habilidades para el uso de equipos como el microscopio y preparación de muestras para observación y preparación de soluciones. Desde el punto de vista actitudinal, los estudiantes mostraron disposición, entusiasmo y disciplina en la ejecución de las actividades.

Conclusiones

La escuela es la segunda institución social más importante después de la familia, es un actor clave en la formación de la sociedad a partir del proceso educativo. En el caso de la educación ambiental, debido a su carácter interdisciplinario, requiere de la intervención de diversos factores, considerando la educación formal, implica el análisis curricular y la inserción de la dimensión ambiental de manera transversal en los contenidos programáticos además de la intervención de diversos actores como los docentes, estudiantes y sociedad en general, conjuntamente con el enfoque pedagógico. Además, en el caso de la educación para el desarrollo

sustentable, se debe considerar la interacción de aspectos sociales, económicos y ambientales con el propósito de un desarrollo equilibrado en la relación hombre-naturaleza para la satisfacción de las necesidades comunes.

Por lo anterior, es necesario fortalecer la dimensión ambiental en los educandos. Con la implementación de los talleres experimentales desarrollados en esta intervención educativa se propició la concientización de los alumnos sobre el impacto de las actividades antropogénicas en el ambiente, además de vincular algunos conceptos básicos de química con cuestiones ambientales.

En general, se observó que los alumnos desarrollaron un mayor interés por los temas ambientales y presentaron conductas de atención e interés por las ciencias básicas, en este caso particular la química. Asimismo, la población estudiantil intervenida reconoció las implicaciones que tiene pertenecer a un área natural protegida.

A través del modelo de intervención empleado para el proceso de enseñanza se procuró un enfoque biocéntrico, considerando el valor intrínseco del patrimonio natural empleando como instrumento la educación ambiental para la formación de una sociedad activa y responsable del entorno.

Referencias

- Arroyo-Salgado, B., y Olivero-Verbel, J. (2014). Aspectos epidemiológicos de la diabetes mellitus y su relación con los contaminantes ambientales. *Revista chilena de nutrición*, 41(1), 98-109.
- Calixto, F. R. (2012). Investigación en educación ambiental. *Revista mexicana de investigación educativa*, 17(55), 1019-1033. Recuperado de: <https://bit.ly/3tBioC1>
- Calixto, F. R. (2013). Educación ambiental en las representaciones de docentes de escuelas secundarias. CPU-e, *Revista de Investigación Educativa*, (16),39-59. Recuperado de: <https://bit.ly/3anrhHx>
- Calixto, F. R. (2015). Educación ambiental para la sustentabilidad en la educación secundaria. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, 15(3),1-21. Recuperado de: <https://bit.ly/3sxJQiM>
- Colmenares, E. A., y Piñero M. M. (2008). La investigación acción. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas. *Laurus*, 14(27), 96-114.
- Colmenares, E. A. (2012). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. Voces y Silencios. *Revista Latinoamericana de Educación*, 3(1),102-115.

- Espejel, R. A., Castillo R. I., y Martínez, H. (2011). Modelo de educación ambiental para el nivel medio superior, en la región Puebla-Tlaxcala, México: un enfoque por competencias. *Revista Iberoamericana de Educación* (55/4), 1-13.
- Meira, C. P. A. (2012). Crisis ambiental y globalización: una lectura para educadores ambientales en un mundo insostenible. En González Gaudiano Édgar. (Ed.) Educación, medio ambiente y sustentabilidad (p. 53-72). Siglo XXI editores. México.
- Organización de las Naciones Unidas (2015). Objetivos del Desarrollo Sostenible. Recuperado de: <https://bit.ly/3szwAtO>
- Pulido, C. V., y Olivera C. E., (2018). Pedagogical contributions to environmental education: a theoretical perspective. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(3), 333-346.
- Reyes, R. J. (2012). ¿Nuevos meridianos o carrusel de confusiones? Escrutinio de la sustentabilidad en las Universidades. En Arias Ortega M. A. y Camacho Castro C., (Ed), Educación y formación ambiental: algunos escenarios en la educación superior (p. 35-51), Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
- Secretaría de Educación Pública, México. (2011). Plan de estudios 2011. Educación básica. Recuperado de <https://bit.ly/32xWILg>
- Secretaría de Educación Pública, México. (2011). Plan de estudios 2011. Educación básica. Recuperado de: <https://bit.ly/3gpEMud>
- Simões, C. A. S, Yanes L. G., y Álvarez D. M. (2019). Transversalidad de la educación ambiental para el desarrollo sostenible. *Universidad y Sociedad*, 11(5), 25-32.
- Terrón, A. E. (2019) Esbozo de la educación ambiental en el currículum de educación básica en México. Una revisión retrospectiva de los planes y programas de estudio. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (México), XLIX(1), 315-346.

Estrategias de educación ambiental en comunidades forestales: La Petaca, Concordia, Sinaloa, México

Environmental education strategies in forest communities: La Petaca, Concordia, Sinaloa, México

Guillermina Bautista Gómez¹, María Concepción Martínez Rodríguez², Luz Ma Bautista Gómez³

Resumen

Las comunidades forestales, debilitadas fuertemente en las últimas dos décadas por los cambios de paradigmas familiares, sociales, políticos, económicos y de tenencia de la tierra, están provocando que la población en edad productiva las abandone, interrumpiendo la transferencia del conocimiento local de gran valor y principal activo. El presente estudio planteó como objetivo diseñar e implementar estrategias de educación ambiental y capacitación forestal para el fortalecimiento del capital social y productivo del Ejido La Petaca N° 2 en el Municipio de Concordia, Sinaloa. A través del método de asesoramiento participativo, durante seis años se llevaron a cabo tres talleres de participación y educación ambiental, cuatro cursos de capacitación forestal y una transferencia tecnológica para desarrollar habilidades, capacidades y relaciones sociales, los que dieron como resultado la organización comunitaria para el desarrollo de tres proyectos productivos (carbón, fresa y artesanías) incluyendo al 60% de la población, del cual, 25% son jóvenes y 35% adultos. Las relaciones de confianza se reconstruyeron a partir del

¹ Estudiante de la Maestría en Ciencias en Estudios Ambientales y de la Sustentabilidad del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIIEMAD), Instituto Politécnico Nacional. MÉXICO. Correo electrónico: gbautistag2000@alumno.ipn.mx

² Doctora Profesora -Investigadora del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIIEMAD). Instituto Politécnico Nacional. MÉXICO. Correo electrónico: mconcepcionmr@yahoo.com.mx; mcmartinezr@ipn.mx

³ Docente instructor del Centro de Actualización Permanente de la Dirección General de Educación Tecnológica Industrial. MÉXICO. Correo electrónico: luzmabautistagomez@yahoo.com.mx

establecimiento de una figura jurídica con rendición de cuentas y reparto de beneficios, la cual fue diseñada por la comunidad.

Palabras clave: Capacitación Forestal, Organización, Participación Social, Sustentabilidad.

Abstract

Forest communities have been seriously weakened by the change of family, social, political, economic, and land-ownership paradigms of the last two decades. This situation has made people of reproductive age leave those communities, resulting in the interruption of high-value local knowledge transmission, which represents a main asset. The objective of this study was to design and implement environmental education strategies and forestry training to strengthen the productive and social capital at Ejido La Petaca N° 2, located in the Concordia municipality, Sinaloa. By using the participative counselling method, in six years, three participation and environmental education workshops, four forestry training courses, and technology transfer to develop abilities, capacities, and social relations were carried out. This led to community organization and to the development of three productive projects (coal, strawberry culture, and handcraft) including 60% of the population, 25% of which are young adults and 35% adults. Trust relations were rebuilt through the formation of a legal entity with accountability and profit sharing mechanisms, which was designed by the community itself.

Keywords: Forestry training, organization, social participation, sustainability.

Introducción

El Ejido de la Petaca N° 2 está ubicado en la parte Serrana del Municipio de Concordia, Sinaloa, México, a 51.4 Km por la carretera libre a Durango y a 7 km por la desviación a la localidad de Potrerillos. Se ubica en el Sistema Montañoso de la Sierra Madre Occidental, en la Sub provincia Fisiográfica Mesetas y Cañadas del Sur, con una vegetación de bosque de pino-encino del cual hacen aprovechamiento de madera, leña y frutos silvestres (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2014).

El ejido tiene el potencial para el aprovechamiento forestal, pero la comunidad no lo realiza directamente por falta de capitales (económico, productivo y social), esto es visible en la falta de organización, transparencia y rendición de cuentas de los aprovechamientos forestales, así como en la falta de personal capacitado; limitándose a vender en pie los árboles a empresarios que les pagan muy poco, en relación con los beneficios que obtienen del uso del bosque. Asimismo, teniendo

recursos autorizados como el encino, no lo aprovechan, disminuyendo así las oportunidades de generación de empleos y arraigo de jóvenes y adultos en la comunidad para hacer el aprovechamiento forestal. No obstante, el Ejido cuenta con equipamiento como aserradero y carpintería, en donde se podrían emplear a la población joven.

Ante esta problemática se planteó como objetivo realizar el proceso de fortalecimiento del Ejido la Petaca No. 2, a partir del diseño e implementación de estrategias de educación y capacitación ambiental-forestal realizadas del 2014 al 2019, con apoyos del Programa Nacional Forestal (PRONAFOR), Programa de Desarrollo Forestal (PRODEFOR), Centro de Formación Forestal (CEFOFOR), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y Ayuntamiento de Concordia, Sinaloa.

Contexto

La localidad de la Petaca, cuenta con una población de 484 hombres y 444 mujeres (INEGI, 2010). La misma tiene una fuerte movilidad hacia la ciudad de Mazatlán en busca de fuentes de trabajo mejor remuneradas y acceso a educación por parte de los jóvenes menores de 25 años. De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), en su informe anual 2010 sobre situación de pobreza y rezago social para el Municipio de Concordia, Sinaloa registro que el Ejido la Petaca No.2, tenía una población joven de 15 años y más, con educación básica incompleta, de 696 habitantes, lo que representa el 39.56% de la población total del Ejido (CONEVAL, 2010).

Asimismo, el porcentaje de carencia social por acceso a la seguridad social del 71.9% es uno de los más altos comparativamente con los porcentajes estatales y nacionales que están en 53.6% y 60.7% respectivamente (CONEVAL, 2010), esto se debe a los constantes desplazamiento forzados por grupos de delincuencia organizada que operan en la zona. El 18 de Julio del 2017 prácticamente se vació el poblado saliendo más de 300 familias. Como respuesta al problema, el gobierno municipal y estatal decidió como solución paliativa dotarles de viviendas en Mazatlán, contribuyendo aún más al desarraigo de la población de su comunidad.

En cuanto a indicadores de pobreza y vulnerabilidad presenta 40.4 % de la población con pobreza moderada y 12.2% con pobreza extrema (CONEVAL, 2010), contrastan estas cifras con la riqueza de recursos forestales y naturales que poseen y que no se refleja en mejores condiciones económicas. Las actividades productivas que se

desarrollan son aprovechamiento forestal, agricultura de temporal, comercio y ganadería. El ejido cuenta con un Programa de Manejo Forestal (PMF) autorizado por la SEMARNAT con oficio No. SG/145.2/2/0763/09/-3439 del 08 de diciembre de 2009 para el aprovechamiento forestal de 15 anualidades con duración hasta el 2024, con una superficie de 4,832 hectáreas y un volumen autorizado de 90,741 metros cúbicos de madera de pino y encino.

Programa Nacional de Educación y Capacitación Forestal 2005-2025

Elaborado por la CONAFOR con el objetivo de “promover el desarrollo social y económico de las comunidades que habitan en las zonas forestales de México, a través del uso sustentable de los recursos forestales, y el aprovechamiento y transformación de las materias primas derivadas de los mismos, con base en un sistema integral y permanente de capacitación ambiental-forestal a través de impulsar la organización, desarrollar una cultura silvícola, promover la diversificación de actividades productivas sustentables y fomentar el desarrollo de actividades para aportar valor agregado a las materias primas forestales” (CONAFOR, 2004, P. 88).

Educación Ambiental

En la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental en 1977 en Tbilisi, capital de Georgia URSS, donde se plantearon la necesidad de crear habilidades para asegurar una amplia participación social que garantice la acción adecuada para resolver los problemas ambientales, difundir conocimientos para enfrentarlos y, crear y modificar las actitudes que permitan una verdadera participación en la protección y mejoramiento del ambiente (UNESCO, 1978).

Capital social y productivo

Dentro del marco teórico de este trabajo se consideró, los conceptos de capital social y productivo. Putnam (como se citó en Vargas, 2003) conceptualiza el capital social como:

Los mecanismos de la organización social tales como las redes, normas, y la confianza social que facilita la coordinación y cooperación para beneficios mutuos. Los elementos de la organización social, tales como la confianza, las normas y las redes que establecen relaciones de reciprocidad activadas por una confianza social que emerge de dos fuentes las normas de reciprocidad y las redes de compromiso ciudadano (p. 1).

Metodología

En la figura 1, se describe los pasos que se siguieron en el proceso de intervención en la comunidad para el desarrollo de las estrategias de educación ambiental y capacitación forestal utilizando metodologías y técnicas de enseñanza-aprendizaje en base al análisis de la problemática ambiental existente, a partir de la cual, se dio la construcción de propuestas de solución que conformaron planes de acción.

Asesoramiento Participativo

Consistió en facilitar procesos de educación, capacitación y organización en los cuales los grupos meta desarrollaron capacidades y habilidades para resolver problemas. Este proceso implicó la capacidad de reconocer sus propios problemas, analizar las causas y los efectos, encontrar soluciones adecuadas y realizarlas a través de diferentes estrategias educativas como los talleres participativos, comunicación interpersonal, cursos, materiales de difusión impresos (manuales), exhibiciones y demostraciones y por otro lado los planes de acción que se desarrollaron en torno a proyectos productivos para producir carbón, fresa y artesanías, y de organización y transparencia con la consolidación de una sociedad legalmente constituida.

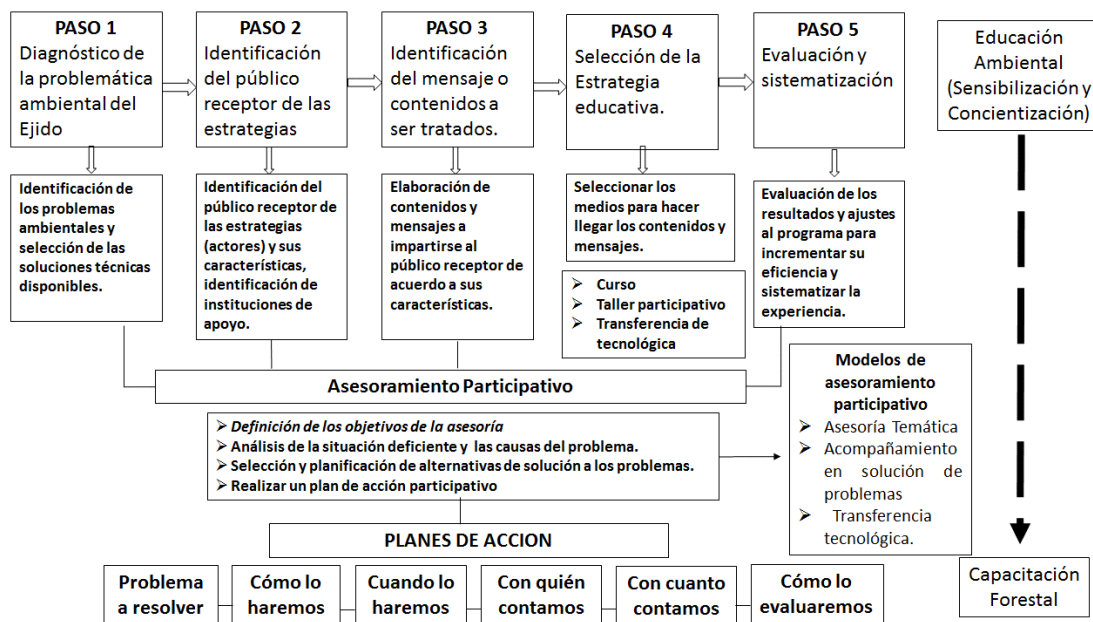


Figura 1. Metodología y herramientas utilizadas para el desarrollo de las estrategias de educación ambiental y capacitación forestal. Fuente: Elaboración propia a partir de: (Bautista, 2003), (Bautista, 2001), (Grundmann y Sthal, 2002), (Wood y Walton, 1990), (Esteva y Reyes 2003).

Los pasos llevados a cabo para el asesoramiento participativo fueron los siguientes:

a) Definición de los objetivos de la asesoría

Fue el primer contacto con el grupo meta. Se hizo un diagnóstico de la situación y los problemas a abordar; se definió el rol de las personas asesoras y el proceso participativo del asesoramiento con el compromiso de elaborar la propuesta que surgiera del proceso de asesoramiento. Asimismo, se aclaró el alcance y límites de la intervención donde la responsabilidad y la toma de decisiones correrían por cuenta de ellos como grupo meta. Las herramientas en este paso fueron el uso de la visualización y la moderación.

b) Análisis de la situación deficiente y las causas del problema.

Se realizó un taller participativo para hacer un diagnóstico del área, se elaboró un árbol de problemas y un diagrama de relaciones institucionales. El desarrollo fue siguiendo estas preguntas: ¿En qué consiste el problema o la situación deficiente?, ¿Cómo se ha desarrollado?, ¿Cuáles son las causas y los efectos o consecuencias de la situación deficiente?, ¿Quién ha tomado medidas para superar esta situación?, ¿Por qué estas medidas no han dado resultados?, ¿Cuál es la perspectiva específica de los diferentes involucrados respecto a la situación deficiente y las posibles causas del problema? ¿Hay diferencia en la perspectiva de los hombres y las mujeres involucrados en el problema?, ¿Tienen las mujeres la misma visión que los hombres? Al final de este paso se tuvo una idea de la dimensión y el contexto de los problemas (causas, efectos, involucrados). Con el diagnóstico participativo se estableció el marco en cual se buscaron las posibles soluciones.

c) Selección y planificación de alternativas de solución a los problemas

En este paso se usó la moderación, visualización y planificación como la construcción de un árbol de problemas y lluvia de ideas para posibles soluciones, priorizando a través del uso de matrices y la elaboración de planes de acción para desarrollar las medidas propuestas.

d) Realizar un plan de acción participativo

Para la atención de los problemas prioritarios y desarrollo de los proyectos que atiendan dicha problemática, se elaboró para cada uno de ellos, un plan de acción que contempla la problemática a resolver, las acciones, como y quienes las van a realizar, los requerimientos y el seguimiento que se dará para su cumplimiento.

e) La evaluación y seguimiento.

Se realizaron con la finalidad de retroalimentar los planes de acción, promoviendo la reflexión y sistematización de las diferentes etapas y el proceso de aprendizaje, se analizó junto con los involucrados y se logró una mejora significativa en la

resolución de la situaciones deficientes.

Modelos de asesoramiento participativo

De acuerdo con los modelos propuestos por Grundmann y Sthal (2002) en su obra “Conceptos, métodos y técnicas para profesionalizar el trabajo en las organizaciones de desarrollo” los cuales se describen a continuación:

Modelo 1. Asesoría temática. El objetivo del asesoramiento: fue la adaptación de la oferta específica de las organizaciones de desarrollo que inciden en la zona: PRONAFOR, PRODEFOR, CEFOFOR, a cargo de la CONAFOR, Paquetes tecnológicos del INIFAP, Programas de fomento económico del Ayuntamiento de Concordia, Sinaloa, a los problemas y necesidades del grupo meta. *El enfoque del asesoramiento:* fue orientado a la solución de problemas de manera rápida, hacia los resultados los cuales son más importantes que el camino para obtenerlos. *El rol de las personas asesoras:* fue ser Intermediaria entre las necesidades del grupo meta y la oferta de las organizaciones de desarrollo, adaptar ofertas y servicios, apoyar con conocimientos profesionales en capacitación y asistencia técnica. *El rol del grupo meta;* fue definir sus necesidades, aumentar sus capacidades en el campo temático de la asesoría. *El rol de la organización:* fue ofrecer los programas con ofertas específicas adaptadas a las necesidades del grupo meta en base a las reglas de operación de los programas de apoyo.

Modelo 2. Acompañamiento en solución de problemas. El objetivo del asesoramiento: fue el fortalecimiento del grupo meta y su capacidad para solucionar problemas. *El enfoque del asesoramiento;* fue hacia las personas y sus capacidades, y hacia los procesos y la participación. *Cómo se hace y quién lo hace* es tan importante como lo que se hace. *El rol de las personas asesoras:* fue apoyar metodológicamente en el análisis de problemas y la búsqueda de soluciones facilitando procesos y guía a través de resolver dudas y asesoría en cada paso desde trámites hasta las cuestiones técnicas de los proyectos. *El rol del grupo meta:* fue solicitar activamente el asesoramiento desarrollando la capacidad de buscar sus propias soluciones a los problemas. *El rol de la organización:* fue el financiamiento, apertura para facilitar procesos y ofrecer asesoramiento según la demanda, así como la disposición a cooperar activamente con otros organismos que tienen ofertas específicas.

Modelo 3. Transferencia tecnológica. El objetivo del asesoramiento fue la transferencia de conocimientos, tecnología y soluciones preelaboradas. *El enfoque del asesoramiento:* estuvo orientado hacia los contenidos por transferir y la eficiencia en la aplicación de técnicas para la transformación de materias primas

forestales, involucrando a la mayoría de la gente. El rol de las personas asesoras: fue la capacitación y ofrecer asistencia técnica. El rol del grupo meta: fue recibir contenidos, consejos y capacitaciones. El rol de la organización fue: diseñar el proceso de asesoramiento estandarizado de acuerdo con los lineamientos de PRONAFOR, PRODEFOR, CEFOFOR y paquetes tecnológicos de INIFAP.

Resultados y discusión

Se llevaron a cabo cuatro cursos de capacitación, tres talleres de participación y educación ambiental y una transferencia tecnológica, en la tabla 1 pueden observarse los resultados de las estrategias implementadas.

Tabla 1. Número de participantes por actividad realizada en el Ejido la Petaca No.2 del total de la población.

Actividad	Taller de organización	Curso taller	Curso taller	Curso taller	Taller participativo	Taller participativo	Taller participativo	Transferencia Tecnológica	Sub Total	% de la población total del Ejido
Nombre	Figura jurídica sociedad de producción rural	Construcción y operación de un horno de carbón tipo Rabo-quente	Promoción y comercialización para empresas forestales	Administración básica para empresas forestales	Promotor ambiental-forestal	Integración de grupo meta proyecto de producción de fresas	Integración de grupo meta proyecto de Artesanias con hoja de pino	Horno tipo Media Naranja		
Total asistentes	190	15	24	18	1	120	176	15	559	60
Hombres	150	13	21	13	1	90	36	13	337	36
Mujeres	40	2	3	5	1	30	139	2	222	24
Adultos	160	11	14	10	1	50	70	11	327	35
Jóvenes	30	4	10	8	0	70	106	4	232	25

Esta tabla resume los resultados obtenidos de las estrategias implementadas como parte de los planes de acción del Plan de Educación Ambiental y Capacitación Forestal.

Cursos

1. *Curso-Taller de organización:* denominado “Integración de figura jurídica para la producción, comercialización de recursos naturales y forestales del Ejido La Petaca, No.2”. Se realizó con la finalidad de contar con una figura jurídica legalmente constituida para fortalecer la organización del Ejido, la rendición de cuentas y desarrollar los proyectos productivos de los planes de acción. Se realizó el 11 octubre de 2014 con una duración de 8 horas, con 190 participantes. El financiamiento fue de CONAFOR con un monto de \$14,000. Como resultados se

obtuvo la organización de los Ejidatarios con el establecimiento de la Sociedad de Producción Rural Responsabilidad Ilimitada Productora y Comercializadora de Recursos Naturales y Forestales La Petaca N° 2 notariada con su respectivo registro público y un plan de acción para impulsar los proyectos de la comunidad, específicamente producción de carbón, producción de fresas y artesanías (Ejido la Petaca No. 2, 2014).

2. *Curso-taller: “Construcción y operación de un horno de carbón demostrativo y productivo”* para el aprovechamiento de la madera de encino para lo que el Ejido tiene autorización, pero no se utiliza. Se realizó del 26 al 30 de septiembre 2016, con duración de 45 horas (39 prácticas y 6 teóricas), con un total de 15 participantes, 13 hombres y 2 mujeres, de los cuales 11 fueron adultos y 4 jóvenes. Se contó con el financiamiento de la CONAFOR a través del programa PONAFOR 2016, con un monto de \$ 55,000 pesos, con el apoyo técnico del CEFOFOR. Como resultado, los asistentes adquirieron conocimientos teóricos y prácticos en relación con la construcción de un horno de carbón tipo Rabo-Quente, así como la producción y comercialización del carbón. La evaluación se realizó mediante encuesta de satisfacción (65 % evaluó como excelente el evento, la logística y la instrucción, el 35% buena); la encuesta de impacto (90% respondieron ser capaces de construir un horno de carbón tipo Rabo-Quente, el 100 % de los participantes son capaces de producir carbón y comercializarlo) y la encuesta de aprendizaje (obteniendo calificaciones satisfactorias de 8.5 a 10). Los productos obtenidos fueron un manual del curso, regla de madera para construcción del horno y construcción de dos hornos con capacidad para producir dos toneladas de carbón por carga.

3. *Curso-taller “Promoción y comercialización para empresas forestales”* el objetivo fue desarrollar las habilidades básicas para la comercialización de carbón, se realizó del 22 al 25 de septiembre 2017, con duración de 48 horas (20 prácticas y 28 teóricas), con un total de 24 participantes, conto con el financiamiento de la CONAFOR a través de programa de apoyo PRODEFOR con un monto de \$60,000 pesos. Como resultado los asistentes fueron capaces de promocionar el carbón, definir el segmento de mercado al cual pertenece su producto, ser capaces de definir una estrategia de ventas, definir la imagen corporativa (logo y marca) de su producto e identificar clientes y proveedores. La evaluación fue a través de encuestas: de satisfacción (85 % evaluó excelente el evento, la logística y la instrucción y el 15% buena), de impacto (95% respondieron ser capaces de aplicar los conocimientos aprendidos y de aprendizaje (90% obtuvo calificación de 10). Los productos obtenidos fueron: Plan de Promoción y Comercialización, Manual de Promoción de Productos y Estrategia de Ventas, Plan de Mercadotecnia, Diseño de

empaques del Carbón e Imagen corporativa (Marca y logotipo), listado de clientes y proveedores, y Manual del curso (Bautista y Bautista 2017).

4. *Curso-taller “Administración básica para empresas forestales”* para adquirir las habilidades básicas de administración de una empresa forestal, se realizó del 22 al 25 de julio 2018, con una duración de 40 horas (20 prácticas y 20 teóricas), con un total de 18 participantes, el financiamiento fue de por CONAFOR a través del programa de apoyo PRONAFOR 2018, con un monto \$60,000 pesos para los integrantes de la Productora y Comercializadora de Recursos Forestales y Naturales la Petaca No. 2 SPR de RI. La evaluación fue a través de encuestas: de satisfacción (90 % evaluó excelente el evento, la logística y la instrucción y el 10% buena), de impacto (95% respondieron ser capaz de aplicar los conocimientos aprendidos) y de aprendizaje (80% obtuvo calificación de 10). Los resultados obtenidos fueron el "Manual del curso de administración de empresas forestales para los asistentes, expediente para registro de marca ante el IMPI, manual de estrategias de precio y venta, manual de salud, higiene y seguridad industrial, manual operativo y administrativo de la Sociedad de Producción Rural, Video con acuerdos y propuestas de los asistentes e informe impreso del curso (Bautista y Bautista, 2018).

Talleres de participación y educación ambiental

1. *Taller participativo “Formación de promotores ambientales-forestales”*, tuvo la finalidad de formar promotores ambientales forestales que impulsen localmente acciones de conservación del entorno natural de ejido, promover la organización y el desarrollo productivo de manera sustentable, de acuerdo con las necesidades y condiciones particulares, a partir del cual se eligió un promotor al cual se le pago su salario por su trabajo durante un año a través del PRONAFOR 2015, se gestionó el monto de 60,000 para el pago del promotor ambiental-forestal. El resultado fue contar con un promotor local que impulse la organización y el desarrollo local con un enfoque sustentable.

2. *Taller participativo para la integración del grupo para la producción de fresas*, se realizó el 9 de abril de 2018 y 6 reuniones de acompañamiento durante el 2018. Se logró el financiamiento por parte del Ayuntamiento de Concordia de un invernadero con la participación de un total de 120 personas.

3. *Taller participativo*: Surge del interés de la comunidad en producir artesanías usando la hoja de pino, se realizó para la integración del grupo meta y generar el plan de acción el 12 de febrero de 2019. Adicionalmente se realizaron 3 sesiones de acompañamiento integrándose el grupo y el proyecto para buscar su

financiamiento de la CONAFOR y del Ayuntamiento de Concordia. Se tuvo la participación de un total de 176 personas.

Transferencia tecnológica

1. *Transferencia Tecnológica “Paquete tecnológico para la producción de carbón vegetal con hornos de ladrillo tipo media naranja”*, el periodo de realización fue durante el 2020 con un total de 15 participantes. Se contó con el financiamiento de la CONAFOR a través del Programa PRDEFOR 2019 y el INIFAP para la transferencia tecnológica. Como resultados se logró la construcción de un horno tipo Media Naranja, un permiso para operar legalmente como centro de producción de carbón, motosierra y un “winch” de arrastre, patio de materia prima equipada con una ajadora de leña, equipamiento para envasado con un millar de bolsa impresas Kraft y una cosedora de hilo. Como evaluación se realizó un evento demostrativo con los resultados del proyecto ejecutado y un informe final de la transferencia de tecnológica.

Conclusiones

Se logró revertir la tendencia de migración y desplazamiento forzado que existía en la comunidad con el retorno en 2018 de 300 familias desplazadas de la comunidad las cuales habían estado trabajando en los proyectos de producción de carbón, fresa y artesanías de hoja de pino.

Se incrementaron los ingresos económicos a nivel ejidal y familiar al diversificar las actividades productivas y dar valor agregado a los productos forestales y agrícola. Asimismo, con la conformación de la sociedad de producción rural, se consolidó una red social y organización para la producción sustentable, la rendición de cuentas, la transparencia en la administración de ingresos económicos y en el aprovechamiento de los recursos forestales, contribuyendo a disminuir la sobre explotación de los recursos forestales y el deterioro ambiental.

Se desarrolló una cultura y conciencia ambiental ya que ahora valoran el bosque y sus recursos, lo aprovechan sustentablemente y lo cuidan. Se incorporó parte del Ejido al pago por servicios ambientales realizando acciones de conservación y reforestación reflejando su compromiso y concientización ambiental.

Tomaron el control en el aprovechamiento, transformación y venta de producto forestales incrementando los ingresos al ejido en un 40 % permitiendo generar más empleos y capitalizarse para otros proyectos productivos como el ecoturismo.

Se fortaleció el arraigo de los jóvenes a su comunidad emplearse en los proyectos

productivos de carbón, fresa y artesanías. El 60 % de la población esta empleada directa o indirectamente en los proyectos productivos, 25 % son jóvenes.

Se formó capital humano y social fortaleciendo el desarrollo sustentable y elevando la participación en los planes de acción generados por la misma comunidad, desarrollando 3 proyectos: producción de carbón, fresa y artesanías con hoja de pino, con grupos meta organizados y con la adquisición de capacidades y habilidades para la autogestión, producción, administración y rendición de cuentas en el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y forestales, así como la adquisición de infraestructura y equipamiento. Se incluyó al 60% de la población total del Ejido la Petaca No. 2 en actividades productivas de los cuales el 25 % fueron jóvenes y 35 % adultos. Asimismo, se logró el 24 % la participación de las mujeres del Ejido.

Referencias

- Bautista, G. (2003). *Manual para promotores forestales DISI*. Jalisco, México: Comisión Nacional Forestal.
- Bautista, G. (2001). *Guía para el promotor ambiental municipal. Cuidemos Nuestro Ambiente*. Jalisco. México: Secretaria de Desarrollo Rural de Jalisco.
- Bautista, L. M., y Bautista G. (2017). *Informe final de actividades: Curso Promoción y Comercialización para Empresas Forestales realizado del 22 al 25 de Septiembre 2017 para la Productora y Comercializadora de Recursos Forestales y Naturales La Petaca No. 2, S.P.R. de R.I.* La Petaca, Concordia, Sinaloa.
- Bautista, L.M., y Bautista G. (2018). *Informe final de actividades: Curso Administración Básica para Empresas Forestales realizado de 22 al 25 de julio 2018 para la Productora y Comercializadora de Recursos Forestales y Naturales La Petaca No. 2, S.P.R. de R.I.* La Petaca, Concordia, Sinaloa.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas CONANP. (2014). Estudio Previo Justificativo para la Declaratoria Como Área Natural Protegida. Recuperado de: <https://bit.ly/3aqLhcw>
- Comisión Nacional Forestal. (2004). *Programa Nacional de Educación y Capacitación Forestal 2004-2025*. Jalisco, México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2010). *Informe Anual sobre situación de pobreza y rezago social para el Municipio de Concordia, Sinaloa*. Recuperado de <https://bit.ly/3sITO0V>
- Ejido la Petaca No. 2 (2014). *Informe final de actividades: talleres participativos*

- para la propuesta y establecimiento de una figura jurídica para la administración de los recursos forestales. *La Petaca*, Concordia, Sinaloa.
- Esteva, J., y Reyes, J. (2003). *Manual Del Promotor y Educador Ambiental para el Desarrollo Sustentable*. Distrito Federal, México. 2ª Edición, Secretaria De Medio Ambiente y Recursos Naturales, Centro De Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable e Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato.
- Grundmann, G., y Sthal, J. (2002). *Como la Sal en la Sopa. Conceptos, métodos y técnicas para profesionalizar el trabajo en las organizaciones de desarrollo*. Quito, Ecuador: Abya-Yala.
- Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática INEGI (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. Recuperado de <https://bit.ly/3tvsyE9>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO (1978) *Informe de la Conferencia Intergubernamental sobre educación Ambiental. Tbilisi, URSS, 14 al 26 de Octubre de 1977*.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, (2014). *Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Área de Protección de Flora y Fauna "Monte Mojino" ubicada en el estado de Sinaloa, México*. 295 p, 11 anexos.
- UNESCO. (1978). Informe Final de Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental. UNESCO-PNUMA, 14-26 de octubre de 1977, Tibilisi, URSS. ED/MD/49, París.
- Vargas, J. G. (2003). Formación de capital social para fortalecer la institucionalización de la gobernabilidad. *Sociológica*, 18 (52), 199-209. Recuperado de: <https://bit.ly/3slTT4J>
- Wood, D., y Walton, D. (1990). *Cómo planificar un programa de educación ambiental*. Washington D. C., USA: Cuadernos de la FAO, IIED y USFWS.

Cambio climático, afectaciones y acciones ambientales en jóvenes de entorno rural

Climate change, negative effects and environmental actions from a rural youth perspective

Gabrielle Fascinnetto Bárcena¹, María Esther Méndez Cadena², Dulce María Quintero Romero³

Resumen

La viabilidad de la vida está en riesgo, debido a los problemas ambientales causados por el cambio climático, atribuido de manera directa o indirecta, a la actividad humana. Sin embargo, poco se conoce de la percepción que los jóvenes tienen sobre las modificaciones al clima. El objetivo de este trabajo fue analizar, en estudiantes de educación media superior de un ámbito rural, la percepción que poseen en torno a la variabilidad climática, cómo les afecta y cómo actúan al respecto. Para ello, se aplicó un cuestionario abierto a 260 estudiantes del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTA) No. 254 “Águiles Serdán Alatríste” en Cuacnopalan, Palmar de Bravo, Puebla, México; localidad rural con alto grado de marginación. Los resultados muestran que los alumnos relacionan el cambio climático con modificaciones al clima, como proceso natural con consecuencias negativas. Las afectaciones atañen a distintos ámbitos como la salud, la agricultura, la alimentación, la economía y el paisaje, pero existe poca claridad sobre las acciones emprendidas para atenderlas. Este tipo de estudios brinda información para comprender cómo la juventud experimenta y actúa en relación con la problemática ambiental, también permiten obtener elementos para proponer

¹Estudiante de doctorado del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. MÉXICO. Correo electrónico: fascinnetto.gabrielle@colpos.mx

² Profesora-Investigadora Titular del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. MÉXICO. Correo electrónico: mesther@colpos.mx

³ Profesora-Investigadora del Centro de Gestión del Desarrollo de la Universidad Autónoma de Guerrero. México. Correo electrónico: dulcenic@yahoo.com.mx

programas de educación ambiental y fomentar acciones con valores pro-ambientales.

Palabras clave: variabilidad climática, educación media superior, percepción, problemática ambiental.

Abstract

Life feasibility is at risk due to the environmental problems caused by climate change, attributable directly or indirectly to human activity. However, little is known about youth perception of climate modifications. The objective of this work was to analyze the perception that rural high school students have regarding climate variability, how it affects them, and how they react toward it. To this end, an open questionnaire was applied to 260 students of the Agricultural and Technological High School (CBTA, for its acronym in Spanish) No. 254 “*Aquiles Serdán Alatríste*” in Cuacnopalan, Palmar de Bravo, Puebla, Mexico, a rural town with a high degree of marginalization. The results show that students relate climate change to climate modifications, as a natural process with bad consequences. Negative effects cover several areas, such as health, agriculture, nutrition, economy, and landscape, but it is unclear what actions are needed to address them. This kind of studies provides information to understand how youth experiences and reacts to the environmental problem; furthermore, it provides elements to propose environmental education programs and to promote actions with pro-environmental values.

Keywords: climate variability, high school education, perception, environmental problem.

Introducción

Entre las problemáticas ambientales actuales se encuentra el cambio climático, de acuerdo a Paterson (2017), éste se refiere a “los impactos y condiciones meteorológicas causadas por el calentamiento global” (p. 155), como precipitaciones de mayor intensidad, transformaciones en secuencias meteorológicas como los fenómenos del niño y la niña, sequías y, con ello, incendios forestales, avalanchas, huracanes y olas de calor, por mencionar algunos, los cuales se han presentado de forma constante en diversas partes del mundo. Para referirse al cambio climático también se emplea el término de “variabilidad climática” (Pabón y Montealegre, 2017, p.21), la cual constituye uno de los problemas más trascendentales que enfrenta la humanidad pues deriva en dificultades como la supervivencia de toda la vida en el planeta.

El calentamiento global, de acuerdo con Paterson (2017) se refiere al “aumento en las temperaturas del planeta derivado de la generación de gases de efecto invernadero producidos por las energías fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural” (p.156). La emisión de estos gases es el factor de origen humano que contribuye más significativamente al cambio climático (Fondo de Población de las Naciones Unidas -UNFPA, 2009) y éste, ha incidido de forma drástica en la degradación y pérdida irremediable de los ecosistemas (Rocha, 1999).

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2019) la temperatura media global en superficies observada en:

[...] el decenio 2006-2015 fue de 0.87° C más alta (rango probable entre 0.75° C y 0.99° C) que el promedio del período 1850-1900. El calentamiento global antropocéntrico estimado aumenta actualmente a 0.2° C por decenio como consecuencia de las emisiones anteriores y actuales (p. 6).

Enfrentar el cambio climático requiere no sólo de la comprensión, sino del consenso ciudadano, al implicar cambios en el estilo de vida basado en patrones insostenibles de producción y consumo, por patrones sostenibles de bienestar. Sólo tomando conciencia de las implicaciones e impactos globales generados por todas las acciones individuales se podrán llegar a alcanzar dichas transformaciones. La importancia de conocer la percepción de los estudiantes en relación con el cambio climático radica en la toma de conciencia. Son los jóvenes “[...] quienes ocuparán la primera línea en las próximas décadas y quienes tendrán que enfrentar los desafíos que plantea el cambio climático” (UNFPA, 2009, p. 4); también son considerados el grupo de “[...] población prioritaria por su incidencia inmediata en el ámbito político, socioeconómico y cultural” (Alvear, Ceballos y Urbano, 2015, p. 54).

Al ser los jóvenes quienes enfrentarán las amenazas, los efectos y las oportunidades que implica el cambio climático, es necesario profundizar sobre su percepción, cómo les afecta en su vida diaria y cómo actúan ante dichas afectaciones. Al tomar conciencia de la variabilidad climática, podrán darse cuenta de cómo se relaciona en sus vidas y sus comunidades. Sin embargo, es determinante capacitarlos e involucrarlos en dirigir sus capacidades para dar respuesta a la variabilidad climática, pues los efectos de ésta los colocan ante la urgencia de llevar una vida distinta a las generaciones previas (UNFPA, 2009).

Las nuevas generaciones deben tener la oportunidad de tomar un papel activo en el compromiso del bienestar del mundo y explotar su potencial como agentes de

cambio, bajo este contexto, el objetivo de este trabajo fue analizar la percepción, en estudiantes que cursan la educación media superior en un ámbito rural, con el fin de comprender la mirada que estos jóvenes poseen, con relación a la problemática ambiental y, contar con elementos para diseñar procesos de educación ambiental para fomentar comportamientos pro-ambientales.

Aspectos teóricos

El clima depende de un gran número de factores que interactúan de manera compleja. Cuando un parámetro meteorológico sale de su valor medio de hasta 30 años, se está frente a una anomalía climática ocasionada, ya sea por forzamientos internos (como inestabilidad en la atmósfera o en el océano) o, por forzamientos externos (tales como cambios en la intensidad de la radiación solar, el uso de suelo o concentraciones de gases de efecto invernadero provocados por la actividad humana) (Martínez, Fernández, y Osnaya, 2004), es decir, se presenta un cambio climático.

Varios factores pueden producir cambios en el clima, el IPCC (2001), “[...] sugiere que hay una influencia humana discernible en el cambio climático global” (p. 10). Martínez, Fernández, y Osnaya (2004) se refieren al cambio climático como un problema con características únicas de naturaleza global, el cual involucra interacciones complejas entre procesos naturales, sociales, económicos y políticos a nivel mundial. Por ello, se considera a la problemática ambiental como un tema de origen antropogénico y, si ésta no se reduce, probablemente sus efectos serán cada vez más severos.

El impacto del cambio climático y la repercusión sobre la modificación de la vida, en especial de los jóvenes, requiere centrar el foco de atención al conocimiento de dicho cambio, por consiguiente, es necesario analizar la percepción que poseen los jóvenes en cuanto a cómo conciben los efectos transformadores en sus vidas y las acciones emprendidas como consecuencia.

Los estudios de percepción permiten conocer las interpretaciones y los significados en torno a las impresiones obtenidas del ambiente y a los efectos que se tienen sobre ellas. Además, coadyuvan a comprender las relaciones de los grupos sociales con su entorno natural y las acciones emprendidas para mejorar sus condiciones de vida (Faviel, Infante y Molina, 2019; Muiño y Fernández, 2019).

La funcionalidad de la percepción depende de la actividad de los receptores trastocados por los procesos del mundo físico (Arias, 2006). De acuerdo con Vargas (1994), es “el proceso cognitivo de la conciencia que consiste en el reconocimiento, interpretación y significación para la elaboración de juicios en torno a las sensaciones obtenidas del ambiente físico y social, en el que intervienen otros procesos psíquicos entre los que se encuentran el aprendizaje, la memoria y la simbolización” (p. 48). Por tanto, a partir de la percepción se accede a los conocimientos que tienen los jóvenes sobre el cambio climático, cómo les afecta y cómo actúan al respecto. Conocer la percepción de los jóvenes sobre el cambio climático, de acuerdo Muiño y Fernández (2019), indica un panorama general de la representatividad de la problemática ambiental y sus impactos en todos los aspectos de su vida.

Las distintas generaciones marcan en las personas las tendencias respecto a gustos, comportamientos y percepciones (Di Lucca, 2013). Los jóvenes actualmente están experimentando circunstancias que probablemente aumenten en intensidad y frecuencia cuando los efectos del cambio climático se generalicen (UNFPA, 2009), así los jóvenes de la generación actual se desenvuelven en varios escenarios que son determinantes en su percepción ante el cambio climático.

Los estudiantes del nivel medio superior de entornos rurales son un sector importante de la población mexicana en relación con los temas ambientales. De acuerdo con Ruíz, Barraza y Ceja (2009, p. 142) estos jóvenes: 1) finalizarán su educación escolar formal y se incorporarán al ámbito laboral; 2) varios de ellos desempeñarán cargos claves donde tomarán decisiones importantes para su comunidad; 3) desarrollarán participación activa en sus comunidades, como el manejo de los recursos naturales; 4) algunos de ellos entrarán a la universidad y 5) son un grupo poco investigado en materia ambiental. Los jóvenes rurales fomentarán la economía local, la sustentabilidad de su territorio y el desarrollo local (Pacheco, 2009). Sin embargo, “en ocasiones son invisibilizados” (Espejel, Castillo y Martínez, 2011, p. 5), siendo que, a través de su mirada en temas ambientales, se pueden llegar a transformar los estilos de vida a nuevas formas menos tóxicas e interactuar en armonía con el planeta (UNFPA, 2009).

Existe la premisa acerca de las personas residentes en áreas rurales, las cuales al estar más cerca de la naturaleza, tienen una mayor conciencia del medio ambiente y los daños ocasionados a éste (López y Bastida, 2018); por lo cual, es conveniente analizar la percepción de jóvenes en educación media superior de zonas rurales, para tener un primer acercamiento de cómo vislumbran la variabilidad climática y

sus repercusiones, con el propósito de contribuir a diseñar acciones formales en educación ambiental (González y Abregú, 2013).

La educación ambiental es determinante dado que, el peso de los desafíos del cambio climático recae en los jóvenes, haciéndose prioritario capacitarlos y fortalecerlos en el esfuerzo por la conservación ambiental, para ellos y las generaciones por venir (UNFPA, 2009). De acuerdo con Ferrer, L. G. y Ferrer, J. G. (2008) “[...] la obligación con las generaciones futuras surge de las discusiones respecto a la relación del hombre con la naturaleza” (p. 491). Empero, la forma en que evolucione la vida dependerá del nivel de atención en las necesidades de educación desde la mirada de los “valores, conducta, estilos de vida y procesos de prevención y resolución de problemas ambientales presentes y futuros” (Espejel, Castillo y Martínez, 2011, p. 1); y desde los procesos de empatía de cercanía considerando al otro (Bisquerra y Pérez, 2007) y al medio ambiente (Acosta y Boulding, 2014). La educación ambiental es requerida para la construcción de una estrategia de política ambiental, donde los gobiernos, apoyados por organismos internacionales, se impliquen en procesos de formación que deriven en acciones para contribuir a mitigar “los impactos de un clima anormal o extremo” (Martínez *et al.*, 2004, p. 18).

Hoy en el mundo viven más jóvenes, además nos encontramos en el límite del cambio climático (UNFPA, 2009), por ello, brindar herramientas desde la educación ambiental, puede contribuir a generar conciencia, compromiso y empoderamiento en estos jóvenes como actores frente al cambio climático. Analizar la percepción que poseen en el nivel medio superior, permite tener un referente de cómo conciben el cambio climático, en qué les afecta en su cotidianidad y qué hacen ante sus efectos, con el propósito de coadyuvar a una formación ciudadana formal para fomentar acciones y valores pro-ambientales (González y Abregú, 2013).

Materiales y métodos

El enfoque del presente estudio es mixto, con un alcance exploratorio que conlleva a una aproximación de la percepción de los jóvenes del nivel medio superior acerca de la variabilidad climática, sus afectaciones y repercusiones. El estudio fue realizado en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario -CBTA- No. 254 “Águiles Serdán Alatríste” unidad educativa de tipo federal, adscrita a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA), dependiente de la Subsecretaría de Educación Media Superior (SEMS) de la Secretaría de Educación Pública (SEP). En este plantel se ofrecen las carreras de técnico agropecuario y

técnico en informática, las cuales tienen una duración de tres años. El CBTA No. 254 se ubica en la comunidad de Cuacnopalan, Palmar de Bravo del estado de Puebla en México, la cual es catalogada como rural y presenta un alto grado de marginación (CONEVAL, 2015).

El instrumento utilizado fue un cuestionario (Hernández *et al.*, 2010) el cual se diseñó a partir de la revisión bibliográfica, quedando integrado por 8 preguntas de respuesta abierta. El cuestionario se sometió a revisión de cuatro expertos en educación ambiental, docentes investigadores de instituciones de educación superior del estado de Puebla, los cuales fueron seleccionados a partir de su experiencia profesional en el ámbito de estudio y mostraron disposición por colaborar en la revisión del cuestionario. Las observaciones recibidas dieron paso al instrumento empleado, con la integración de dos preguntas más y, el reajuste en el orden de estas. De esta forma, la versión final comprendió 10 preguntas distribuidas en dos apartados: el primero consideró los datos sociodemográficos de los participantes como edad, género y carrera técnica; estas variables permitirán visualizar los segmentos de los estudiantes con base en su identidad académica y, el segundo apartado, integró las preguntas sobre qué es el cambio climático, cómo les afecta y cómo actúan al respecto, las cuales permitieron identificar la percepción que poseen. En cada pregunta se solicitó se anotaran tres palabras que respondieran al cuestionamiento. El motivo de esta petición fue conocer qué conceptos o términos surgen con mayor fuerza, como primera idea al contestar cada interrogante, producto de su percepción.

El cuestionario se aplicó en noviembre de 2019 a 260 estudiantes de CBTA No. 254, donde 143 eran mujeres y 117 hombres, con una edad media de 16 años; se llevó a cabo en horario escolar, fue auto aplicado y requirió un promedio de 11 minutos para ser respondido.

Resultados y discusión

Con relación a la respuesta sobre la percepción de los participantes de qué es el cambio climático, se obtuvieron 198 respuestas de 260 participantes. La figura 1 muestra lo siguiente, para el 45% representa cambio en el clima, es decir, esta situación da cuenta que los estudiantes no tienen mucha claridad en el tema o un escaso conocimiento de este, pues contestaron con la misma pregunta realizada, esto denota la importancia de abordar el tema de la variabilidad climática con los estudiantes encuestados. Para el 13% de los alumnos representa daños al clima, es decir, afectaciones generadoras de problemas y alteraciones con resultados

irreversibles, como por ejemplo el descongelamiento de los casquetes de los polos. Sin embargo, se puede considerar que tanto la variación en el clima como sus daños corresponden a percepciones similares, las cuales refieren a anomalías climáticas como afirman Martínez, Fernández, y Osnaya (2004).

Una mirada distinta tiene el 11% de los participantes para quienes el cambio climático se asocia a la contaminación, aunque no pueden definir de manera clara la relación, debido quizá a un escaso conocimiento de la problemática ambiental. Un 10% lo refiere como transformaciones, es decir, lo percibe como un proceso natural que se lleva a cabo en determinados periodos. Es decir, los jóvenes relacionan las modificaciones al clima como producto de un ciclo de la naturaleza, orientados a la corriente denominada negacionista, la cual cuestiona los orígenes antropocéntricos del cambio y lo consideran una fase del planeta tal como indican Ramírez y González (2011). No obstante, el cambio climático es una realidad incontrovertible y real (Martínez *et al.*, 2004; González, 2012). Otro 10% de los encuestados refirieron no saber qué es el cambio climático y un 12% dejó la respuesta sin contestar. Estas últimas dos situaciones pueden indicar lo siguiente, o bien los jóvenes encuestados no tienen conocimiento claro acerca de qué es el cambio climático o, hay poco interés en el tema; cualquiera que sea el escenario, es notoria la urgencia de abordar el tema de la variabilidad climática en los estudiantes encuestados del nivel medio superior, además de profundizar en la temática ambiental, es prioritario generar en ellos el interés de actuar de manera pro-ambiental como sujetos activos para reducir los efectos del cambio climático.

Las afectaciones referidas como consecuencia del cambio climático son diversas. La figura 2 presenta la respuesta de 196 de los 260 participantes, de los cuales 47% indicaron las relacionadas con la salud, que provocan enfermedad sobre todo de la piel. Afectaciones en su rutina o vida diaria son reconocidas por 18% de los alumnos, esto ocasionado por las altas temperaturas, las cuales conllevan una limitante al no poder salir en las horas de mayor insolación, o la implicación de usar protectores para cubrirse de las radiaciones solares. Con menor frecuencia, 5% de los participantes percibieron afectaciones en las labores de agricultura, al tener mayor presencia de plagas, las cuales afectan la economía familiar.

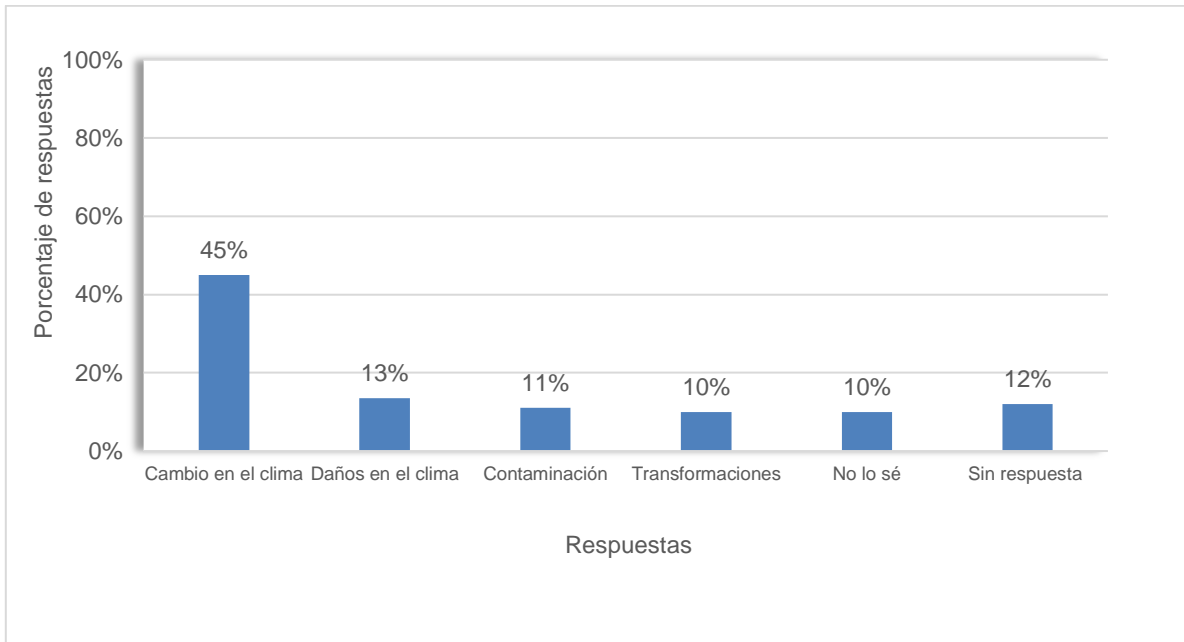


Figura 1. ¿Qué es el cambio climático? N=260.

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado.

También se identificaron efectos sobre la alimentación, donde 3% de los encuestados comentan tener cosechas reducidas provocando escasez de alimentos para la familia. La existencia de cambios en el entorno fue la respuesta proporcionada por 3% de los alumnos, visible en un paisaje gris por ausencia de las lluvias estacionales. Estos resultados coinciden con lo mencionado por Margulis (2006) quien indicó que, el cambio climático tiene severos impactos mundiales en zonas urbanas, especialmente en áreas rurales, donde se alteran los hábitats, hay degradación y pérdida de diferentes ecosistemas, es decir, el impacto es heterogéneo y la tendencia va en aumento. Al respecto Vázquez y Peligros (2020) señalan que, estos cambios afectan a toda la población, pero quien lo resiente en mayor medida son los jóvenes.

Respuestas no relacionadas con afectaciones sufridas por el cambio climático fueron dadas por 12% de los participantes, entre lo señalado están aspectos como contaminación, la cual podría ser una causa, si es considerada, por ejemplo, por las emisiones de los gases de efecto invernadero, pero no un efecto. Lo anterior muestra que, la percepción sobre cambio climático es desigual y por lo tanto sus afectaciones son diferentes en cada localidad, región, país y para cada persona (Damonte, Cabrera, y Miranda, 2017). Esta situación da cuenta de la necesidad de tener programas de formación diferenciados. El 13% de los encuestados, no

proporcionó contestación, esto puede indicar dos aspectos, el primero es su desconocimiento sobre qué es el cambio climático, pues si bien ha habido modificaciones al clima, los estudiantes no relacionan a los fenómenos presentados con afectaciones en su día a día como consecuencias de esta variabilidad climática, o el segundo, tienen desinterés en el tema.

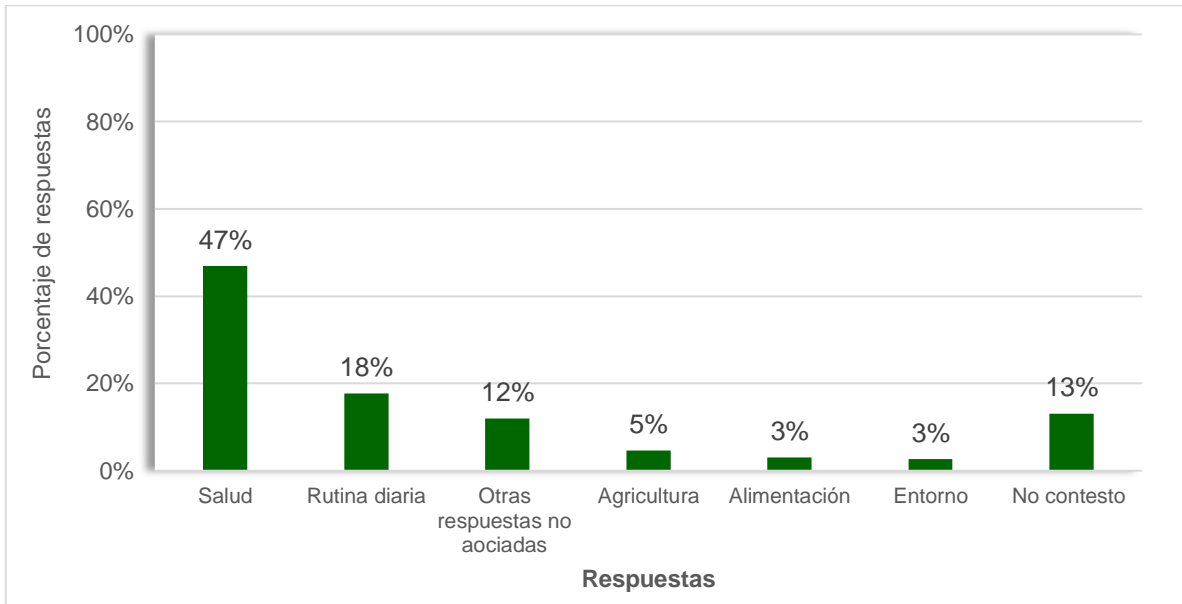


Figura 2. Afectaciones derivadas del cambio climático N=260.

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado

Las acciones llevadas a cabo por 129 de los 260 jóvenes participantes en el estudio, derivadas de las afectaciones del cambio climático, se muestran en la figura 3. En ésta se indica que 29%, emprenden actividades relacionadas a su cuidado personal, como son la protección tanto del calor extremo como de la exposición al sol, donde evitan salir en horas de mayor radiación solar y tratan de usar ropa para protegerse. No contaminar fue señalado por 17%, básicamente consiste en no tirar basura o en su defecto recogerla. Con menor frecuencia, 10% de los jóvenes tratan de poner en acción de las tres “R” -reciclar, reducir y reusar-, la cual Peláez y Hernández (2019) conlleva a ubicar el dar a la basura un segundo uso, así como reducir la utilización de productos que pueden llegar a convertirse en desechos y contaminar, a partir de las bolsas de plástico o bien dar otra oportunidad a las cosas, como lo es reusar la ropa, práctica muy común en contextos rurales. Sin embargo, el poner acción de las tres “R” da cuenta de una mirada institucional, pues ésta ha sido parte de los contenidos académicos formales dictados por organismos gubernamentales.

Respuestas no relacionadas con acciones diarias ante el cambio climático les dieron

6% de los alumnos, tales como enfermedades o uso de vehículo. Esto puede ser interpretado en dos sentidos, en primera instancia, los jóvenes no realizan ninguna acción; por otro lado, no identificaron afectaciones derivadas del cambio climático. Sin embargo, es importante que los jóvenes no perciban los problemas ambientales como hechos aislados, ya que ello les permitirá establecer acciones individuales y colectivas en pro del cuidado del medio ambiente a nivel global (Barraza y Pineda, 2003).

La necesidad de informarse acerca de las afectaciones provocadas por el cambio climático, fue señalado por 4% de los participantes, situación positiva y preocupante al ser una minoría. Bello, Meira y González (2017) indican, ante los desastres ocasionados por el cambio climático, se necesita un cambio cultural para promover nuevos valores, comportamientos y actitudes. Para ello, es fundamental un cambio de comportamiento hacia una mayor sostenibilidad, a través de la información recibida, donde la formación adquirida en la educación formal resulta relevante. El 11% de los encuestados afirmaron no saber qué acciones realizar a consecuencia de las afectaciones del cambio climático y 23% no contestaron al cuestionamiento, esto da cuenta de la falta de conciencia, por parte de los estudiantes participantes en la investigación, como consecuencia del desconocimiento acerca del cambio climático; tampoco visualizan afectaciones provocadas en su vida y por ende, no identifican las acciones que pueden realizar para mitigar los impactos de la variabilidad climática en su día a día.

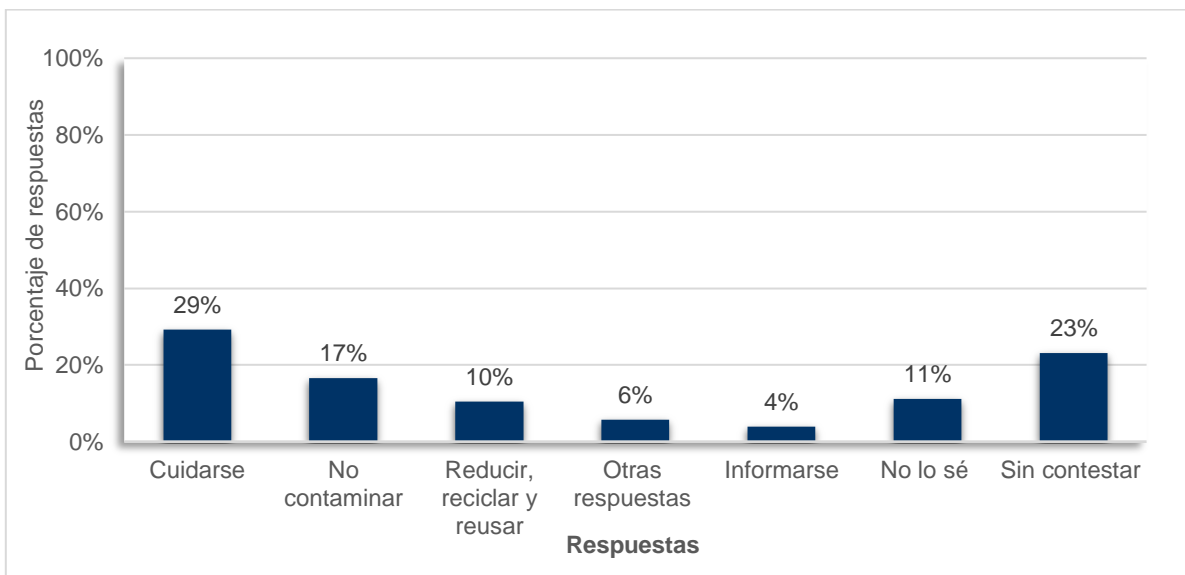


Figura 3. Acciones diarias en consecuencia de las afectaciones del cambio climático. N= 260.

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado.

Conclusiones

El cambio climático está vinculado a daños en el clima de consecuencias negativas, derivados de procesos de contaminación o de la vida misma en el planeta. La percepción que poseen los jóvenes participantes en el estudio con relación al cambio climático es confusa y poco clara, esto es una evidencia de que los procesos de educación formal e informal, no han brindado la información suficiente para desarrollar una percepción clara sobre el cambio climático del planeta.

Las afectaciones derivadas del cambio climatológico identificadas son: daños a la salud con efectos en la piel, limitaciones en las actividades diarias por la exposición al sol, daños en la agricultura con consecuencias en la alimentación y economía, y un cambio en el paisaje natural. A pesar de que, los jóvenes no tienen claridad sobre el concepto de cambio climático, sí identifican las consecuencias negativas. Los efectos referidos dan cuenta de la magnitud del problema, de ámbito global al trastocar el ámbito personal, social y económico.

Cuando el clima afecta la vida de los jóvenes, éstos emprenden acciones encaminadas a mitigar los efectos perjudiciales como son: limitar el tiempo de exposición al sol, usar ropa para reducir la cantidad de piel expuesta a la radiación solar, o bien implementar las tres Rs de la basura: reducir, reciclar y reutilizar los desechos, así como buscar información relacionada con el cambio climático. La naturaleza de los jóvenes implica una inquietud por conocer más y poder realizar acciones de mayor envergadura, ante lo cual las instituciones educativas deberían brindar una formación para y sobre el cambio climático, de esta manera, es probable generar la transformación requerida para la sostenibilidad del medio ambiente.

Los resultados ratifican que los efectos negativos del cambio climático sobre poblaciones marginadas son mayores al afectar condiciones básicas como su alimentación y salud. Sin embargo, las acciones emprendidas para mitigar la problemática no generan una mejora, al quedarse en un nivel superficial y sólo implementar el reciclar, reutilizar, y reducir. Esto evidencia que los contenidos recibidos en su formación escolar no incluyen aspectos más amplios sobre el cambio climático, obstruyendo la apropiación y generación de valores pro-ambientales para modificar su interacción con el ambiente.

Se sugiere que, los contenidos referidos a medio ambiente en los planes de estudio de educación media superior deben considerar de forma amplia las causas y

consecuencias del cambio climático, para despertar el interés de los jóvenes por cuidar al ambiente y así generar acciones de mayor impacto, tal como reducir el consumo de productos altamente contaminantes.

Referencias

- Acosta, A., y Boulding, K. (2014). Los Derechos de la Naturaleza Como fundamento para otra economía. *Revista Digital Voces en el Fénix*, 1. Recuperado de <https://bit.ly/3dy43AM>
- Alvear, N. L., Ceballos, V. E., y Urbano, B. M. (2015). Los jóvenes de la ciudad de Popayán frente al cambio climático. Un estudio desde las representaciones sociales. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(26), 43-56. Recuperado de <https://bit.ly/3tzXuDk>
- Arias, C. C. A. (2006). Enfoques teóricos sobre la percepción que tienen las personas. *Horizontes Pedagógicos*, 8(1), 9-22. Recuperado de <https://bit.ly/3mZF3p8>
- Barraza, L., y Pineda, J. (2003). Como ven los bosques los jóvenes mexicanos: comparación de dos comunidades rurales. *Unasylva*, 54(213), 10-17. Recuperado de <https://bit.ly/3n31REl>
- Bello, L., Meira P., y González-Gaudio, E. J. (2017). Representaciones sociales sobre cambio climático en dos grupos de estudiantes de educación secundaria de España y Bachillerato de México. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 22(73), 505-532. Recuperado de <https://bit.ly/3varMgp>
- Bisquerra, A. R., y Pérez, E. N. (2007). Las competencias emocionales. *Educación XXI*, 10(0), 61-82. doi: 10.5944/educxx1.1.10.297
- CONEVAL -Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social - (2015). Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2015, Palmar de Bravo, Puebla. Recuperado de <https://bit.ly/3dzNvbD>
- Damonte, G., Cabrera, A., y Miranda, F. (2017). Problemas vinculados al cambio y variabilidad climáticos y modelos ejemplares de adaptación por regiones en el Perú. Editorial GRADE. Recuperado de <https://bit.ly/3xb8bOU>
- Di Lucca, S. (2013). El comportamiento actual de la Generación Z en tanto futura generación que ingresará al mundo académico. In *Universidad de Palermo, Italia*. Recuperado de <https://bit.ly/2QG7z32>
- Espejel, R. A., Castillo, R. I., y Martínez, de la F. H. (2011). Modelo de educación ambiental para el nivel medio superior, en la región Puebla-Tlaxcala, México: Un enfoque por competencias. *Revista Iberoamericana de Educación*, 55(4), 2-13. Recuperado de <https://bit.ly/3tAHd0K>
- Faviel, C. E., Infante, M. D., y Molina, R. D. O. (2019). Percepción y calidad de agua

- en comunidades rurales del área natural protegida La Encrucijada, Chiapas, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(2), 317-334. doi: 10.20937/RICA.2019.35.02.05
- Ferrer, O. L. G., y Ferrer, O. J. G. (2008). El problema de la fundamentación filosófica de los derechos de las generaciones futuras. *Anuario Mexicano de Derecho Internacional*, 8, 487-507. Recuperado de <https://bit.ly/3dxxYJ4>
- UNFPA -Fondo de Población de las Naciones Unidas-. (2009). *En la frontera: Jóvenes y cambio climático*. Estado de la población mundial 2009 - suplemento jóvenes. Nueva York, USA. Recuperado de <https://bit.ly/3e9CDQw>
- González-Gaudiano, E. J. (2012). La representación social del cambio climático. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(55), 1035-1062. Recuperado de <https://bit.ly/3akxW5x>
- González, T., y Abregú, L. (2013). Nivel de información y actitudes de estudiantes y profesores. Aproximación a la educación ambiental en Selva alta. *Investigación y Amazonía*, 3(2), 110-113. doi: 10.1377/hlthaff.2013.0625
- IPCC -Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático-. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Cambio climático 2001: la base científica. Contribución del Grupo de Trabajo I al Tercer Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático]. Technical Summary. WMO-UNEP. Cambridge: Cambridge University Press. Recuperado de <https://bit.ly/3v56lgs>
- IPCC -Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático-. (2019). *Calentamiento Global de 1,5 °C*. Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto in. In *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Hernández, S. R., Collado, F. C., y Baptista, L. M. P. (2010). *Metodología de la investigación*. México. Mc Graw Hill. Recuperado de <https://bit.ly/3sH3iK5>
- López, R. R., y Bastida, I. D. (2018). La importancia de la educación ambiental no formal en el medio rural: el caso de Palo Alto, Jalisco. *Diálogos Sobre Educación*, 16(9), 1-21. doi: 10.32870/dse.v0i16.408
- Margulis, S. (2016). Vulnerabilidad y adaptación de las ciudades de América Latina al cambio climático. *CEPAL (Naciones Unidas)*, 82. Recuperado de <https://bit.ly/3apiPrD>
- Martínez, J., Fernández, F. A., y Osnaya, P. (2004). *Cambio climático: una visión desde México*. SEMARNAT. Recuperado de <https://bit.ly/3gpnHRd>
- Muñoz, W. A., y Fernández, L. (2019). Percepciones y conocimientos de una

- comunidad campesina del sudoeste de La Pampa (Argentina). Recursos forrajeros, hidrocarburos y estrategias de vida. *Ethnobotany Research and Applications*, 18(18). doi: 10.32859/era.18.18.1-17
- Pabón, J. D., y Montealegre, J. E. (2017). *Los fenómenos de El Niño y de La Niña, su efecto climático e impactos socioeconómicos*. Bogotá, Colombia. Academia Colombiana de ciencias Exactas, Física y Naturales colecciones Jorge Álvarez Lleras No. 34. Recuperado de <https://bit.ly/2Q8VKm9>
- Pacheco, L. G. (2009). Juventud rural: entre la tradición y la ruptura. *Suplemento Diario de Campo*, 56, 51-59. Recuperado de <https://bit.ly/3n35qui>
- Paterson, P. (2017). Calentamiento Global Y Cambio Climático En Sudamérica. *Revista Política y Estrategia*, 130(129), 153-188. doi: 10.26797/rpye.v0i130.133
- Peláez, M. P., y Hernández, S. A. (2019). Accionando las 3R. Propuesta de educación ambiental. In *En V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales (Ensenada, 8 al 10 de mayo de 2019)*. 2019. Recuperado de <https://bit.ly/3dyyV41>
- Ramírez, V. Y., y González, G. E. J. (2011). Representaciones sociales del cambio climático en estudiantes de dos universidades veracruzanas. *Revista de Investigación Educativa*, 22, 1-27. doi: 10.25009/cpue.v0i22.1923
- Rocha, D. J. (1999). Población, medio ambiente y desastres. In *Journal of Chemical Information and Modeling*. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004
- Ruíz, M. I. R., Barraza, L., y Ceja, A. M. P. C. (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: revista de turismo, desarrollo y competitividad*, (16), 139-167. doi: 10.21854/eps.v0i16.925
- Vargas, M. L. M. (1994). Sobre el concepto de percepción. *Alteridades*, 8, 47-53. doi: 10.4067/s0718-22952008000100003
- Vázquez, V. G., y Peligros, E. C. (2020). Desarrollo local, desarrollo rural y juventud. Hacia la definición de un marco general para la puesta en práctica de políticas de desarrollo rural aplicadas a la juventud. *Revista de Estudios de Juventud*, 122, 15-33. Recuperado de <https://bit.ly/2QzK006>

Educación ambiental para servidores públicos municipales bajo el enfoque del desarrollo sustentable: Caso Salvatierra, Guanajuato

Environmental education for municipal public officers through a sustainable development approach: the case in Salvatierra, Guanajuato

Dulce María Reyes Barrera¹, Benito Rodríguez Haros²,
Tzatzil Isela Bustamante Lara³

Resumen

El desarrollo sustentable es difundido ampliamente a nivel global, sin embargo, sus alcances a nivel local pueden ser cuestionados. El objetivo de esta investigación es construir una propuesta de educación ambiental a partir de la percepción y visión sobre el desarrollo sustentable (DS) que tienen los servidores públicos del municipio de Salvatierra. Para ello, se utilizó una metodología de carácter cualitativo. La herramienta de investigación aplicada fue una entrevista semiestructurada para los funcionarios participantes. Los resultados muestran que existe un grupo de servidores públicos municipales interesados en el DS (5 de 16), no obstante, su conocimiento sobre la sustentabilidad y la problemática ambiental municipal son

¹ Doctora en Planeación y Desarrollo Sustentable por la Universidad Autónoma de Baja California. Profesora-investigadora de la Universidad de Guanajuato; del Campus Celaya-Salvatierra, División de Ciencias Sociales y Administrativas, Departamento de Estudios Sociales. Salvatierra, Guanajuato. MÉXICO. Correo electrónico: dm.reyes@ugto.mx

² Profesor Investigador de Tiempo Completo del Departamento de Estudios Sociales de la División de Ciencias Sociales y Administrativas del Campus Celaya-Salvatierra, sede mayorazgo, de la Universidad de Guanajuato. MÉXICO. Correo electrónico benus27@yahoo.com

³ Doctora en Ciencias en Economía Agrícola por la Universidad Autónoma de Chapingo. Profesora-investigadora de la Universidad de Guanajuato; del Campus Celaya-Salvatierra, División de Ciencias Sociales y Administrativas, Departamento de Estudios Sociales. Salvatierra, Guanajuato. MÉXICO. Correo electrónico: ti.bustamante@ugto.mx

limitadas. Se concluye con una serie de recomendaciones desde el enfoque del DS, que podrían seguir los servidores públicos del gobierno municipal, para incorporar en sus áreas de trabajo. Para esto se elaborará una propuesta de educación ambiental, integrada a partir de los problemas ambientales percibidos por los funcionarios y los temas básicos que deben conocer.

Palabras clave: Desarrollo sustentable, gestión ambiental, percepción social, problemas ambientales, sustentabilidad urbana.

Abstract

Sustainable development is broadly promoted worldwide; however, its scopes at local level can be questionable. The objective of this work is to develop an environmental education proposal from the perception of sustainable development (SD) that municipal public officers in Salvatierra municipality have. For that purpose, a qualitative methodology was followed. A semi-structured interview for participating public officers was the used research instrument. The results indicate that there is a group of municipal public officers interested in SD (5 out of 16); their knowledge about sustainability and municipal environmental problems is limited, though. As a conclusion, it is presented a series of recommendations from the SD approach that can be implemented by municipal public officers in their working areas. To that effect, an environmental education proposal, containing the environmental problems acknowledged by public officers and the basic topics to be known, will be developed.

Keywords: Sustainable development, environmental management, social perception, environmental problems, urban sustainability.

Introducción

El desarrollo sustentable (DS) surgió desde finales de los ochenta como una propuesta de cambio en el sistema social, ambiental y económico (ONU, 1987). Lo que se pretende con el DS es que los recursos se mantengan en el tiempo para que las generaciones presentes y futuras puedan satisfacer sus necesidades sin comprometer la disponibilidad. La propuesta internacional del DS surge derivada de los problemas ambientales que padece el mundo en la actualidad; algunos de los más relevantes son el cambio climático, contaminación, pérdida de especies, pobreza, desigualdad, entre otros, que dejan evidencia de los límites naturales que repercuten en las esferas económicas y sociales. A pesar de esto, el DS aún no permea en todas las actividades humanas (Martínez-Azpeitia *et al.*, 2020).

Algunos autores señalan que el DS tiene distintas escalas y ámbitos de intervención (Stevens, 2017). Esto no necesariamente significa que haya una ruta de acción clara para cuidar los recursos del presente y del futuro, por el contrario, esto hace más compleja la gestión de la sustentabilidad. Otra manera de llevar a la práctica los compromisos del DS es a través de la educación ambiental, que implica acciones y propósitos pedagógicos, lúdicos, de planeación de contenidos, tanto teóricos como prácticos, para tratar de concientizar a la sociedad sobre temas y problemas ambientales (Severiche-Sierra *et al.*, 2016). De hecho, aunque la educación ambiental ya está presente y se ha incorporado de manera transversal en distintos niveles educativos de los programas académicos en México (Espejel y Flores, 2017; Amigo *et al.*, 2019), en otros países (Muñoz *et al.*, 2017) y con adultos (Guerra *et al.*, 2018), de manera institucional, aún no ha permeado por completo en los ámbitos locales.

Considerando lo anterior, las acciones locales para el cambio global son una opción de mejora constante, pero es un proceso complejo, ya que no es fácil generar sinergia entre ciudadanos e instituciones. Al respecto, los esquemas globales tienden a generalizar los contextos y problemáticas. De esa manera, la situación a escalas pequeñas, por ejemplo, a nivel local, pierde importancia y relevancia. De acuerdo con García (2014), el municipio es un ejemplo de escala local; también podría ser una pequeña población o una comunidad (Bravo, 2007). Según estos autores, lo local indica un espacio territorial donde existe una población con vínculos, costumbres y tradiciones compartidos. Así, los municipios, en el caso de México, cuentan con una administración propia, para esto es importante que los servidores públicos, es decir, los encargados de direcciones y dependencias públicas gestionen los recursos locales.

Son pocos los trabajos que señalan la relación de lo local con el desarrollo sustentable, por ejemplo, Juárez (2013) indica que el desarrollo no puede separarse de esto; y son aún menos, las propuestas de educación ambiental que de manera institucional pretenden apoyar el desarrollo sustentable en escalas pequeñas (Garbizo *et al.*, 2019). Con ello, este trabajo se centra en identificar el conocimiento de los funcionarios públicos municipales, con respecto a la sustentabilidad y los problemas ambientales, y cómo actúan para enfrentarlos desde el gobierno municipal. A partir de esto, se estructura un temario, considerando el enfoque constructivista de la educación ambiental, para que los funcionarios sean capacitados.

Se parte de la idea de que los municipios tienen ayuntamientos para manejar los recursos locales, y que estos están siendo cada vez más reducidos y sobreexplotados, sobre todo los del medio natural. Entonces, es importante explorar sobre el conocimiento sobre sustentabilidad que tienen los servidores públicos locales, y que hacen para que ésta sea aplicada en sus funciones. De no ser así, es importante sugerir algunos temas esenciales, sobre todo bajo los principios de la educación ambiental, ya que ésta es considerada una herramienta para generar conciencia, valores, actitudes, conocimientos y comportamientos en la población, sobre la relevancia de la sustentabilidad y el cuidado ambiental (Gil y Vilches, 2019).

La zona de estudio elegida para la realización del presente trabajo fue el municipio de Salvatierra, en el estado de Guanajuato. Las preguntas principales implican analizar ¿qué es para ellos la sustentabilidad? ¿qué problemas ambientales identifican en el entorno? y ¿qué prácticas de cuidado ambiental llevan a cabo en sus áreas de trabajo? Todo esto con el fin de determinar si es necesario capacitarlos a partir de un programa de educación ambiental.

El enfoque de investigación seleccionado fue de corte cualitativo y la principal técnica de investigación fue la aplicación de entrevistas semiestructuradas a diversos servidores públicos. Los resultados dan cuenta del escaso conocimiento sobre los principios del desarrollo sustentable, identificación de problemas ambientales del entorno sesgados hacia el ámbito únicamente natural, al igual que las acciones que llevan a cabo desde sus áreas de trabajo, de manera voluntaria y sin ser incorporadas a sus planes de trabajo.

Desarrollo local sustentable

El desarrollo como concepto ha tenido un largo proceso de construcción. Existen varias maneras de conceptualizarlo. García (2014) indica que el origen del concepto de desarrollo está asociado con la idea de progreso y mejora. Por otro lado, Mora (2006) señala que los planteamientos sobre la economía del desarrollo son diversos y se han enmarcado por diversas formas de pensamiento y momentos históricos internacionales, sin embargo, anteriormente el enfoque se centraba en el crecimiento económico, el más reciente, gestado a finales de los ochenta, es el desarrollo sustentable. Éste, integra los ámbitos social, económico y ecológico, no obstante, resulta ser una construcción de un organismo internacional como lo es la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

El desarrollo sustentable

El desarrollo sustentable comenzó a tener relevancia a partir del llamado “Nuestro Futuro Común” o “Informe Brundtland” (ONU, 1987), donde se mostró que el sistema capitalista y los esquemas de consumo estaban evidenciando problemas ambientales globales. Este enfoque pocas veces plantea el análisis a escalas locales, puesto que la propuesta surgió a nivel internacional, tomando en cuenta propuestas del primer mundo y no de los países periféricos. No obstante, esto no significó que inmediatamente las naciones hicieran caso de las recomendaciones, por el contrario, a más de 30 años, apenas se han señalado algunos objetivos, y los países incorporan acuerdos y acciones en sus agendas paulatinamente (Cortés, Hernán y Peña, 2015).

El Informe Brundtland, en su traducción en español, no menciona el desarrollo sustentable o sostenible como tal, sino que lo llama desarrollo duradero (ONU, 1987: 59) éste se define como “aquel que asegura la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y las que están por venir”. El concepto de desarrollo duradero no ha sido retomado de manera común, pero la interpretación de las palabras sustentable y sostenible sí (Estrella y González, 2017; Rivera-Hernández *et al.*, 2017; Juárez-Hernández *et al.*, 2019); por tanto, el desarrollo sustentable, sostenible o duradero, lo que procura es que la población comience a atender los esquemas de consumo, el impacto ambiental y que pondere de manera más equilibrada la importancia de los recursos naturales, en armonía con las actividades sociales y económicas, tanto en el presente como en el futuro. Si bien ontológicamente en el idioma español no es lo mismo, sostenible o sustentable, las traducciones del documento oficial “Our Common Future” o “Brundtland Report” se refieren a un desarrollo duradero, y derivado de sus traducciones e interpretaciones, los términos de sostenibilidad se encuentran con mayor recurrencia en textos referentes a la economía y, no exclusivamente, pero sí con mayor frecuencia, el concepto sustentable está más apegado a textos con tintes sociales, de desarrollo endógeno y lecturas latinoamericanas.

El desarrollo local sustentable, entonces, considera los postulados del desarrollo local, vinculados a las propuestas del desarrollo sustentable (Valencia *et al.*, 2004). Es decir, toma en cuenta las necesidades de la población y a partir de ello dicta estrategias para su solución, promoviendo el empoderamiento de la población afectada, la economía y los recursos locales.

En este sentido, los agentes locales deben ser los protagonistas de su desarrollo. No obstante, cuando las capacidades locales no son suficientes, existe la posibilidad

de llamar a promotores del desarrollo (Baca-Tavira y Herrera-Tapia, 2016). Este tipo de gestión social no implica que agentes externos conduzcan el desarrollo local o dirijan a conveniencia los procesos. Por el contrario, representa la importancia de que gestores del desarrollo ayuden a la población local a generar acciones de cambio para beneficio de la propia localidad.

a) Lo local

hace referencia al territorio que tiene arraigo social, identitario, así como vínculos con tradiciones, cultura, naturaleza y economía (García, 2014). Bravo (2007) señala que, en Latinoamérica, el municipio, la ciudad o las comunidades pueden ser referentes de este término. Es decir, que corresponde a una unidad espacio-territorial generalmente pequeña, a diferencia de una región o una nación (Juárez; 2013). Así, el desarrollo local plantea, como constructo teórico y conceptual, hacer frente a las fallas de los mercados globales y a las políticas nacionales. Al respecto, Vázquez-Barquero (2009) menciona que el desarrollo local permite el uso eficaz de los recursos locales por los propios actores del lugar. De manera similar, Boisier (1999) señala que el desarrollo local no es una panacea ya que también se dan desigualdades, apatía, lucha por poder, entre otras problemáticas; pero es viable, ya que es más justo y equitativo llevar a cabo un desarrollo a partir de la organización de la gente para su propio beneficio y satisfacción de necesidades. En este sentido, el territorio juega un papel de gran relevancia (Olmos-Martínez y González-Ávila, 2011), ya que es un elemento que puede brindar distintas oportunidades para el desarrollo de los habitantes. Por otro lado, desde la pedagogía del DS, Murga-Menoyo y Novo (2017) señalan un concepto más al que refieren como “glocal”. En este sentido, lo glocal representa necesidades de las esferas globales que pueden abordarse por prácticas locales. No representa una visión tajante como Boisier (1999) o Vázquez-Barquero (2009), pero bajo esta óptica se pueden identificar fenómenos globales que, para ser abordados, y que requieren de la suma de acciones locales.

b) La educación ambiental como herramienta para el desarrollo local sustentable

El potencial de la educación ambiental ya se vislumbraba desde antes del Informe Brundtland en 1987, donde se declaró la emergencia de poner atención a los límites del desarrollo y los problemas ambientales. En 1972, con la Conferencia de Estocolmo, y luego con el 4to. Congreso Internacional sobre Educación Ambiental en Tbilisi (URSS, 1977), la educación ambiental comenzó a cobrar importancia mundial (González, 2007; Caride y Meira, 2018). Posterior a esto, el desarrollo

sustentable observó en el campo institucional, y dentro de las propuestas teóricas, un área de convivencia para la educación ambiental. Aunque en los distintos países ha cobrado diversos enfoques, en ocasiones de manera formal (académica), en otros momentos de manera informal (por organizaciones o ciudadanos sin curriculum) (González, 2007). Así mismo, hay experiencias en áreas locales, ya sean rurales o urbanas, donde la educación ambiental ha sido un objeto de reflexión y análisis debido a los impactos y experiencias que enriquecen el actuar humano, ya sea en la academia, dentro de propuestas tecnológicas, turismo, entre otras (Castro *et al.*, 2019).

No obstante, para lograr lo anterior, se requiere que las personas dispuestas al cambio comprendan las generalidades del cuidado ambiental, y en este caso del DS; que, además, las analicen, adapten y practiquen. Por ello, este trabajo se ha centrado en considerar la percepción de los servidores públicos, puesto que, como ya se señaló, son agentes de cambio y de gestión a nivel municipal, por tanto, su visión sobre sustentabilidad repercutirá en la toma de decisiones y en el alcance e impacto de sus labores.

c) *Municipio de Salvatierra*

Salvatierra se sitúa al sur del estado de Guanajuato, su altura sobre el nivel del mar es de 1,749 metros (INAFED, 2019). La superficie total del municipio es de 592.43 kilómetros cuadrados, lo cual representa el 1.66 % del territorio estatal y lo conforman 64 pequeñas localidades (microrregiones.gob.mx, 2013a). El municipio que se analiza en este texto, tiene un marcado legado a raíz de asentamientos de españoles que llegaron a realizar actividades agrícolas, ganaderas y religiosas. Esto actualmente se puede constatar visitando sus haciendas, iglesias y otras construcciones como casonas del siglo XVIII y XIX. Además, el lugar fue el primer territorio de Guanajuato denominado como “ciudad” (microrregiones.gob.mx, 2013a). Para el año 2010, Salvatierra contaba con una población total de 97,054 habitantes (microrregiones.gob.mx, 2013b), aunque actualmente el número está por encima de los 100,000. Según la clasificación de Sour (2004), este municipio es definido como pequeño.

El nivel promedio de estudios de la población es de 6.8 años. El grado de marginación es medio (microrregiones.gob.mx, 2003a). La zona cuenta con una región montañosa al sur que forma parte de la sierra denominada De los Agustinos, y al norte se encuentra el Cerro El Culiacán (INAFED, 2019). A mitad de las montañas se encuentra un valle. Además, atraviesa el municipio el Río Lerma, del cual se

derivan varios canales de riego. La cuenca hidrológica a la que pertenece el municipio es la Lerma-Santiago. La precipitación pluvial es de 730 milímetros anuales y, con respecto al clima, éste es templado-húmedo, la temperatura oscila entre los 2 °C y 33 °C, con una media de 18.1 °C (INAFED, 2019). Las características físicas y climáticas permiten que la ganadería, la agricultura y el comercio a pequeña escala sean las principales actividades económicas del municipio, no obstante, la migración es una práctica común; la industria es un ámbito poco presente, solo se cuenta con una fábrica de colorantes de telas, una empresa empacadora de cárnicos, pocos negocios de mantenimiento de vehículos y algunas tiendas comerciales de pequeño tamaño.

Metodología

El enfoque de este trabajo es de carácter cualitativo. Se utilizaron las entrevistas semiestructuradas para indagar sobre tres incógnitas clave: ¿qué es para usted (servidor público) la sustentabilidad? ¿qué problemas ambientales identifica en el entorno? y ¿qué prácticas de cuidado ambiental lleva a cabo en su área de trabajo? Se dejó a los entrevistados dar la respuesta que quisieran sin limitarlos de tiempo o profundidad. Cuando el entrevistado dejaba de hablar se pasaba a la siguiente pregunta. Con la grabación del audio y permiso previo, se analizó cada respuesta.

La información obtenida de cada entrevistado se vació a un procesador de textos, cada archivo se revisó y categorizó con apoyo del programa Atlas ti. V7. Dicho programa se basa en la teoría fundamentada (Grounded theory) (De la Spriella y Gómez, 2020) y el paradigma interpretativo (Ricoy, 2006), es decir, lo que se pretende es comprender la realidad a partir de las explicaciones y valores dados por los sujetos de estudio.

En el sentido de lo anterior, los datos son el punto de partida para el análisis y la explicación general del fenómeno de estudio, no se trata de probar nada, sino de abordar un fenómeno y conocer cómo los sujetos involucrados lo interpretan, conviven o no con él y de qué manera lo expresan. Se pretende adaptar descubrimientos previos a las características del fenómeno de estudio y no al revés. A diferencia de los métodos cuantitativos y, específicamente para este tipo de análisis, las manifestaciones y expresiones sociales, la subjetividad, los puntos de vista, percepción y testimonios, son de gran interés.

Para el desarrollo de la investigación se cumplió con los siguientes pasos:

- Investigación documental de conceptos clave.
- Aplicación de entrevistas semiestructuradas a funcionarios del gobierno municipal de Salvatierra.
- Análisis de las entrevistas por medio del programa Atlas ti versión 7. Se clasificó y analizó la información de cada entrevista codificando las respuestas, principalmente las relacionadas con el concepto de sustentabilidad usando códigos específicos como: integralidad (ámbito social, económico y ecológico), generaciones presentes y futuras, problemas ambientales; por otro lado, identificando qué acciones realizan en sus áreas de trabajo.

Considerando los anteriores pasos y las respuestas de los servidores públicos, se logró identificar su nivel de conocimientos en relación con el concepto de sustentabilidad, así como los problemas ambientales que perciben y las actividades relacionadas con la sustentabilidad que pudiesen desarrollar en sus cargos.

Resultados

Se hicieron llegar 16 oficios al total de direcciones que integran el gobierno municipal de Salvatierra. De todas las solicitudes entregadas, se esperó un lapso de dos meses para obtener respuesta, sólo se obtuvo contestación de siete directores de área, de los cuales solo cinco aceptaron la entrevista; de ellos, tres fueron mujeres. Los datos y resultados se presentan de manera anónima para guardar la confidencialidad de las y los entrevistados.

De manera general, ninguna de las respuestas señala el conocimiento claro del concepto de desarrollo sustentable. En la mayoría de los casos, la comprensión de las autoridades sobre el tema de la sustentabilidad es aproximado (tabla 1), ninguna explicó claramente el concepto, tomando como referencia la definición de la ONU y los códigos que se definieron en la metodología. Además, en todos los casos se hace referencia al manejo de residuos y cuidado de la naturaleza como si fuese el único aspecto del desarrollo sustentable que se debe considerar.

En cuanto a la problemática ambiental que perciben los servidores públicos, ésta es parcial y sesgada al ámbito del medio natural dentro del ambiente construido. Los problemas ambientales que se identifican sí coinciden con graves problemas que afectan otras ciudades y que son reconocidos globalmente, sin embargo, la visión de la problemática es parcial, tomando en cuenta que no mencionan

problemas del ámbito social o económico, que también deben incluirse dentro de los temas de sustentabilidad. Esto reitera que la visión de los servidores públicos ante la sustentabilidad es parcial (imagen 1).

Tabla 1. Percepción de la sustentabilidad de autoridades municipales en Salvatierra

Dependencia	Su respuesta no refleja elementos del concepto DS	Su respuesta refleja algunos elementos del concepto DS	Su respuesta refleja el concepto completo de DS
1		X	
2		X	
3		X	
4	X		
5	X		

Fuente: Elaboración propia con base en las respuestas de los entrevistados analizadas a través del programa Atlas ti versión 7.

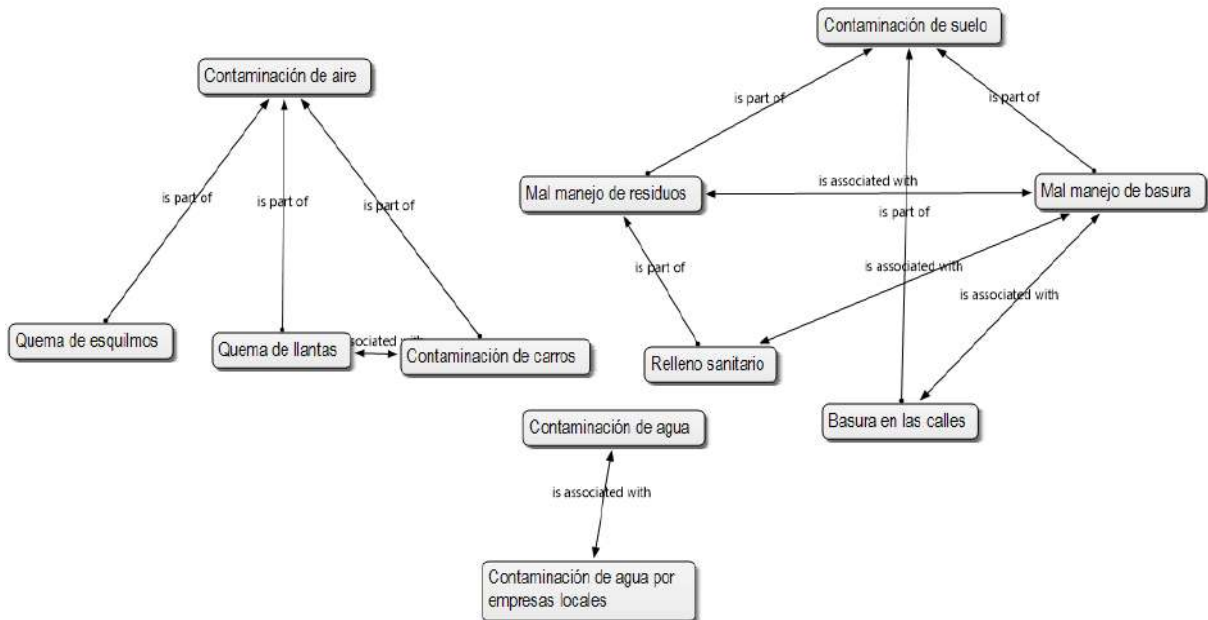


Figura 1. Problemas ambientales percibidos por los servidores públicos. Fuente: Elaboración propia con base en las respuestas de entrevistados y uso del programa Atlas Ti. V7. En el último apartado, los entrevistados señalaron qué acciones enfocadas a la sustentabilidad realizan en sus áreas de trabajo (tabla 2).

Tabla 2. Acciones de sustentabilidad por parte de los funcionarios públicos.

Dependencia	¿Qué hace usted desde su área contra los problemas ambientales?
1	<ul style="list-style-type: none"> • Atención a quejas sobre ruido. • Planear nuevas rutas del camión recolector de la basura con horarios específicos.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Pláticas de concientización. • Carrera “Plogging” (recolectar basura mientras van corriendo). • Plantar árboles.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección de llantas para un jardín de una colonia. • Capacitación de jardinería. • Siembra de hierbas medicinales orgánicas.
4	<ul style="list-style-type: none"> • Prohibido fumar. • Pláticas sobre separación de basura.
5	<ul style="list-style-type: none"> • Recoger la basura. • <i>Desazolver</i> residuos sólidos para que no lleguen al drenaje.

Fuente: Elaboración propia con base en las respuestas de los entrevistados.

Una vez más, puede apreciarse que las respuestas que dan los servidores públicos no reflejan una visión hacia el DS desde sus áreas de trabajo. Si bien tienen interés en el tema y hacen algunas actividades que a su criterio favorecen el cuidado ambiental y el DS, dichas acciones son parciales, particulares y carecen de una planeación previa, así como vinculación.

Discusión

Considerando la información obtenida, se puede decir que se coincide con las posturas de Boisier (1999), Vázquez-Barquero (2009) y García (2014), al señalar que el hecho de procurar el desarrollo local depende del empoderamiento de la población. No obstante, es importante considerar que, históricamente, al menos en el caso de México, las gestiones locales corresponden a unidades administrativas municipales, representadas por funcionarios públicos. Tomando en cuenta lo anterior, existen fallas en este sistema con respecto al tema del desarrollo local sustentable, ya que, como lo señala Monterroso (2014), no es un tópico que tenga una relevancia evidente en las acciones locales.

Por otro lado, debido a que la globalización es un modelo con opciones flexibles de lo “glocal”, como señala Murga-Menoyo y Novo (2017), se pueden generar

proyecciones de mejora en ambos sentidos, es decir, actuando en lo local para impactar en los problemas y retos globales; así, una manera de hacerlo puede ser por medio de la educación ambiental en los temas que se consideren necesarios. Aquí la propuesta sigue girando en torno de los servidores públicos, aunque muchos son los actores locales que deben participar.

Con este trabajo, se espera poder iniciar una propuesta de educación ambiental enfocada en los retos que existen sobre la percepción y conocimiento de la sustentabilidad por parte de los servidores públicos en Salvatierra. Los temas principales deberán estar enfocados en:

- Antecedentes de la educación ambiental.
- Antecedentes del desarrollo sustentable.
- Reflexiones sobre la educación ambiental para el desarrollo sustentable.
- Concepto de Desarrollo Sustentable y su aplicación.
- Objetivos del Desarrollo Sustentable.
- Generalidades y retos del Desarrollo Local Sustentable.
- Ámbitos de acción de la educación ambiental, el desarrollo local sustentable y proyectos integrales de impacto (económico, social y ambiental).
- Diagnóstico de problemas ambientales con perspectiva local.
- Diseño de programas de cuidado ambiental.

Los temas surgen de los tópicos generales de la educación ambiental y del desarrollo sustentable. Si bien éstos podrían variar, por medio de una estrategia de planeación de educación ambiental, se prevé que podrían ayudar en el conocimiento y, por lo tanto, toma de decisiones de los funcionarios públicos en sus áreas laborales.

Conclusiones

Este trabajo muestra que los servidores públicos a nivel municipal desconocen el concepto y alcances del DS, por tanto, no identifican de manera clara problemas ambientales locales y tampoco tienen una visión unificada, ni realizan actividades de manera vinculada, por ello, son requeridas otras maneras de sensibilización, conocimiento y práctica de estrategias. Dichas estrategias requieren que los servidores públicos comprendan e integren el enfoque del desarrollo sustentable a sus áreas de trabajo, sobre todo porque en casos como el analizado, son estos servidores públicos los que toman las decisiones administrativas y llevan a cabo la planeación municipal. Idealizar que el desarrollo local debe de ser endógeno y que la participación ciudadana está dada permite preguntarse ¿cómo debe surgir? ¿con

qué recursos operativos cuenta? ¿quién o quiénes serán los agentes detonantes de dicho desarrollo? Entre otras incógnitas que podrían discutirse en trabajos de mayor profundidad.

Bajo la situación mencionada, se recomienda aquí, una de muchas opciones: la educación ambiental enfocada en trabajo con servidores públicos municipales. Si bien la educación ambiental puede ser una estrategia para abordar temas sobre el DS, es importante que su utilidad se aplique bajo diagnósticos que ayuden a dirigir el proceso de capacitación. En este caso, el ejercicio se ha realizado considerando sólo un tópico general de observación, como lo es el DS. Sin embargo, dependiendo del propósito y objetivos, podrían abordarse distintos temas con diferente perfil de población a nivel local, no sólo con los directores, sino con otros rangos de la administración pública municipal. Si no se hacen esfuerzos de este tipo ¿de qué otra manera se puede colaborar al momento de traer a la práctica los preceptos del desarrollo sustentable a nivel local? En el caso de municipios pequeños como Salvatierra esta puede ser una estrategia para el cambio.

Referencias

- Amigo, C., Labraña, J., Cortés, J., Gómez, E., Moreno, J., y Muñoz, M. (2019). “Hacia una educación ambiental para una sociedad compleja. Un análisis desde la teoría de sistemas sociales”. *Revista Mad*, 39, 13-45.
- Baca-Tavira, N., y Herrera-Tapia, F. (2016). Proyectos sociales. Notas sobre su diseño y gestión en territorios rurales. *Convergencia, revista de Ciencias Sociales*, 72, 69-87.
- Boisier, S. (1999). Desarrollo (local) ¿de qué estamos hablando? En Noguera, Joan (Ed). *La visión territorial y sostenible del desarrollo local*. Una perspectiva Multidisciplinar. Universidad de Valencia.
- Bravo, Olga. (2007). La dimensión política del desarrollo local. *Quórum Académico*, 4(1), 13-30.
- Caride, J., y Meira, P. (2018). Del ecologismo como movimiento social a la educación ambiental como construcción histórica. *Historia educativa*, 37, 165-197.
- Castro, O., Velázquez, E., y Tello, E. (Coord.). (2019). *I simposio y II Seminario Internacional de Educación Ambiental y Desarrollo Sustentable (SIEA), Memorias*. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Cortés, M., Hernán, G., y Peña, J. (2015). De la sostenibilidad a la sustentabilidad. Modelo de desarrollo sustentable para su implementación en políticas y

- proyectos. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 78, 40-54.
- De la Spriella, R., y Gómez, C. (2020). Teoría fundamentada. *Revista Colombiana de Psiquiatría (English ed.)*, 49, 126-132.
- Espejel, A., y Flores, A. (2017). “Experiencias exitosas de educación ambiental en los jóvenes del bachillerato de Tlaxcala, México”. *Revista Luna Azul*, 44, 294-315.
- Estrella, M., y González, A. (2017). *Desarrollo Sustentable, un nuevo mañana. 2da. Ed. Grupo Tecnológico Nacional de México*. Editorial Patria. México.
- García, N. (2014). El desarrollo y sus adjetivaciones, comunitario, local y regional. Perspectivas teóricas y prácticas. Universidad de Guanajuato. Altres Costa-Amic Editores S.A. de C.V.
- Garbizo, N., Lezcano, A., y Contreras, D. (2019). “Educación Ambiental y Desarrollo Local”. *Revista DELOS, Desarrollo Local Sostenible*, 12(35), 2-14.
- Gil, D., y Vilches, A. (2019). “La comprensión e impulso de la Sostenibilidad: un requisito imprescindible para una acción educativa y ciudadana eficaz”. *Revista de educación ambiental y sostenibilidad*, 1(2), 1-14.
- González, E. (2007). Educación ambiental: trayectorias, rasgos y escenarios. Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma de Nuevo León y Plaza y Valdés. México.
- Guerra, M., Covas, O., y Santos, I. (2018). “Nuevas perspectivas para la educación ambiental en la educación de adultos”. Varona. *Revista Científico Metodológica*, 66(1), 1-10.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). (2019). Tomado de: <https://www.gob.mx/inafed/es/articulos/500-anos-del-primer-municipio-en-mexico?idiom=es>
- Juárez, G. (2013). Revisión del concepto de desarrollo local desde una perspectiva territorial. *Revista líder*, 23, 9-28.
- Juárez-Hernández, L., Tobón, S., Salas-Razo, G., Jerónimo-Cano, A., y Martínez-Valdés, M. (2019). “Desarrollo sostenible: Educación y Sociedad”. *Revista electrónica de medio ambiente UCM*, 20(1), 54-72.
- Martínez-Aspeitia, M., Barrera-Gálvez, R., Arias-Rico, J., Solano-Pérez, C., Jiménez-Sánchez, R., Chávez-Flores, O., Samperio-Pelcastre, G. (2020). Desarrollo sustentable y medio ambiente. *Educación y salud, Boletín Científico. Instituto de Ciencias de la Salud. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 8(16), 78-80.
- Microregiones.gob.mx. (2013a). Secretaria de Desarrollo Social. Catálogo de localidades. Tomado de: <https://acortar.link/PiTIC>, el 23 de febrero de 2020.
- Microregiones.gob.mx. (2013b). Secretaria de Desarrollo Social. Catálogo de localidades. Tomado de: <https://acortar.link/4Aija>, el 23 de febrero de 2020.

- Monterroso, I. (2014). Desarrollo local sustentable. Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos (FAUSAC). Programa para la Formación en Desarrollo Económico Local con Inclusión Social en América Latina y El Caribe (ConectaDEL) de Fundación DEMUCA, integrante de la Agenda DEL, FOMIN miembro del Banco Interamericano de Desarrollo.
- Mora, Ó. (2006). Las teorías del Desarrollo Económico: algunos postulados y enseñanzas. *Revista Apuntes del CENES*, 26(42), 49-74.
- Murga-Menoyo, M., y Novo, M. (2017). Sostenibilidad, desarrollo glocal y ciudadanía planetaria. Referentes de una pedagogía para el desarrollo sostenible. *Teoría educativa*, 29(1), 55-78.
- Muñoz, V., Sobrino, M., Benítez, L., Coronado, A. (2017). “Revisión sistemática sobre competencias en desarrollo sostenible en educación superior”. *Revista Iberoamericana de Educación*, 77, 85-108.
- Olmos-Martínez, E., González-Ávila, M. (2011). Estrategias de desarrollo local sustentable en un área natural protegida de Baja California Sur. *Universidad y Ciencia*, 27 (3), 281-298.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1987). Nuestro futuro común. Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Paramo, D. (2015). “La teoría fundamentada (Grounded Theory), metodología cualitativa de investigación científica”. *Pensamiento y Gestión*. 39.
- Real Academia de la Lengua Española. 23ª ed. Versión 23.3 en línea. Actualización (2019). Concepto “desarrollo”. <https://dle.rae.es/desarrollo>. Consulta el día 19 de junio de 2020.
- Rivera-Hernández, J., Blanco-Orozco, N., Alcántara-Salinas, G., Pascal-Houbron, E., Pérez-Sato, J. (2017). “¿Desarrollo sostenible o sustentable? La controversia de un concepto”. *Revista Posgrado y Sociedad*, 15(1), 57-67.
- Ricoy, C. (2006). Contribución sobre los paradigmas de investigación. *Revista do Centro de Educação*, 31(1), 11-22.
- Severiche-Sierra, C., Gómez-Bustamante, E., y Jaimes-Morales, J. (2016). “La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible”. *TELOS. Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 18(2), 266-281.
- Sour, L. (2004). “El sistema de transferencias federales en México ¿Premio o castigo para el esfuerzo fiscal de los gobiernos locales urbanos?”. *Gestión y Política Pública*, 13, 733-751.
- Stevens, C. (2017). Scales of integration for sustainable development governance. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 1-8. DOI: 10.1080/13504509.2017.1282893

Valencia, H., Torres, V., Ospina, P., Cevallos, M., Argüello, M., Guamán, F. (2004). Introducción al desarrollo local sustentable. Instituto de Estudios Ecuatorianos Consorcio CAMAREN.

Vázquez-Barquero, A. (2009). “Desarrollo local, una estrategia para tiempos de crisis”. *Universitas Forum*, 1(2), 1-11.

Eje temático 2: Estudios biológicos

Desarrollo *in vitro* de *Laelia anceps* Lindl. (Orchidaceae) con sustancias orgánicas y luz LED

In vitro development of *Laelia anceps* Lindl. (Orchidaceae) with organic substances and LED light

Cecilia Chávez López¹, Alejandra Villafuerte Salazar²

Resumen

Laelia anceps Lindl. *subsp. anceps* es probablemente una de las orquídeas mexicanas más cotizadas y por tanto más depredada de su hábitat natural, esto ocasiona la reducción drástica de sus poblaciones. El objetivo de esta investigación fue evaluar su crecimiento en condiciones de laboratorio para generar protocolos de micropropagación específicos que permitan su conservación *ex situ*. Las plántulas obtenidas de la germinación *in vitro* fueron colocadas en el medio Murashige y Skoog (MS) adicionado con sustancias orgánicas (agua de coco y pulpa de banana) y 3 espectros de luz LED, estableciéndose 9 tratamientos de la combinación de ambos factores. El análisis de varianza mostró diferencias significativas para las variables: número de hojas, número de raíz, número de brotes, largo de raíz, largo de hoja y largo total. En los tratamientos con medio MS basal e influenciados bajo luz blanca se obtuvieron las medias más altas para todas las variables. No existió interacción entre los factores medio y luz. En conclusión, se logró la reproducción asimbiótica de plántulas, sin embargo, la talla alcanzada a 120 días después de la siembra no fue la mejor en términos de longitud, esto sugiere continuar con las mejoras en los protocolos de propagación.

Palabras clave: Agua de coco, banana, calidad de luz, germinación asimbiótica, micropropagación.

¹Licenciada en Horticultura. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, MÉXICO. Correo electrónico: ceciliachavez1994@gmail.com

² Maestrante y Profesora. Adscrita al Área de Biología, Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, MÉXICO. Correo electrónico: avillafuertes@chapingo.mx

Abstract

Laelia anceps Lindl. *subsp. anceps* is probably one of the most demanded Mexican orchids and, therefore, one of the most extracted from its natural habitat; this causes drastic population decline. The objective of this investigation was to assess its development under laboratory conditions in order to create micropropagation protocols that allow its *ex situ* conservation. Seedlings obtained from *in vitro* germination were placed on Murashige and Skoog (MS) medium with organic substances (coconut water and banana pulp) and three LED-light spectra; nine treatments were obtained by combining both factors. The analysis of variance showed significant differences for each variable: number of leaves, number of roots, number of sprouts, root length, leaf length, and total length. Treatments on MS basal medium influenced by white light indicated better results for all variables. In conclusion, asymbiotic seed development was achieved; however, the size reached after 120 days of sowing was not the best in terms of length. Improvement on micropropagation protocols is suggested.

Key words: coconut water, banana, light quality, asymbiotic germination, micropropagation.

Introducción

Laelia anceps subsp. *anceps* es una orquídea mexicana que por la belleza de sus flores ha demostrado tener un alto potencial ornamental y económico; a pesar de que no está catalogada dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) como una especie bajo protección especial, la sobrecolecta, la destrucción de su hábitat y el mercado ilegal a la que se encuentra expuesta ha reducido su población (Tinoco y Mata, 2007). Esto hace necesario ofrecer alternativas para su conservación, reproducción y comercialización. En ese sentido, la técnica de cultivo *in vitro* permite la producción, propagación y conservación de especies prioritarias (Iriondo, 2001; Lallana *et al.*, 2016) y la obtención de plantas vigorosas, libres de plagas y enfermedades. Esta técnica ha mejorado con la adición de compuestos orgánicos a los medios de cultivo para mejorar el crecimiento y desarrollo *in vitro* de distintas especies vegetales. El agua de coco y la pulpa de plátano son de los más empleados por el alto contenido de azúcares, aminoácidos, antioxidantes, minerales, ácidos orgánicos y agentes promotores del crecimiento (Salazar *et al.*, 2013; Moreno y Menchaca, 2007; Gomes *et al.*, 2006) como citoquininas y auxinas (Pérez y Castañeda, 2016; De Menezes *et al.*, 2016).

Otro factor importante que influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas *in vitro* es la luz (Paniagua *et al.*, 2015; Ding *et al.*, 2010). Los LEDs, por sus siglas en

inglés, (light emitting diodes) tienen un alto potencial como fuentes de radiación fotosintética (Murillo, Pedraza *et al.*, 2016; Bello *et al.*, 2016) y su empleo es ventajoso para la micropropagación de diferentes especies vegetales no sólo por la conversión eficiente de energía, larga vida y emisión específica de longitudes de onda sino por su bajo costo en comparación con las lámparas fluorescente tubulares (Dutta y Jatothu, 2013). La presente investigación busca establecer protocolos que determinen las condiciones óptimas para la producción *in vitro* de esta especie bajo la premisa de que al incorporar complejos orgánicos al medio de cultivo y mejorando la calidad de luz, el crecimiento y desarrollo se verán favorecidos durante sus primeras etapas de desarrollo. Por ello, los objetivos particulares fueron: Evaluar el comportamiento en el desarrollo inicial de *Laelia anceps* Lindl. subsp. *anceps* en tres variantes del medio de cultivo MS, comparar el efecto de las diferentes ondas de luz y analizar la interacción de la influencia de la luz y los medios de cultivo en el desarrollo de *Laelia anceps* Lindl. subsp. *anceps* a fin de determinar la mejor combinación para su crecimiento y desarrollo.

Marco teórico

Las orquídeas forman parte de las angiospermas, un grupo vegetal cuya característica sobresaliente es la presencia de flores y frutos. Y en la circunscripción de la familia Orchidaceae se han cotejado 29,199 especies aceptadas a nivel mundial (Dressler, 2005; Govaerts *et al.*, 2017). Uno de los aspectos más interesantes de estas plantas es su reproducción sexual, la mayoría de ellas presentan flores hermafroditas, que fusionan el androceo y el gineceo en una misma estructura denominada columna o ginostemio.

Al llevarse a cabo la polinización (transferencia de polen a la zona estigmática), la flor comienza a marchitarse; los óvulos son fecundados y el ovario inicia su proceso de transformación hasta convertirse en fruto: una cápsula con miles o millones de semillas diminutas, apenas perceptibles al ojo humano. Este germoplasma se caracteriza por estar constituido por dos estructuras: a) Testa (capa externa que se encarga de proteger el interior de la semilla y b) Embrión (esporofito diploide) de apenas unas cuantas células, carente de sustancias de reserva como endospermo o cotiledones.

En condiciones naturales, al liberarse las semillas, éstas se dispersarán por medio del viento y sí caen sobre alguna superficie con las condiciones y elementos propicios (ejem. humedad, pH y la presencia de un hongo micorrícico), ocurrirá la germinación simbiótica. En la fase inicial, el hongo abastecerá a los embriones con azúcares y nutrientes hasta que sean lo suficientemente grandes y vigorosas para

fabricar su propio alimento. De esta explicación se corrobora que la propagación de las orquídeas puede ser difícil y lenta en condiciones naturales. Muchos científicos han desarrollado técnicas que ayudan a su propagación, una de ellas es la siembra de semillas *in vitro* (Schiff, 2018).

La micropropagación hace referencia a cultivar plantas dentro de un frasco de vidrio con medio de cultivo, generalmente semisólido, en un ambiente artificial. Tiene dos características fundamentales: la asepsia (ausencia de microorganismos, etc.) y el control de los factores que afectan el crecimiento como la luz, temperatura y humedad relativa (Castillo, 2004). Esta técnica permite reproducir masivamente plantas vigorosas en condiciones de laboratorio, en tiempos cortos y espacios reducidos (Cañal *et al.*, 2001).

Las semillas son el material de propagación más adecuado cuando se trata de conservar la mayor diversidad genética posible de una población, lo cual es muy importante cuando se trata de especies amenazadas. Aunque las semillas de orquídeas se caracterizan por ser diminutas y carecen de endospermo, las técnicas de cultivo *in vitro* pueden contribuir a mejorar su germinación. (Aguilar y López, 2013; Flores *et al.*, 2008).

Materiales y método

Localización. La investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología, sección Cultivo de Tejidos Vegetales del Área de Agronomía de Preparatoria Agrícola, ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), km 38.5 de la carretera federal México-Texcoco, México.

Material biológico. Cápsulas maduras obtenidas de plantas adultas cultivadas en la Unidad de Manejo Para la Conservación de la Vida Silvestres (UMA) Orquidario Chapingo. Las semillas fueron extraídas de capsulas polinizadas el mes de noviembre y cosechadas 5 meses después, se almacenaron en frascos de cristal para refrigerarse a una temperatura de 4 °C. La siembra se estableció con semillas de 11 meses de almacenamiento.

Medios de cultivo. El medio de cultivo utilizado para la germinación de fueron las sales de Murashige y Skoog (1962) (MS) suplementado con 30 g·litro⁻¹ de sacarosa, 2 g·litro⁻¹ de carbón activado, 6.7 g·litro⁻¹ de agar como agente gelificante; el pH fue ajustado a 5.7 ± 0.1 con NaOH 1 N o HCl 1 N, la esterilización se realizó en autoclave durante 20 minutos a 1.2 kg·cm⁻² de presión y 120 °C de temperatura. Para el establecimiento del diseño experimental se ensayaron los medios de cultivo:

a) MS; b) MS adicionado con $1.2\text{g}\cdot\text{litro}^{-1}$ de carbón activado y $100\text{g}\cdot\text{litro}^{-1}$ de papilla de plátano comercial gerber® adicionándose al medio antes de ajustar el pH a 5.7 ± 0.1 , $6.7\text{g}\cdot\text{litro}^{-1}$ de agar; c) MS adicionado con $1.2\text{g}\cdot\text{litro}^{-1}$ de carbón activado, $100\text{g}\cdot\text{litro}^{-1}$ de papilla de plátano comercial gerber® y $120\text{ ml}\cdot\text{litro}^{-1}$ de agua de coco comercial A de coco®. La esterilización se llevó a cabo bajo las condiciones antes mencionadas.

Desinfestación y siembra de Semillas. Para la desinfestación de las semillas se empleó el método de la jeringa, el cual consistió en tomar una jeringa de cinco mililitros previamente desinfectada; retirar el émbolo para depositar las semillas, volver a colocar cuidadosamente el émbolo y medir 1.25 ml de hipoclorito de sodio 5 % con una pipeta serológica (aforar con agua destilada en una probeta graduada de cristal de 25 ml y añadir dos gotas de tween 20 ®), para absorber con la jeringa 4 ml de la solución y agitar durante 15 segundos (Los siguientes pasos se realizaron en la campana de flujo laminar).

Transcurridos cinco minutos, la solución se expulsó cuidando de no eliminar semillas; inmediatamente después se hicieron cinco enjuagues, absorbiendo agua destilada estéril, agitando por un momento y luego expulsando el líquido. Las semillas fueron distribuidas uniformemente agregando unas gotas de agua destilada estéril en frascos con 25 ml de medio de cultivo MS para germinación. Una vez terminada la siembra, los frascos fueron sellados con una película plástica tipo egapack; y distribuidos en la sala de incubación a una temperatura de $21 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, a fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas oscuridad e intensidad luminosa de $41\text{ }\mu\text{Mm}2\text{s}^{-1}$ proporcionada por lámparas fluorescentes marca Phillips® de 30 watts.

Establecimiento del experimento. Una vez que las plántulas desarrollaron estructura foliar y alcanzaron la altura de 0.5 a 1 cm, se colocaron 5 plántulas por frasco en cada medio de cultivo seleccionado para su desarrollo. Todo el proceso se llevó a cabo bajo condiciones de asepsia dentro de la campana de flujo laminar, los frascos con las plántulas se colocaron en la sala de incubación a una temperatura promedio de $21 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, a fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas oscuridad en las diferentes fuentes de iluminación empleadas: L1, luz blanca (400- 700 nm); L2, luz roja (590-670 nm); y L3, luz azul (430-480 nm) como se observa en la figura 13; se generaron un total de 9 tratamientos (Tabla 1).

Variables por evaluar. Después de dos meses de incubación, se realizaron cuatro evaluaciones durante el experimento cada 20 días, en donde, se seleccionaron ocho

plantas por tratamiento para su constante; las variables a evaluar (Tabla 2; figura 1) fueron: número de hojas (NH), longitud de hoja más larga (LH), número de raíces (NR), longitud de raíz más larga (LR), número de brotes (NB) y altura de planta (AP).

Tabla 1. *Tratamientos establecidos para evaluar el crecimiento y desarrollo de Laelia anceps subsp. anceps bajo la influencia de combinaciones de diferentes medios de cultivo y diferentes espectros de luz.*

Tratamiento	Luz	10% Puré de plátano	12% Agua de coco	0.12% Carbón activado
T1	Blanca (400-700 nm)	-	-	-
T2		X	-	X
T3		X	X	X
T4	Roja (590-670 nm)	-	-	-
T5		X	-	X
T6		X	X	X
T7	Azul (430-480 nm)	-	-	-
T8		X	-	X
T9		X	X	X

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. *Variables utilizadas, para evaluar el crecimiento y desarrollo de Laelia anceps Lindl. subsp. anceps bajo la influencia de combinaciones de diferentes medios de cultivo y diferentes espectros de luz.*

Número	Variable	Tipo	Abreviatura	Unidad de medición
1	Número de hojas	Numérico	NH	Unidades
2	Número de raíces	Numérico	NR	Unidades
3	Número de brotes	Numérico	NB	Unidades
4	Longitud de hoja más larga ³	Numérico	LH	Milímetros (mm)
5	Longitud de raíz más larga ²	Numérico	LR	Milímetros (mm)
6	Longitud total ⁴	Numérico	LT	Milímetros (mm)

Fuente: Elaboración propia.

³ Se consideró la hoja y raíz más larga. La medida de la hoja se tomó desde el pecíolo hasta el ápice de la hoja, en el caso de la raíz, la medida se tomó desde el cuello hasta la cofia.

⁴ Se consideró la parte más alta de la planta, hasta el cuello, donde comienza la raíz.

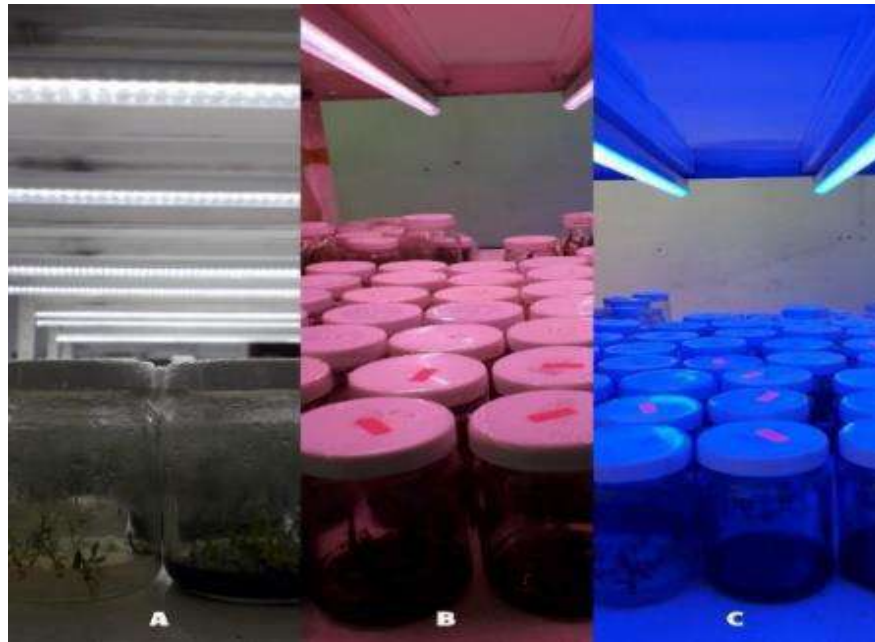


Figura 1. Plántulas de *Laelia anceps* subsp. *anceps* en tratamientos LED: A) Luz blanca; Luz roja; C) Luz azul. Fuente: Elaboración propia.

Diseño experimental. Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 3, los factores a evaluar fueron el medio de cultivo: M1, medio MS basal; M2, MS + 1.2g·litro⁻¹ de carbón activado + 10 % puré de banana; y M3, MS + 1.2g·litro⁻¹ de carbón activado + 10%puré de banana + 12 % agua de coco y las fuentes de iluminación fueron: L1, luz blanca (400-700 nm); L2, luz roja (590-670 nm); y L3, luz azul (430-480 nm). La unidad experimental estuvo constituida por cinco plántulas por repetición. Los tratamientos estuvieron constituidos por la combinación longitud de onda y medio de cultivo, con un total de ocho repeticiones por tratamiento.

Análisis Estadístico. Para evaluar el crecimiento y desarrollo de las plantas en los diferentes tratamientos se midieron las variables mencionadas en el cuadro 2, mismas a las que se les realizó el análisis de varianza (ANOVA) de dos factores con tres niveles; el análisis se efectuó con un nivel de confianza del 95 %. Para los casos que mostraron diferencias significativas se llevó a cabo una prueba de comparación de medias de acuerdo con la prueba de Tukey a una significancia de 0.05. con el paquete estadístico MINITAB17 para obtener el medio de cultivo y la luz con mayor significancia a los 120 días después del establecimiento del experimento.

Resultados y discusión

a) Efecto del medio

Para este experimento se encontraron diferencias estadística significativa en las variables NH, LH y LT (Tabla 3). El efecto del medio fue notorio para la parte aérea de las plantas.

Tabla 3. Prueba de Tukey con significancia del 95% sobre el efecto del medio en el crecimiento y desarrollo in vitro de *Laelia anceps subsp. anceps*.

Medio	Efecto del medio					
	NH	NR	NB	LH	LR	LT
MS	4.88 ^a	4.04 ^a	2.58 ^a	16.33 ^a	14.24 ^a	20.91 ^a
MS+B+CA	4.21 ^{ab}	4.75 ^a	2.79 ^a	13.04 ^{ab}	21.60 ^a	16.87 ^{ab}
MS+B+A.C+CA	4.13 ^b	3.08 ^a	1.83 ^a	11.93 ^b	14.95 ^a	15.33 ^b

Fuente: Elaboración propia. **Nota:** Los valores de las medias con diferente letra de cada columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey HSD ($P \leq 0.05$).

Moreno y Menchaca (2007) al evaluar el efecto de las sustancias orgánicas en el desarrollo de *Stanhopea tigrina*, demostraron que el medio adicionado con 12 % agua de coco y 10 % pulpa de plátano con $2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ de carbón activado en el medio MS, el crecimiento de las plántulas se favoreció al igual que el número de raíces, donde obtuvieron a los 180 días plantas con alturas de 7.14 cm y un promedio de 5.74 raíces por planta. Contrario a los resultados obtenidos en este experimento, ya que en los tratamientos donde se adicionó papilla de banana, agua de coco y carbón activado mostraron los valores más bajos para el número y longitud de hojas, además de tener efecto negativo sobre la longitud total.

De igual manera, Gomes y colaboradores (2006) demostraron que la adición de banana en concentraciones de $100 \text{ g} \cdot \text{litro}^{-1}$ al medio de cultivo Knudson C estimula la formación de raíces, pero afecta el desarrollo de la parte aérea de plántulas de la especie *Cattleya loddgesii* 'Grande' x *Cattleya loddgesii* 'Alba', mientras que la adición de agua de coco en una concentración de $100 \text{ ml} \cdot \text{litro}^{-1}$ promueve el desarrollo de hojas. Concentraciones de 50 y $200 \text{ ml} \cdot \text{litro}^{-1}$ de agua de coco en combinación con $100 \text{ g} \cdot \text{litro}^{-1}$ de pulpa de banana proporciona una mejor respuesta para el número de hojas y masa fresca de la parte aérea de dicha especie. Resultados similares se obtuvieron en los tratamientos con papilla de banana y carbón activado; donde, a pesar de que no se obtuvo diferencia significativa, las medias más altas se reflejaron en las variables NR, LR y NB, mientras que los

tratamientos a los que se les añadió agua de coco no mostraron favorecer a esta especie.

Se ha comprobado que la adición de pulpa de banana al medio de cultivo KC puede producir los efectos de auxinas (IBA o ANA), incluso con mejores resultados en el desarrollo radicular de plántulas de híbrido *Laeliocattleya* entre tanto adicionar agua de coco al medio KC puede simular los efectos de citoquininas (6BA o KIN) en el desarrollo de brotes y hojas (De Menezes *et al.*, 2016).

Se esperaba que los tratamientos adicionados con sustancias orgánicas mostraran los mejores resultados, ya que en diversos estudios se ha encontrado que éstas pueden actuar como hormonas vegetales favoreciendo la germinación, crecimiento y desarrollo de diferentes especies de orquídeas (Alberto y Rangel, 2018; Salazar *et al.*, 2013; Ju *et al.*, 2012; Salazar y Orlando, 2012). Los resultados obtenidos pueden deberse a que para este experimento se empleó papilla de banana comercial y agua de coco comercial, ambos productos pasan por tratamientos térmicos (escalde y esterilización) que pueden afectar los componentes nutricionales de los productos, reduciendo el factor nutritivo (Arias, 2016; Gallardo, 2004).

b) Efecto de la luz

Para este experimento se encontraron diferencias estadísticas significativas en la mayoría de las variables evaluadas (NH, NR, NB, LR). La prueba de Tukey (Tabla 4) de comparaciones de medias muestra que la luz blanca favorece la formación de hojas, raíces y brotes además de estimular la elongación de las plantas, ya que, aunque no se encontró diferencia estadística significativa en la LT, los tratamientos expuestos a esta luz generaron las plantas más altas (19.8792 mm).

Tabla 4. Prueba de Tukey con significancia del 95% sobre el efecto de la luz en el crecimiento y desarrollo *in vitro* de *Laelia anceps subsp. anceps*

Luz	Efecto de la luz					
	NH	NR	NB	LH	LR	LT
Blanca	4.88 ^a	5.67 ^a	3.33 ^a	15.89 ^a	23.38 ^a	19.88 ^a
Roja	4.21 ^{ab}	3.33 ^b	2.04 ^{ab}	12.79 ^a	17.01 ^{ab}	17.59 ^a
Azul	4.13 ^b	2.88 ^b	1.83 ^b	12.62 ^a	10.39 ^b	15.65 ^a

Fuente: Elaboración propia. **Nota:** Los valores de las medias con diferente letra de cada columna indican diferencias significativas, según la prueba de *Tukey HSD* ($P \leq 0.05$).

Moreno y colaboradores (2017) encontraron que la exposición a luz LED roja aumenta el crecimiento en plántulas de *Capsicum annuum* L., produce un mayor alargamiento del tallo y mejor desarrollo de hojas. Al igual que en este estudio que, aunque el espectro de luz roja no tuvo diferencia significativa con respecto a la luz blanca, ambas luces favorecieron el desarrollo foliar; pero contrasta con los resultados que exponen que la luz LED azul favorece el desarrollo foliar para *C. annuum* L, ya que en este experimento se encontró que la luz azul afectó la formación de hojas, además de generar las plantas más pequeñas tal como se aprecia en la figura 2 y 3. La reducción en la longitud de la planta puede estar asociada con un aumento en la emisión de luz azul de los espectros, efecto atribuido a la acción del citocromo (Hernández y Kubota, 2016).

Por otra parte, los resultados contrastan con los de Ramírez y colaboradores (2017), quienes encontraron que la luz roja estimula la formación de raíces en plantas de *Vainilla planifolia* en tanto la luz azul estimula el alargamiento de brotes, el número de raíces y el número de hojas por brote en fase de enraizamiento, ya que, los resultados expuestos para este experimento demuestran que la luz roja disminuyó la formación de raíces de *L. anceps* al igual que la luz azul, mientras que esta última también afectó la formación de brotes.

c) Efecto de la interacción medio-luz

Para la interacción medio-luz se encontró diferencia estadística significativa en las variables NR, LH, LR y LT. Durante la implementación del diseño experimental se encontró que el mayor desarrollo de raíces se presentó en los tratamientos 1 y 2, los cuales fueron expuestos al espectro de luz blanca. La tabla 5 muestra la fluctuación que se tuvo en el desarrollo radicular, de acuerdo con la combinación de los factores propuestos para su evaluación, encontrándose tratamientos con alta formación y elongación de raíces, así como medias casi nulas de desarrollo. De esta forma, los tratamientos expuestos a luz azul, T9 y T7, así como el de luz roja, T5, presentaron la tasa media más baja de todo el diseño experimental.

Por otra parte, los tratamientos 1, 4 y 7 en los que se empleó el medio MS, mostraron las medias más altas en el desarrollo de hojas y la longitud total (Tabla 5), mientras que aquellos adicionados con complejos orgánicos, afectaron el desarrollo foliar y el crecimiento total de las plantas; sin embargo, el T2 que contenía puré de banana y carbón activado, mostró respuesta positiva a dichas variables, esto pudo ser resultado de la exposición al espectro de luz blanca, lo cual ejerció un efecto favorable.

Tabla 5. Prueba de Tukey con significancia del 95% sobre el efecto de la interacción luz-medio en el crecimiento y desarrollo in vitro de *Laelia anceps* subsp. *anceps*

Tratamiento	Efecto de la interacción					
	NH	NR	NB	LH	LR	LT
T1	5.25 ^a	6.25 ^{ab}	4.00 ^a	17.45 ^a	16.39 ^{abc}	22.13 ^a
T2	5.00 ^a	6.75 ^a	3.88 ^a	15.74 ^{ab}	31.62 ^a	20.68 ^{ab}
T3	4.38 ^a	4.00 ^{abc}	2.13 ^a	14.48 ^{ab}	22.13 ^{ab}	16.83 ^{ab}
T4	4.63 ^a	3.88 ^{abc}	1.25 ^a	15.96 ^{ab}	18.90 ^{ac}	20.94 ^{ab}
T5	3.63 ^a	1.88 ^{bc}	2.25 ^a	9.29 ^{ab}	12.53 ^{bc}	13.64 ^{ab}
T6	4.38 ^a	4.25 ^{abc}	2.63 ^a	13.11 ^{ab}	19.61 ^{abc}	18.20 ^{ab}
T7	4.75 ^a	2.00 ^{bc}	2.50 ^a	15.59 ^{ab}	7.43 ^{bc}	19.66 ^{ab}
T8	4.00 ^a	5.63 ^{ab}	2.25 ^a	14.10 ^{ab}	20.63 ^{abc}	16.31 ^{ab}
T9	3.63 ^a	1.00 ^c	0.75 ^a	8.19 ^b	3.1 ^{c2}	10.97 ^b

Fuente: Elaboración propia. **Nota:** Los valores de las medias con diferente letra de cada columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey HSD ($P \leq 0.05$).

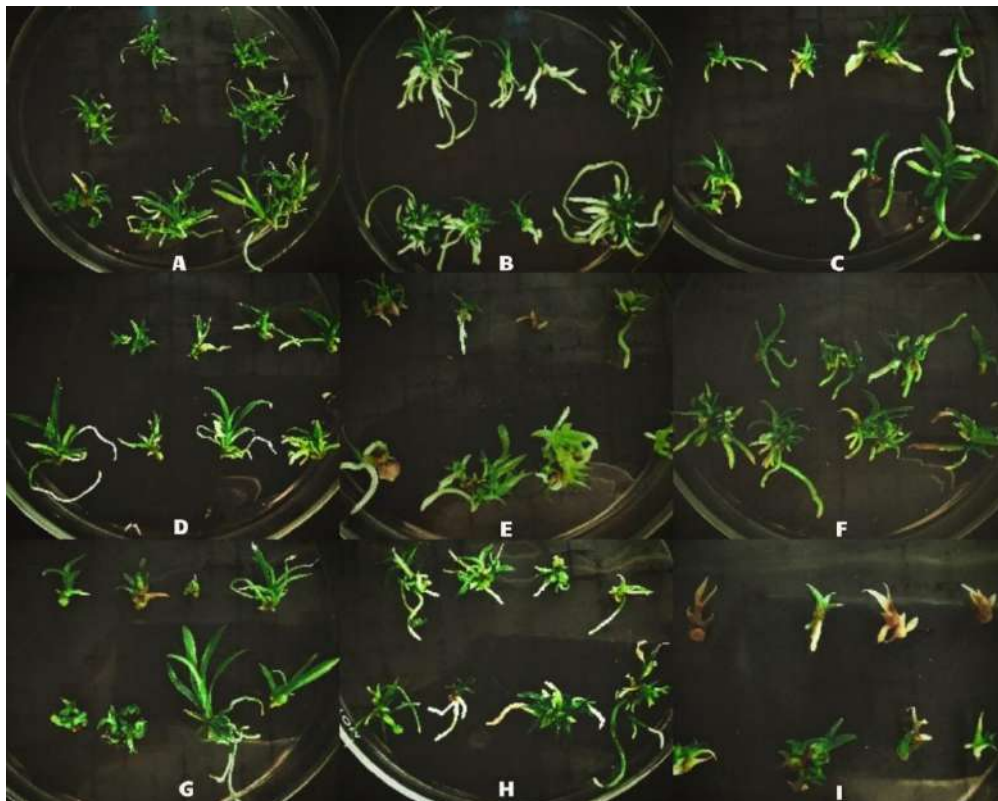


Figura 2. Desarrollo de *Laelia anceps* subsp. *anceps* a los 120 días de evaluación. A) MS en luz blanca; B) MS +CA+PP en luz blanca; C) MS+CA+PP+AC en luz blanca; D) MS en luz roja; E) MS+CA+PP en luz roja; F) MS+CA+PP+AC en luz roja; G) MS en luz azul; H) MS+CA+PP en luz azul; I) MS+CA+PP+AC en luz. **Fuente:** Elaboración propia.

El T1 estimuló el crecimiento de la parte aérea de las plantas mientras que el T2 favoreció el desarrollo radicular de esta especie. Después de analizar los resultados, se recomienda que la adición de plátano y carbón activado se realice en plantas más desarrolladas, que se encuentren próximas a la etapa de aclimatación para generar sistema radicular vigoroso, que proporcione soporte y mejore la absorción de nutrientes a las plantas de manera *ex vitro*. Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que el medio y la luz ejercen un efecto distinto en las diferentes especies empleadas, por lo que su empleo, para la formulación de protocolos de crecimiento y desarrollo es específico de cada especie.

Conclusiones

En plántulas de *Laelia anceps* subsp. *anceps* los tratamientos expuestos a la luz blanca presentaron las mejores respuestas para todo el diseño experimental. Mientras que los mejores medios fueron el MS y el MS con papilla de plátano y carbón activado; ambos ejercieron un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo *in vitro* de plántulas de *Laelia anceps* subsp. *anceps*.

Desafortunadamente los resultados no fueron los esperados, esto pudo deberse al empleo de plántulas muy pequeñas (0.5 a 1 cm), por lo que para futuros experimentos se recomienda el empleo de plantas con alturas de al menos 1 cm, por otra parte, el empleo de los suplementos orgánicos que se utilizaron en este experimento fueron productos procesados (gerber® de plátano y agua de coco A de coco®) los cuales durante su transformación son sometidos a diferentes procesos térmicos que genera pérdidas en su valor nutricional, por ello se recomienda que, para futuras investigaciones se emplee el uso de complejos orgánicos sin procesar.

Referencias

- Aguilar, M. M. A., y López, E. A. L. (2013). Germinación *in vitro* de *Laelia speciosa* (Kunth) Schltr., una herramienta para su conservación *ex situ*. En: *Estudios Científicos en el Estado de Hidalgo y Zonas Aledañas*. (pp.18-24). Vol. II. G. Pulido F. y S. Monks (eds.). Zea Books, University of Nebraska. Lincoln, Nebraska, USA.
- Arias, H. M. L., Santibáñez, S. R., Rincón, R. R., Ayora, T. T., y Gutiérrez, M. F. A. (2006). Efecto de agua de coco y homogeneizados de jitomate y plátano sobre el crecimiento de la orquídea *Guarianthe skinnerii*, cultivada *in vitro*. *Ciencia y Tecnología en la Frontera*, 3(4), 23-28.
- Cañal, M. J., Rodríguez, R., Fernández, B., Sánchez, T. R., Majada, J. P. (2001). Fisiología de cultivo *in vitro*. *Bioteología Vegetal*, 1(1), 3-9.

- Castillo, A. (2004). *Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo*. Unidad de Biotecnología, INIA Las Brujas, Uruguay: AR-VITRO, INIA, 8.
- Bello, B. J.J., Martínez, E. E., Caamal, V. J. H., Morales, R. V. (2016). Effect of LED light quality on in vitro shoot proliferation and growth of vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews). *African Journal of Biotechnology* 15(8), 272-277.
- De Menezes, G. L., Machado, M. F. P. S., Ballesta, P., Mora, F., Milaneze, G. M. A., Mangolin, C. A. (2016). Suplementos orgánicos para el cultivo in vitro del híbrido *Laeliocattleya* (Orchidaceae). *Idesia*, 34(1), 47-54.
- Ding, Y., He, S., Teixeira, da S. J. A., Li, G. y Tanaka, M. (2010). Effects of a new light source (cold cathode fluorescent lamps) on the growth of tree peony plantlets in vitro. *Scientia Horticulturae*, 125(2), 167-169.
- Dressler, R. (2005). How Many Orchid Species? *Selbyana*, 26, 155-158.
- Dutta, G. S., and Jatothu, B. (2013). Fundamentals and applications of light-emitting diodes (LEDs) in in vitro plant growth and morphogenesis. *Plant Biotechnology Reports*, 7(3), 211-220.
- Flores, E. G., Legaria, S., J. P., Gil, V. I., y Colinas, L. M. T. (2008). Propagación in vitro de *Oncidium stramineum* Lindl., una orquídea amenazada y endémica de México. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 14(3), 347-353.
- Gallardo, M. (2004). Validación Experimental de un Software Asistido por Internet para Describir el Proceso Combinado Escaldado - Hidroenfriado en Floretes de Brócoli (*Brassica oleracea L. var italica*). (Tesis de licenciatura). Universidad Austral de Chile.
- Gomes, de A. A., Pasqual, M., Villa, F., y Carvalho, C. F. (2006). Água de coco e polpa de banana no cultivo in vitro de plântulas de orquídea. *Revista Ceres* 53(310), 608-613.
- Govaerts, R., Bernet, P., Kratochvil, K., Gerlach, G., Carr, G., Alrich, P., Pridgeon, A. M., Pfahl, J., Campacci, M. A., Holland, B. D., Tigges, H., Shaw, J., Cribb, P., George A, Kreuz, K., and Wood, J. J. (2017). *World checklist of Orchidaceae*. Kew: Facilitated by the Royal Botanic Gardens.
- Hernández, R., y Kubota, C. (2016). Physiological responses of cucumber seedlings under different blue and red photon flux ratios using LEDs. *Environmental and Experimental Botany*, 121, 66-74
- Iriondo, J. M. (2001). Conservación de germoplasma de especies raras y amenazadas. *Israel Journal of plant Sciences* 16(1),115-123.
- Ju, S. M., Aparecida, S. J., y Tadeu, de F. R. (2012). Polpa de banana e fertilizantes comerciais no cultivo in vitro de orquídea. *Científica, Jaboticaba*, 40(1), 28-34.
- Lallana, V., Billard, C., Martínez, V., García, L., Barsanti, M., Di Persia, J.,

- Dalzotto, C., Scimpft, K., y De La Cruz, V. (2016). Conservación de orquídeas nativas de Entre Ríos utilizando técnicas de cultivo de tejidos “in vitro”. *Ciencia, Docencia y Tecnología Suplemento* 6(6), 94-121.
- Moreno, M. D., y Menchaca, G. R. (2007). Efecto de los compuestos orgánicos en la propagación in vitro de *Stanhopea Tigrina* Bateman (Orchidaceae). *Foresta Veracruzana*, 9(2), 27- 32.
- Murillo, T. M. M., Pedraza, S. M. E., Gutiérrez, R. N, Rodríguez, M., María, de las N. L. P., y Martínez, P. A. (2016). Calidad de la luz led y desarrollo in vitro de *Oncidium tigrinum* y *Laelia autumnalis* (Orchidaceae). *Agrociencia*, 50(8), 1065-1080.
- NOM-059-ECOL-2010. (2010). *Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Diario oficial de la federación. 2da edición.
- Paniagua, P. G., Hernández, A. C., Rico, M. F., Domínguez, P. F. A., Martínez, O. E., y Martínez, G. C. L. (2015). Efecto de la luz led de alta intensidad sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* L.). *Polibotánica*, (40), 199-212.
- Pérez, M.B. A. y Castañeda, G. S. L. (2016). Propagación in vitro de orquídeas nativas como una contribución para la conservación ex situ. *Bioteología Vegetal* 16(3), 143-151.
- Ramírez, M. M. A., Iglesias, A. L. G., and Luna, S. J. (2017). Light quality affects growth and development of in vitro plantlet of *Vanilla planifolia* Jacks. *South African Journal of Botany*, 109, 288-293.
- Salazar, M. S., Amaya, N. A., y Barrientos, R. F. (2013). Evaluación de diferentes medios de cultivo in vitro en el desarrollo de híbridos de *Phalaenopsis* (Orchidaceae). *Revista Colombiana de Bioteología*, 15(2), 97-105.
- Salazar, M. S. A., Orlando, C. G. (2012). Evaluación del efecto de dos suplementos orgánicos en la germinación in vitro de orquídeas nativas de la provincia de Pamplona, Colombia. *Revista Colombiana de Bioteología* 14(1), 53-59.
- Schiff, J. L. (2018). *Rare and exotic orchid Their Nature and Cultural Significance*. Springer. New Zealand.
- Tinoco, J. M. S., y Mata, R. M. (2007). Adquisición de competencia para la micropropagación de *Stanhopea tigrina*, *laelia anceps*, *Epidendrum veroscriptum* y *Cattleya x Esbetts* (Orchidaceae). *Lankesteriana International Journal on Orchidology* 7(1-2), 404-418.

Diagnóstico hidráulico, estructural y sustentable de bordos construidos hace 30 años en el estado Colima

Hydraulic, structural and sustainable diagnosis of dikes built 30 years ago in Colima

Gloria Vidrio Llamas¹, Hugo Ernesto Flores López²,
Cesar Emmanuel Gómez Delgadillo³

Resumen

Entre las características actuales del clima, destacan eventos extremos asociados al cambio climático, por tanto, resulta imperativo preservar obras de almacenamiento de agua construidas en pro de la actividad agropecuaria, específicamente bordos de arcilla para captar agua de lluvia con fines de abrevadero, cuya vida útil está estimada de 25 a 30 años, dependiendo del estudio hidrológico previo a su construcción. El objetivo fue verificar la efectividad del cálculo y diseño hidrológicos que influyen en el funcionamiento de obra de toma, vertedor y bordos construidos en el Estado de Colima entre 1986 y 1989. El proyecto es un diseño no experimental con enfoque cuantitativo; se recolectaron datos del nivel de almacenamiento, estado actual y funcionamiento hidráulico del bordo y sus componentes. Los resultados obtenidos en 43 bordos observados, 32 contienen 80% de almacenamiento; 6 presentan problemas de azolvamiento; 4 están a menos del 50% de su capacidad, 1 no funciona por falta de mantenimiento. Se corrobora la efectividad de los cálculos hidrológicos para el diseño de bordos y su vida útil,

¹ M. C. en Nutrición Animal, Centro Universitario de Los Altos, Universidad de Guadalajara. México. Correo electrónico: gvidrio@cualtos.udg.mx

² Dr. Cs. Agrícolas Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Jalisco, México. Correo electrónico: flores.hugo@inifap.gob.mx

³ Estudiante Lic. en Ingeniería en Sistemas Pecuarios, Centro Universitario de Los Altos, Universidad de Guadalajara. México. Correo electrónico: gvidrio@cualtos.udg.mx

superando el tiempo proyectado a 30 años la duración en el funcionamiento menor a estos lapsos de tiempo depende del mantenimiento de los componentes de la obra. **Palabras clave:** Cambio Climático, funcionamiento, obra de toma, sustentabilidad.

Abstract

Extreme events associated to climate change are distinguished among climate current characteristics; therefore, it is mandatory to preserve water storage reservoirs that were built to favor agricultural activity, specifically clay dikes to catch rainwater to be used in drinking troughs. Their estimated useful life was 25 to 30 years, according to the hydrological study prior to its construction. The aim was to verify the effectiveness of estimates and hydrological design that influence the functioning of intake works, weir, and dikes built in Colima state between 1986 and 1989. The project is a non-experimental quantitative design; data regarding storage level, current state, and hydrological functioning of the dike and its components were gathered. Forty-three dikes were observed; thirty-two of them had 80% of storage; six of them present silt problems; four of them are at less than 50% of their capacity; and one is not working because of lack of maintenance. It is confirmed the effectiveness of hydrological estimates in the design of dikes and their useful life, since they help to surpass the projected 30 years; shorter duration time in functioning depends on component maintenance.

Keywords: climate change, functioning, intake works, sustainability.

Introducción

Las actividades económicas fundamentales en el medio rural siguen siendo la agricultura y la ganadería, por lo que el incremento en el desarrollo y sustentabilidad radica en mucho en el abastecimiento de agua que satisfaga las necesidades de abrevadero y riego. En México se crearon obras de infraestructura que dieron inicio al desarrollo agropecuario, “[...]en 1926 con la creación de la Comisión Nacional de Irrigación (CNI) se construyeron 30 presas de almacenamiento [...] 14 presas de derivación [...] se pusieron en operación 44 distritos de riego” (Comisión Nacional de Agua [CONAGUA], 2018, p.69). En nuestro país el auge en la construcción de obras hidráulicas abarcó 50 años, de 1950 a 1990, periodo en que la economía mexicana presentó un crecimiento de 6 a 7% anual (Domínguez, 2019). Con respecto al número de presas, se tienen documentadas la cantidad de obras construidas no así para el caso de bordos.

En la actualidad, México cuenta con un registro de más de 5 mil presas y bordos,

180 representan el 82% del almacenamiento total del país. Se tiene un registro incompleto de bordos, a la fecha se realizan esfuerzos para registrar estas pequeñas obras de almacenamiento, en su mayoría de terracería (Comisión Nacional de Agua [CONAGUA], 2018, p.105).

Aunque la instancia CONAGUA manifiesta que no hay un registro completo de bordos, en otro documento se indica que: “En julio del 2009, en la Conagua se tenían registrados 1,085 bordos” CONAGUA (2011). A partir del año 1986, la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos del Estado de Colima, llevó a cabo la construcción de distintas obras de captación de agua de lluvia con el propósito de asegurar la sustentabilidad del sector agropecuario incrementando con ello, su productividad, mejorando el bienestar social y económico y por ende la calidad de vida de la población rural. Por otro lado, considerando las características actuales del clima, sus cambios y efectos, así como factores tan importantes como los suelos disponibles y su uso actual, es conveniente construir más bordos, sobre todo preservar los abrevaderos que beneficien y cumplan eficientemente con las finalidades para las cuales fueron proyectados .

Bordos de arcilla compactada y sus componentes

Un bordo con fines de abrevadero o riego es un terraplén de arcilla compactada construido de forma perpendicular al eje del cauce de un arroyo donde se confinan los escurrimientos superficiales intermitentes. (Peña y Vidrio 1989). En esta estructura, el espacio donde se concentra el volumen de agua captado de una corriente natural se le denomina vaso de almacenamiento. Los bordos de arcilla también están constituidos por cuatro componentes, entre ellos dos estructuras que permiten su funcionamiento integral, como se muestra en la Figura 1. Los componentes y estructuras son: A) Vaso de almacenamiento, B) Bordo de arcilla compactada, C) Obra de excedencia o vertedor de demasías y D) Obra de toma. La obra de excedencia o vertedor de demasías es la estructura que conduce el paso encauzado del volumen de escurrimiento excedente a la capacidad normal, dirigiendo su descarga en el arroyo aguas abajo del bordo. Su función es evitar que las demasías escurran por encima de la corona de la cortina, protegiendo el sistema de almacenamiento. La obra de toma es la estructura que regula las extracciones del vaso para satisfacer las demandas (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2010) de agua en el tiempo oportuno y cantidad suficiente para abrevadero o también para uso doméstico y riego.

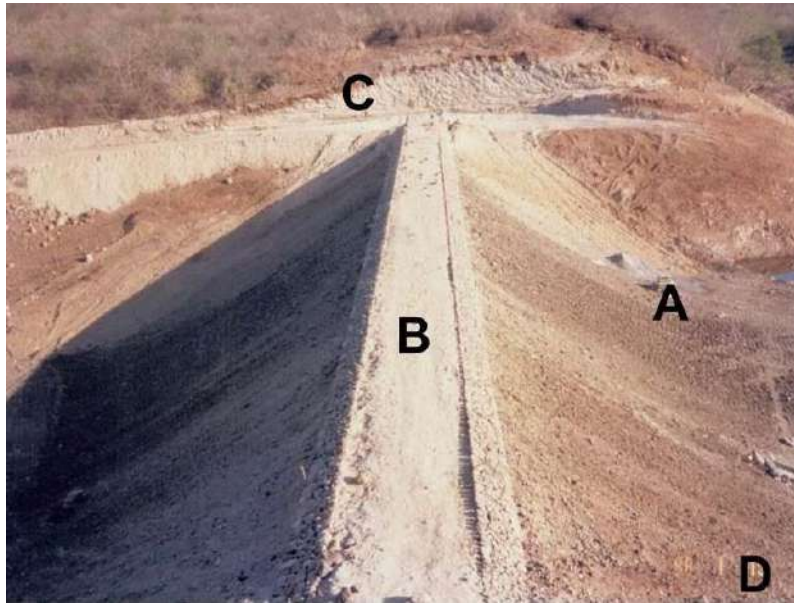


Figura 1. Componentes del bordo de arcilla compactada: Adaptado de: “Diseño de pequeños almacenamientos de agua de lluvia” (p. 9). Fuente: Vidrio y colaboradores (2016).

Además de captar el agua de lluvia, los bordos de arcilla compactada ofrecen beneficios como: 1) coadyuvantes a la recuperación de mantos freáticos, 2) Recuperación del entorno ecológico de la ribera, 3) mayor aprovechamiento de las áreas de apacentamiento, 3) agua para riegos de auxilio en tierras agrícolas y 4) permite el cultivo de peces para mejorar las condiciones alimentarias de familias, entre otros (Peña y Vidrio 1989).

Aunque han sido considerados como obras pequeñas para almacenamiento de agua, los bordos previos a su diseño y construcción requieren de estudios topográficos, geológicos y mecánica de suelos. En este proyecto se hace expresa referencia a los estudios hidrológicos que tienen por objeto determinar la capacidad de almacenamiento, en función del escurrimiento generado por la lluvia que precipita en la cuenca de captación, acorde a las características hidrológicas de la corriente por aprovechar.

Para el estudio hidrológico se requieren de datos precisos de precipitación media, anual, estacional y mensual, volumen medio anual aprovechable, periodos seco y húmedo, meses de incidencia, cantidad de lluvia máxima, mínima y media en los años más húmedos, granizadas, delimitación de la cuenca, escurrimiento en la zona de estudio, entre otros.

Con esta información se determinan los diferentes volúmenes de almacenamiento en este tipo de obras, referenciadas como capacidad total, capacidad útil y capacidad de azolves, con niveles de altura determinados por los diferentes cálculos resultantes de los estudios hidrológicos y otros datos recabados. También se puede determinar la magnitud de la avenida máxima que se puede presentar y para la cual se debe proyectar la obra de excedencias y vida útil de la obra de toma. El funcionamiento de esta última depende del grado de escurrimiento que se presente en el área de cuenca. desde el punto de vista hidrológico, es suficiente que la avenida de diseño se vea superada para que la condición del diseño sea sobrepasada, haciendo a la presa insegura.

La capacidad útil del vaso de almacenamiento es el resultado de la diferencia entre la capacidad total y la capacidad de azolves. La capacidad de azolves se determina por una serie de cálculos dependiente de la corriente superficial que acarrea material en suspensión del área de escurrimiento. Por esta razón, es necesario considerar una capacidad muerta que ocupa el azolve durante la vida útil de la obra. Ramírez (2011) considera que el diseño de la presa comprende, los siguientes aspectos: 1) determinación de la capacidad de azolves (o muerta), 2) definición del nivel de aguas mínimas de operación, el cual está ligado con la operación correcta de la obra de toma y 3) determinación del volumen útil, que es la capacidad destinada a la satisfacción de las demandas. En bordos, al igual que en el diseño de una presa se analizan los aspectos de determinación de la capacidad de azolves (o muerta); la definición del nivel de aguas mínimas de operación, el cual está ligado con la operación correcta de las obras de toma. (Ramírez, 2011).

Se precisa el uso de información fidedigna para realizar los estudios hidrológicos, pero cuando se carece de datos precisos para determinar este volumen, puede operarse en forma aproximada, considerando que los azolves gruesos transportados por la corriente tengan un valor de 0.001 del escurrimiento medio anual (valor aproximado en promedio) y que la obra de toma funcionará libremente durante 20 a 50 años (Marsal, 1974) sin que los azolves la empiecen a invadir (Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1977). En forma práctica, éste representa aproximadamente el 5% de la capacidad total.

Es importante señalar que la localización de la obra de toma está condicionada a características del sitio, como topografía, geología, hidrología y la capacidad de azolve, por lo tanto se procura que esté ubicada en la margen contraria al vertedor de excedencias (ver Figura 1), Asimismo se coloca a una cota lo suficientemente baja para asegurar la carga hidráulica que permita proporcionar el gasto requerido

cuando el bordo se encuentre a un nivel mínimo de almacenamiento, valor correspondiente a la capacidad de azolves. Una mala ubicación puede influir en la pérdida de la finalidad para la que fue proyectado, esto se traduce en pérdida de la capacidad del vaso ya que los sedimentos alcanzan la obra de toma (Marsal, 1974) culminando así la vida útil de la obra.

Por tanto, el objetivo general de estudio fue corroborar la efectividad de los estudios hidrológicos aplicados al funcionamiento de la obra de toma de bordos construidos en el estado de Colima durante 1986 a 1989. Para ello se plantearon los siguientes objetivos particulares: a) Verificar el estado actual de la estructura de cortina y vertedor de demasías; b) Estimar niveles de almacenamiento de agua actuales; y c) Evaluar el funcionamiento de la obra de toma.

Materiales y Método

El presente trabajo se realizó en el municipio de Cuauhtémoc en el estado de Colima. Se revisaron obras de almacenamiento de arcilla compactada construidas en el periodo de 1986 a 1989. Participaron tanto personal de la Universidad de Guadalajara (U. de G.), como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Jalisco y el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) del estado de Colima. También se involucraron ejidatarios que cuentan con el beneficio de los bordos construidos. No se utilizó diseño experimental, solo un enfoque cuantitativo de temporalidad transversal, mediante la visita a los sitios de construcción para la recolección de datos.

La metodología tuvo dos etapas: La primera consistió en búsqueda de información en instancias involucradas en la construcción de bordos en el periodo de estudio, en este caso la Residencia de Infraestructura Rural de la S.A.R.H. y el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO). En esta etapa también se consultaron datos de empresas involucradas en la construcción de bordos, como información del área a inspeccionar, datos históricos del número de bordos construidos, capacidad de almacenamiento de los bordos, volúmenes de terracería utilizados, beneficiarios y ubicación de los sitios donde fueron construidas estas obras. La segunda etapa consistió en contactar a los diferentes beneficiados para solicitar permiso de visita al sitio de estudio, para recabar información inherente tanto del nivel de almacenamiento y estado de las obras.

El trabajo de campo se realizó en los meses de octubre y noviembre de 2019 y la

información obtenida se clasificó en: volumen de almacenamiento, estado actual de las estructuras de cortina, vertedor de demasías y obra de toma, además de detectar algunas otras afectaciones por mal manejo y mantenimiento de las obras.

Resultados

Se evaluaron 43 bordos distribuidos en el municipio de Cuauhtémoc, Colima, con resultados mostrados en Tabla 1 (Ver Tabla 1). De estas obras, el 95 % está en operación y solo 5 % están abandonadas.

Tabla 1. Relación de bordos evaluados y su estado actual

#	Nombre	Vol. Almac. Estimado	Estructura bordo	Estado vertedor	Obra de Toma	Observaciones
1	Camichín	regular	sin afectación	bueno	En operación	
2	El chaleco	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
3	La mojonera	bueno	sin afectación	regular	En operación	material veg. en vaso
4	El mango	regular	sin afectación	bueno	En operación	
5	El ahilote	regular	sin afectación	bueno	Con azolve	tubería azolvada
6	El adobe	bueno	sin afectación	bueno	En operación	tubería azolvada
7	La clavellina	bueno	sin afectación	bueno	En operación	sin protección
8	Los corazones	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
9	La loberita	regular	sin afectación	bueno	En operación	
10	Los magueyes	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
11	Tizate	malo	sin afectación	bueno	No opera	Nivel mínimo
12	La hondonada	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
13	La guayabilla	regular	sin afectación	bueno	Con azolve	tubería azolvada
14	Parota quemada	bueno	sin afectación	bueno	Con azolve	
15	Ojo de agua	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
16	La higuera	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
17	El corral	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
18	El bonete	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
19	La garrapata	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
20	El nopal	bueno	sin afectación	bueno	Con azolve	tubería azolvada
21	El tepehuaje	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
22	La granadilla	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
23	La compuerta	bueno	sin afectación	bueno	No opera	sin válvula de extracción

#	Nombre	Vol. Almac. Estimado	Estructura bordo	Estado vertedor	Obra de Toma	Observaciones
24	Tinajitas	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
25	Los pesebres	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
26	Los Urzúa	regular	sin afectación	bueno	En operación	Material vegetativo en vertedor
27	Rosa morada	regular	sin afectación	bueno	En operación	
28	La cueva	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
29	La balsa	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
30	El barrito	regular	sin afectación	bueno	En operación	
31	El ocho	regular	sin afectación	bueno	En operación	
32	El comedero	bueno	sin afectación	bueno	Con azolve	
33	El Bartolo	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
34	La cabaña	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
35	El becerro	regular	sin afectación	bueno	En operación	
36	La higuera	bueno	sin afectación	regular	En operación	
37	La huizcalatera	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
38	El tren	bueno	sin afectación	bueno	Con azolve	tubería azolvada
39	El corazón	regular	sin afectación	bueno	En operación	
40	El guamúchil	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
41	La loma	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
42	La mirla	bueno	sin afectación	bueno	En operación	
43	San Fernando	bueno	sin afectación	regular	En operación	

Fuente: Elaboración propia con información recabada en campo en octubre y noviembre de 2019.

Volumen de almacenamiento estimado. Se revisó cualitativamente el volumen de almacenamiento de 43 bordos. El 72 % de los bordos tienen almacenamiento de hasta 80% de su capacidad; el 26 % tiene menos de 80% de capacidad, aunque un tercio de éstos tiene menos de 50% de su capacidad; solo se identificó a uno de los bordos que está en el nivel de capacidad de azolves (ver Figura 2). El azolvamiento del vaso de almacenamiento es un problema importante detectado, condición que se disminuye llevando a cabo prácticas de conservación de suelos (Comisión Nacional Forestal, 2004). arriba del cauce del arroyo y en el área de drenaje de la obra.

Estructura del bordo. Se encontró que el 100% de los bordos no presentan daños estructurales en la cortina.



Figura 2. Nivel de almacenamiento izquierda bordo la Laguna, derecha Bordo Tinajitas.
Fuente: Elaboración propia fotografías tomadas en octubre 2019.

Obra de toma. Se detectó que 81 % de los bordos tenían en operación su obra de toma, el 14 % de ellos mostraron problemas de azolve, pero aún en operación y solo en 5% de ellos no estaba funcionando esta estructura. Uno de los bordos, de éstos últimos, tenía la obra de toma totalmente cubierta por azolve y sin operación; otro de los bordos ya no contaba con la válvula de extracción, aunque mantenía buen nivel de almacenamiento (ver Figura 3).



Figura 3. Izquierda: obra de toma azolvada, centro: obra de toma no azolvada, derecha: Bordo vacío con entrada de obra de toma expuesta, pero en operación.
Fuente:Elaboración propia fotografías tomadas en octubre 2019.

Uno de los bordos visitados estaba en operación con problemas de azolve, presenta la obra de toma expuesta, con pérdida de capacidades debido al exceso de descargas y carencia de mantenimiento (ver Figura 3). Se observó falta de mantenimiento en las obras de toma, situación que posiblemente influye en la extracción de agua para dar el servicio requerido. En algunos bordos este problema provoca mayor almacenamiento en época de avenidas y puede ser un factor que incide directamente en el desbordamiento.

Vertedor de demasías. Se identificó que en el 93 % de los bordos, el vertedor de demasías está en buena condición y el 7% está en condiciones regulares. Además, en dos de los vasos se tuvo vegetación arbustiva variada en el interior del embalse, y en otro en la estructura del vertedor y sobre la corona del bordo (ver Figura 4).



Figura 4. Bordos con material vegetativo en estructuras y vaso de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia fotografías tomadas en octubre 2019.

A la fecha, la vida útil de los bordos construidos en el periodo de 1986 a 1989 en Cuauhtémoc, Colima, (aunque solo el 95 % de ellos siguen en operación) demuestran que su diseño y construcción cumple con el objetivo de vida útil de más de 25 a 30 años (Arteaga, 1985). Es importante mencionar que un elemento a considerar en la operación de los bordos es la necesidad de mantenimiento para lograr y rebasar la vida útil proyectada de estas obras. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2010) el mantenimiento de un bordo debe manejarse en condiciones normales de funcionamiento, desyerbando permanentemente los componentes que integran la obra para evitar el crecimiento de plantas, así como engrasar y lubricar las partes móviles de la obra de toma como compuertas o válvulas.

Conclusiones

El funcionamiento de bordos de arcilla compactada construidos de 1986 a 1989 en el municipio Cuauhtémoc, Colima, es de 95%. Se observó falta de mantenimiento en las obras de toma y deterioro visible en algunos de los bordos. El azolvamiento también es un problema identificado en el área de drenaje aguas arriba del bordo y en el arroyo. Es necesario prácticas de conservación que eviten la erosión del suelo.

Se corrobora que el diseño de vida útil proyectado de los bordos de arcilla compactada puede ser desde 25 a 30 años de funcionamiento. Una vida útil menor a estos lapsos de tiempo en los bordos es altamente dependiente del mantenimiento de los componentes de la obra. También es importante resaltar que estos resultados son atribuibles a la eficiencia con que se realizaron los estudios hidrológicos. Por otro lado, a pesar de que los efectos del cambio climático en el incremento de temperatura y cambios en la magnitud de precipitación pluvial en las áreas de cuenca de estudio no ha alterado mayormente los volúmenes de almacenamiento y las estructuras que en su mayoría continúan funcionando con eficiencia.

Los sistemas de explotación agropecuaria no pueden subsistir sin agua, un bordo de arcilla forma parte de la infraestructura y capital que posee cualquier empresa productiva, de ahí la importancia de preservar obras de almacenamiento de agua ya que mientras se tenga este vital líquido favorecerá su potencial productivo.

Referencias

- Arteaga, T. R. E. (1985). *Normas y criterios generales que rigen el proyecto de un Bordo de Almacenamiento*. México: Departamento de Irrigación, Universidad Autónoma Chapingo.
- Comisión Nacional del Agua. (2009). *Semblanza histórica del agua en México*. México: Sistema nacional de información. Recuperado de: <https://bit.ly/3anmpCg>
- Comisión Nacional del Agua. (2011). *Capítulo 4 Infraestructura Hidráulica, Sistema nacional de información*. en *Estadísticas del agua en México*. México: CONAGUA, recuperado de: <https://bit.ly/3arqoOj>
- Comisión Nacional del Agua (2018). *Semblanza histórica del agua en México*. México: Sistema nacional de información. Recuperado de: <https://bit.ly/3efFuYv>
- Comisión Nacional Forestal. (2004). *Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas*. Jalisco, México: SEMARNAT, recuperado de: <https://bit.ly/3dxyWFl>

- Domínguez, Judith. (2019). La construcción de presas en México. Evolución, situación actual y nuevos enfoques para dar viabilidad a la infraestructura hídrica. *Gestión y política pública*, 28(1), 3-37.
- Marsal, R. J. (2016). *Pequeñas obras. Notas sobre diseño y construcción*. México: UNAM.
- Peña, R. G., y Vidrio, L. G. (1989). *Estudio diseño y construcción de bordos de arcilla compactada para abrevadero y riego* (Tesis de pregrado) México: Universidad de Guadalajara.
- Ramírez, A. I. (2011). *La seguridad de presas desde la perspectiva hidrológica: Conferencia Enzo Levi 2010*. Recuperado de: <https://bit.ly/3v3slbB>
- Secretaría de Agricultura y Ganadería. (1977). *Manual para proyectos de pequeñas obras hidráulicas para riego y abrevadero, estudios hidráulicos y diseño de obras*. Instructivo de gabinete. México: Colegio de Posgraduados. Chapingo.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2010). *Presas con cortina de tierra compactada para abrevadero y pequeño riego* recuperado de: <https://bit.ly/3gpDYW8>
- Vidrio, L. G., Flores, L.H.E., Chávez, D.A.A., De La Mora, O.C., y Martínez, D. T.E. (2016). *“Diseño de pequeños almacenamientos de agua de lluvia”* México. Prometeo.

Adaptación del método IDEA para evaluar la sustentabilidad en unidades productivas cunícolas de traspatio

Adaptation of the IDEA method to assess sustainability in backyard rabbit farming units

Georgina Gutiérrez García¹, Ofelia Márquez Molina²,
Enrique Espinosa Ayala³

Resumen

En el método “Indicadores de la Sostenibilidad de Explotaciones Agrícolas” (IDEA), de origen francés, se plantean los indicadores para la evaluación de la sustentabilidad de sistemas agropecuarios, considerándolos como económicamente viables, ambientalmente racionales y socialmente equitativos. Propone tres dimensiones: agroecológica (tres componentes y 18 indicadores), socio-territorial (tres componentes y 18 indicadores) y económica (tres componentes y seis indicadores). La cunicultura en México es desarrollada bajo el esquema de unidades productivas de traspatio, caracterizada por baja inversión, conocimientos técnicos básicos, adaptable a diferentes áreas geográficas y atendido por integrantes de la familia. El objetivo del presente estudio fue adaptar el método IDEA para evaluar la sustentabilidad de las unidades productoras cunícolas de traspatio. La investigación fue exploratoria, con base en el método “Preferred Reporting Item for Systematic Reviews and Meta-Analyses” (PRISMA), las palabras claves utilizadas fueron: *sustainability, cuniculture y agricultural*; combinadas con *IDEA method*, tanto en título y resumen del artículo. Después de la adaptación las dimensiones quedaron de la siguiente manera: agroecológica (tres componentes y 14 indicadores), socio-territorial (tres componentes y 17 indicadores) y económica sin modificación. En conclusión, es importante contar con instrumentos para la

¹ Doctorante en Sustentabilidad para el Desarrollo, Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable UAEMex. Profesora de asignatura Unidad Académica Profesional Acolman UAEMex. Universidad Autónoma del Estado de México. ORCID 0000-0003-0854-7169. MÉXICO. Correo electrónico: garcia.georgina@hotmail.com

² Doctora. Profesora de tiempo completo Centro Universitario UAEM-Amecameca. Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM-Amecameca. ORCID 0000-0002-9127-7405. MÉXICO. Correo electrónico: ofeliammolina@yahoo.com

³ Doctor. Profesor de tiempo completo Centro Universitario UAEM-Amecameca. Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM-Amecameca. ORCID 0000-0002-7916-2146. MÉXICO. Correo electrónico: enresaya1@hotmail.com

evaluación de la sustentabilidad de sistemas agropecuarios en pequeña escala que consideren sus características.

Palabras clave: Adaptación, cunicultura de traspatio, método IDEA, sustentabilidad.

Abstract

In the French method *Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles* (IDEA, for its acronym in French), indicators for farm sustainability assessment are presented; they are defined as economically feasible, environmentally rational, and socially equal. The method covers three dimensions: agroecological (three components and 18 indicators), socio - territorial (three components and 18 indicators), and economic (three components and six indicators). In Mexico, rabbit farming is developed in backyard farming units, since this scheme requires low investment and basic technical knowledge, is easy to adapt in different geographic areas, and can be managed by family members. The aim of this study was to adapt the IDEA method to assess sustainability in backyard rabbit farming units. The research was exploratory and, based on the “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses” (PRISMA), the used key words were sustainability, cuniculture and agricultural, combined with the IDEA method, both in the article’s title and abstract. After adaptation, dimensions remained as the following: agroecological (three components and 14 indicators), socio-territorial (three components and 17 indicators), and economic without modification. In conclusion, it is important to have sustainability assessment instruments to use in small-scale farms based on their characteristics.

Keywords: adaptation, backyard rabbit farming, IDEA method, sustainability.

Introducción

Un sistema agrícola sustentable puede ser “capaz de mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades alimenticias, socioeconómicas y culturales de la población, sin excluir la relación con los sistemas naturales que le dan soporte” (Sarandón, 2011, p.7). Las necesidades alimenticias que tiene una población en constante crecimiento generan un aumento en la degradación del medio ambiente, pues el alto nivel de contaminación que pudieran tener las unidades productivas agropecuarias, intensivas y semi intensivas, se evidencia por el manejo inadecuado de los subproductos, la cantidad de agua destinada para la ganadería y de las excretas animales (FAO, 2006a). Pero ¿qué sucede con la sustentabilidad de las unidades de traspatio?, en las que el manejo se realiza de forma integral, tanto agrícola como pecuario, y convergen en el mismo

espacio diferentes especies y subespecies de plantas y animales (Vilain, 2008). Son espacios en donde el productor tiene la opción de aplicar el conocimiento transmitido por sus antecesores en conjunto con el conocimiento técnico adquirido en cursos especializados, los cuales benefician el sistema de producción.

Un ejemplo de estas unidades productivas de traspatio es la cunicultura, la cual es desestimada por las instituciones oficiales, ya que al compararse con la producción de grandes rumiantes es significativamente menor y no posee la importancia económica necesaria para ser incluida en los Censos Agrícola Ganaderos (INEGI, 2007). Sin embargo, se trata de una producción de traspatio que genera ingresos económicos complementarios a quienes la realizan, debido a que el tiempo de engorda es corto en comparación con otras especies (Espinosa *et al.*, 2014).

Se comercializa en las zonas cercanas al lugar de origen del productor y contribuye al desarrollo endógeno, lo que fomenta la interacción entre productor-agricultor (Bautista-Robles, Ken-Rodríguez y Keita, 2020). El incremento de las relaciones interpersonales, donde la transmisión del conocimiento, intra e intergeneracional y la presencia activa de algunas prácticas agroecológicas, con sistemas diversificados (Altieri y Nicholls, 2000).

La pertinencia de utilizar herramientas que ayuden a identificar los puntos a fortalecer y/o modificar para que exista un equilibrio entre las dimensiones agroecológica, socio-territorial y económica (Vilain, 2008) de las unidades productivas cunícolas de traspatio. Mediante instrumentos que ya han sido aplicados para la producción de carne en México, como es el método IDEA. Esto permite al productor contar con la asesoría de un especialista en el área para realizar una autoevaluación y así poder involucrar al productor en la toma de decisiones para la mejora de la sustentabilidad.

Marco teórico

Las prácticas sustentables han sido utilizadas en diferentes momentos de la historia, los pueblos originarios las han incluido en la cosmovisión de su población y diferentes autores la emplean como referencia de la sobreexplotación de los recursos naturales por el desarrollo económico (Morandín y Azamar, 2019). Con el Informe Brundtland se estructura un concepto, el cual es aceptado por diversas instituciones internacionales bajo la postura de desarrollo sostenible y que involucra a “la humanidad para la satisfacción de las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”

(Organización de las Naciones Unidas, 1987, p.23). En este mismo documento se establece la relación entre el mercado, desarrollo económico y el medio ambiente siendo el intermediario el Estado, como regulador y difusor de los recursos naturales y calidad ambiental.

Al abordar la sustentabilidad se da prioridad a la dimensión económica y a la socio-territorial como una fuente de recursos se demerita el conocimiento de los individuos, se le simplifica ante una ciencia dominante, eurocéntrica y hegemónica. Por tanto, es conveniente involucrar múltiples posturas en la generación del conocimiento, una de las opciones es la sabiduría de los pueblos indígenas originarios, que no forman parte de las ciencias occidentales modernas y denominadas como *ciencias endógenas*, *ciencias indígenas* o *conocimientos tradicionales* (Haverkort *et al.*, 2016).

Los conocimientos tradicionales son útiles y preservados en la producción alimentaria de baja escala, traspatio o de autoconsumo, pero no tienen la capacidad de hacer frente a los sistemas productivos alimentarios intensivos. Pues éstos se caracterizan por el deterioro al medio ambiente, modificación de los ecosistemas y de los conocimientos tradicionales (Leyva y Pohlan, 2005).

Se puede establecer una conexión entre la ciencia tradicional con la ciencia normal (Kunh, 1975) mediante los siguientes conceptos: los Sistemas de Saberes Indígenas (Argueta y Pérez, 2019; Haverkort *et al.*, 2016) o Articulación de las ciencias (Leff, 2000), ambos convergen en reencontrar el conocimiento que ha sido desestimado, pero que se genera, produce y se reproduce dentro de espacios comunales u originarios. Para generar un diálogo bajo la complementariedad con bases claras, igualitarias y sin subordinación con la ciencia normal (Kunh, 1975) por medio de la sustentabilidad como estrategia en los procesos de significación, mejora los modos de producción y la apropiación de la naturaleza (Leff, 2006).

La sustentabilidad al ser un paradigma en constante cambio es aplicable en un extenso campo de acción, que propone alcanzar un estado dinámico entre la equidad, prosperidad y mejor calidad de vida. Es el eje rector donde convergen el medio ambiente la sociedad y la economía en temporalidad y territorio delimitado, se puede aplicar en diferentes escalas, ya sea una familia, proyecto o industria (López, 2008).

La cunicultura de traspatio sustentable es un sistema productivo que emplea como fuerza laboral a los integrantes del núcleo familiar, con baja dependencia de

insumos energéticos y reintegración de los desechos a otros sistemas productivos fortaleciendo las comunidades rurales a largo plazo, mediante la administración del medio ambiente por los actores rurales para la producción de bienes y servicios fomentando el desarrollo endógeno.

La producción alimentaria de traspatio pretende que el hogar alcance en medida de lo posible, el autoabasto de alimentos sanos, nutritivos y producidos bajo esquemas ecológicamente adecuados o pueda tener acceso a ellos por medio de redes y mercados solidarios, justos y orgánicos (Toledo y Ortiz-Espejel, 2014). En este tipo de producción se involucran los integrantes de la familia y se pueden producir a baja escala, hortalizas, plantas medicinales y animales domésticos destinados para el consumo humano. La producción a baja escala es una opción útil para el abasto alimentario, ya que no requiere de grandes extensiones de tierra pues depende de la especie de animal o planta a reproducir (Monroy-Martínez *et al.*, 2016).

En este caso, las unidades productoras cunícolas de traspatio se basan en una especie que posee características que son óptimas para este tipo de actividad. El conejo es un herbívoro que puede consumir altas cantidades de forrajes en su dieta, sin afectar su respuesta productiva; por ejemplo, los cultivados y silvestres, esquilos agrícolas, subproductos industriales y residuos vegetales. Por lo que puede ser una opción adecuada para productores de recursos limitados (SAGARPA, 2011). La cunicultura requiere de un sistema de confinamiento permanente, por lo que las instalaciones deben estar alejadas (por lo menos tres kilómetros) de zonas expuestas a contaminación física, química o microbiológica, y de fauna nociva; proporcionar al animal un ambiente confortable, libre de ruidos y de corrientes de aire y humedad, sombreado, con una temperatura ambiente de 15 a 20° C disponibilidad de servicios básicos de agua y luz (SAGARPA, 2011; SAGARPA-SENASICA, 2015).

Las jaulas pueden ser madera, bambú u otros materiales de la región, pero es recomendable que sean de alambre y lámina galvanizada, debido a su fácil limpieza y desinfección (SAGARPA, 2011). Los comederos deben de cumplir con las siguientes especificaciones: ser de material liso de fácil de limpieza y desinfección, con acceso de libre paso del alimento y que permitan la introducción únicamente de la cabeza, para reducir el desperdicio (SAGARPA-SENASICA, 2015). Respecto al número de animales por jaula dependerá de la finalidad, en el caso de las jaulas de cría deben ser de 0.4 a 0.5 m² (70 x 90 x 50 cm), con la intención de tener la dimensión suficiente para el nido y los conejos; para engorda deben tener espacio suficiente

(0.4 m²) para albergar a 5 o 6 gazapos (SAGARPA, 2011).

En México, la producción cunícola ha sido una actividad ganadera a la que se le ha dado escasa importancia, dejándola sólo como opción para el sector rural en el traspatio y de subsistencia alimentaria, como lo indica el Comité Nacional Sistema Producto Cunícola (Delegación SADER Estado de México, 2015). Al ser una producción que ha sido desestimada y con limitada importancia económica, no se le considera dentro de los censos ganaderos que realizan las instituciones oficiales. Por su parte, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) desde 1945 propone a la cunicultura como una actividad que ayuda a abatir la pobreza y genera alimentos nutritivos que fortalecen el desarrollo de zonas rurales; además de que los productores de traspatio consideran a sus animales como una fuente extra de ingresos (Terán *et al.*, 2011). Esta actividad se ha incorporado a políticas alimentarias en México, tales como Combate contra la pobreza y la Cruzada contra el hambre.

Debido a su inclusión en las políticas públicas es conveniente la evaluación de la sustentabilidad de las unidades productivas cunícolas de traspatio, haciendo uso de herramientas diseñadas con esa finalidad. Existen diversas formas de evaluación de la sustentabilidad, tales como: Análisis de Ciclo de Vida (ECV) (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2001), Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) (Mesera, Astier y López-Ridaura, 2000), Evaluación de la Sostenibilidad para la Agricultura y la Alimentación (SAFA) (FAO, 2014b) e Indicadores de la Sostenibilidad de Explotaciones Agrícolas (IDEA) (Vilain, 2008), las cuales se han utilizado para evaluar la sustentabilidad de sistemas de producción de leche y carne en México.

Para efectos de medir la sustentabilidad en las unidades productoras cunícolas de traspatio se adaptó el método IDEA, como herramienta de vocación pedagógica no solamente busca valorar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, también pretende identificar, por medio de la reflexión, las debilidades técnicas y las vías de mejoramiento, que promueven la acción a nivel local y la toma de decisiones. Es útil en diferentes sistemas, como los policultivos-ganadería, la silvicultura, la viticultura o la producción de cereales. De acuerdo con Vilain (2008) no es recomendable para evaluar la sustentabilidad de sistemas productivos protegidos y muy especializados, como pueden ser la apicultura, horticultura y floricultura bajo invernadero.

Para la evaluación de la sustentabilidad, el método IDEA considera tres

dimensiones: agroecológica, socio-territorial y económica (tabla 1). Cada una de las dimensiones se divide en componentes y a su vez en indicadores, los cuales se ponderan numéricamente, con un límite máximo de 100 puntos. Los resultados obtenidos de la valoración de los indicadores no tienen sentido por sí mismos, se complementan y evidencian con las debilidades técnicas y las vías de mejoramiento que puede aplicar el productor con asistencia de un experto.

Este método tiene puntos en común con otras herramientas metodológicas para la evaluación de la sustentabilidad en el sector agropecuario; establece de forma clara y precisa los indicadores que la integran, la forma de evaluarlos y cuenta con una guía descriptiva para el alcance de cada indicador.

Materiales y métodos

La adaptación del método IDEA se realizó con base en la revisión de la bibliografía especializada en cunicultura y las necesidades de la especie bajo los criterios PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman, & Prisma Group, 2009) de metanálisis en red. Para la búsqueda, se utilizaron las palabras clave: *sustainability*, *cuniculture* y *agricultural*, combinadas con: *IDEA method*, tanto en título como dentro del resumen del artículo, de los últimos 20 años en revistas indexadas en el *Journal Citation Reports*.

Se incluyeron todos aquellos estudios que estuvieran escritos en inglés, español o francés que evaluaran la sustentabilidad. Fueron excluidos los escritos con carácter de noticia, comentarios, publicaciones en idiomas diferentes al inglés, español y francés, escritos que pertenecieran a fuentes no oficiales, revistas sin sustento científico y de metabuscadores.

Resultados y Discusión

La búsqueda de la combinación de las palabras clave *sustainability*, *cuniculture* y *agricultural*, arrojó un total de 515 artículos, al conjuntar las palabras *IDEA method* el número disminuye significativamente a un total de cuatro escritos. Al aplicar los criterios de exclusión, se obtuvieron dos artículos, el primero denominado *Contribution of intensive rabbit breeding to sustainable development. A semi-quantitative analysis of the production in France* (Fortun-Lamothe, Combes & Gidenne, 2009), se observan los principios, ventajas, limitantes y posibles formas

de mejorar la sustentabilidad que aporta analizar la cunicultura mediante el método IDEA. El segundo, *Caractérisation et évaluation de la durabilité des exploitations cynicoles Tunisiennes: Les indicateurs de la méthode IDEA* (Larbi, Daboussi, Mhamdi & Jemmali, 2017), es un ejemplo de los resultados de las dimensiones agroecológica, socio-territorial y económica.

Para la adaptación a la producción cunícola se estimó conveniente no considerar los indicadores, establecidos por el método IDEA, debido a las características de la especie y porque se realiza a nivel de traspatio:

- a) A4 Aprovechamiento y conservación del patrimonio genético. Este indicador hace énfasis en el aprovechamiento y conservación de las razas y variedades en peligro de extinción, pues su desaparición reduce el capital biológico disponible para las generaciones futuras. En la cunicultura las razas que se producen no se encuentran en la lista de especies en peligro de extinción.
- b) A8 Zonas de regulación ecológica. La presencia de linderos forestales, cercos vivos, estanques, laderas y bosques dentro del área productiva, juegan un rol de filtro biológico. Debido a las características de las unidades productivas cunícolas, este indicador no interviene con la producción.
- c) A9 Contribución a los objetivos ambientales del territorio. La unidad productiva cunícola de traspatio no interactúa con el patrimonio natural.
- d) A10 Carga animal. Este indicador señala la dependencia de forraje destinado a la alimentación del ganado. El conejo por no ser de pastoreo, y que puede ser alimentado con forrajes cultivados y silvestres, esquilos agrícolas, subproductos industriales y residuos de cocina, pueden ser considerados como posibles recicladores. Esto realiza un cambio en la escala productiva y la carga animal que pudiera representar la alimentación del conejo.
- e) B2 Aprovechamiento del patrimonio construido y del paisaje. La conservación de los espacios edificados para el uso agrícola se realiza de acuerdo con las condiciones naturales y las costumbres locales. La infraestructura de la cunicultura de traspatio se puede construir con material de reúso o reciclado que no forma parte de un patrimonio que de identidad al territorio.

El único indicador que se reestructuró fue B1 Procesos de calidad (tabla 2), para el cual se consideraron dos parámetros. El primero, corresponde a respuestas productivas de cuidado y manejo proporcionado por el productor, está conformado con las siguientes modalidades de determinación: ganancia de peso diario, conversión alimentaria, eficiencia alimentaria y digestibilidad. El segundo, se relaciona con la calidad de carne e incluye las siguientes modalidades de

determinación: color, pH, pérdida de agua por cocción, rendimiento de la canal caliente y rendimiento de la canal fría (Jaurez *et al.*, 2017). Durante la adaptación no hubo alteraciones significativas en los valores máximos de las tres dimensiones. El puntaje de los indicadores preestablecidos por el método IDEA, son agroecológica (137) y socio-territorial (109), después del ajuste es 110 y 101 puntos respectivamente; finalmente, la dimensión económica por no tener modificaciones conserva la puntuación original de 100 puntos (Tabla 1). El método IDEA como herramienta pedagógica no trata de imponer un estándar de explotación agrícola sustentable, pero examina y cuestiona el desarrollo de las unidades examinadas o posicionarlas con respecto a otras explotaciones cuando se realizan análisis de grupos (Vilain, 2008).

La flexibilidad de adaptación que presenta el método IDEA permite su aplicación en el diagnóstico de la sustentabilidad de sistemas doble propósito (Vences *et al.*, 2015; Próspero-Bernal *et al.*, 2015; Salas *et al.*, 2018). De acuerdo con Salas, Arriaga y Albarrán (2018), las modificaciones y adaptaciones parten de la zona de estudio y eliminaron los indicadores que obtuvieran valor automático de cero. En el caso de Vences y colaboradores (2015) y Próspero-Bernal y colaboradores (2015) coinciden en que el ajuste se realizó por las diferencias existentes entre el país de origen del método y la zona de estudio. No consideraron cuatro indicadores (A4, A9, B2 y B8) y utilizaron como referencias a la normativa mexicana para B1 y Pesticidas. En cuanto a la cunicultura Fortun-Lamothe y colaboradores (2007), en el artículo *Contribution of intensive rabbit breeding to sustainable development. A semi-quantitative analysis of the production in France* explican los puntos a considerar para la adaptación del método IDEA a las explotaciones cunícolas intensivas. Por su parte Larbi y colaboradores (2017), reportan los resultados de la aplicación, sin especificar la adaptación del método.

Tabla 1. Dimensiones de la sustentabilidad del método IDEA adaptado a las unidades productiva cunícola de traspatio.

Dimensiones	Componentes	Indicadores método IDEA	Unidad productiva cunícola de traspatio	Valores máximos
Agroecológica	Diversidad	4 A1 Diversidad de cultivos anuales y temporales A2 Diversidad de cultivos perennes A3 Diversidad animal A4 Aprovechamiento y conservación del patrimonio genético	3 A1 Diversidad de cultivos anuales y temporales A2 Diversidad de cultivos perennes A3 Diversidad animal	33 unidades
	Organización del espacio	7 A5 Cultivos intercalados A6 Dimensión de las parcelas A7 Manejo de la materia orgánica A8 Zonas de regulación ecológica A9 Contribución a los desafíos ambientales del territorio A10 Carga animal A11 Manejo de la superficie forrajera	4 A5 Cultivos intercalados A6 Dimensión de las parcelas A7 Manejo de la materia orgánica A11 Manejo de la superficie forrajera	
	Prácticas agrícolas	7 A12 Fertilización A13 Efluentes orgánicos líquidos A14 Pesticidas A15 Tratamientos veterinarios A16 Protección del recurso suelo A17 Manejo del agua A18 Dependencia energética	7 A12 Fertilización A13 Efluentes orgánicos líquidos A14 Pesticidas A15 Tratamientos veterinarios A16 Protección del recurso suelo A17 Manejo del agua A18 Dependencia energética	
Socio-territorial	Calidad de los productos y del territorio	5 B1 Proceso de calidad B2 Aprovechamiento del patrimonio construido y del paisaje B3 Manejo de desechos no orgánicos B4 Accesibilidad del espacio	4 B1 Proceso de calidad B3 Manejo de desechos no orgánicos B4 Accesibilidad del espacio B5 Participación social	33 unidades

Dimensiones	Componentes	Indicadores método IDEA	Unidad productiva cunícola de traspatio	Valores máximos
		B5 Participación social		
	Empleo y servicios	6 B6 Redes cortas de comercialización o venta directa B7 Autonomía y aprovechamiento de los recursos locales B8 Servicios y multifuncionalidad B9 Contribución al empleo B10 Trabajo colectivo B11 Factibilidad de la sostenibilidad agropecuaria	6 Sin modificación	
	Ética y desarrollo humano	7 B12 Contribución al equilibrio alimentario local B13 Bienestar animal B14 Formación B15 Intensidad laboral B16 Calidad de vida B17 Aislamiento B18 Hospitalidad, higiene y seguridad	7 Sin modificación	
Económica	Viabilidad	2 C1 Viabilidad económica C2 Tasa de especialización económica	2 Sin modificación	33 unidades
	Independencia	2 C3 Autonomía financiera C4 Sensibilidad a las ayudas	2 Sin modificación	
	Transmisibilidad	1 C3 Transmisión del capital	1 Sin modificación	
	Eficiencia	1 C4 Eficiencia del proceso productivo	1 Sin modificación	

Fuente: Elaboración propia basado en los estudios de Vilain (2008).

Tabla 2. B1 Procesos de calidad (Valor de 0 a 10).

Parámetros	Modalidades de determinación	Puntuación asignada por modalidad de determinación	Puntuación total por modalidad de determinación	
Parámetro productivo	Ganancia de peso diario			
	Conversión alimentaria			
	Eficiencia alimentaria			
	Digestibilidad		10 (22 a 21)	
Parámetro de calidad de carne	Color	L*	9 (20 a 19)	
		a*	Arriba de lo normal (2)	8 (18 a 17)
		b*	Normal (1)	7 (16 a 15)
	pH	Debajo de lo normal (0)	6 (14 a 13)	
	Pérdida de agua por cocción		5 (12 a 11)	
	Rendimiento de la canal caliente		4 (10 a 9)	
	Rendimiento de la canal fría		3 (8 a 7)	

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

El método IDEA como instrumento para evaluar la sustentabilidad de las unidades productivas cunícolas de traspatio es una opción viable y flexible, que permite al productor involucrarse de forma positiva en la toma de decisiones y modificaciones que se propongan, para mejorar las dimensiones agroecológica, socio-territorial y económica.

La adaptación a la zona de estudio y al tipo de explotación permite que el especialista en el área en conjunto con el productor aplique los conocimientos técnicos y tradicionales en las unidades productivas cunícolas de traspatio. La retroalimentación de ambas partes es vital para este tipo de propuestas, pues la durabilidad de las unidades productivas cunícolas de traspatio dependerá de fomentar una eficiente interacción entre las dimensiones propuestas, en vías de la sustentabilidad.

Referencias

- Altieri, M., y Nicholls, C. (2000). *Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Distrito Federal, México: PNUMA.
- Argueta, V. A., y Pérez, R. M. L. (2019) Los saberes tradicionales y los desafíos para el Diálogo de Conocimientos. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 50, 49-72.
- Bautista-Robles, V., Ken-Rodríguez, C. A., y Keita, H. (2020). El papel de la agricultura en la seguridad alimentaria de las comunidades rurales de Quintana Roo: un ciclo autosostenido. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(56),1-32.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente. (2001). *Guía metodológica Estudio de Ciclo de Vida ECV*. Recuperado de: <https://bit.ly/3yepL52>
- Delegación SADER Estado de México. (08 de mayo de 2015). El Estado de México primer lugar en producción de conejos [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://bit.ly/3fiPtN7>
- Espinosa, A. E., Rodríguez, A. G. I., Jiménez, M. R., Brunett, P. L., Márquez, M. O., y Terán, V. O. E. (2014). La cunicultura familiar, una opción para la obtención de ingresos económicos y bienes alimentarios. El caso de la zona Sureste del Estado de México. En: J. C. M. Arriaga y O. J. P. Anaya (Comp.) *Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural* (pp. 231-244). México: Editorial Reverté.
- FAO. (2006a). *Livestock's Long Shadow*, Roma: LEAD.
- FAO. (2014b). *Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems*. Recuperado en: <https://bit.ly/2Rds0oH>
- Fortun-Lamothe, L., Combes, S., and Gidenne, T. (2009). Contribution of intensive rabbit breeding to sustainable development. A semi-quantitative analysis of the production in France. *World Rabbit Science*, 17(2), 79-85.
- Haverkort, B., Delgado, F., Millar, D., y Shankar, D. (2016). Hacia el diálogo intercientífico: Conclusiones de un programa internacional en Bolivia, Ghana e India. En F. Delgado y S. Rist, (Ed.) *Ciencias, diálogo de saberes y transdisciplinariedad* (pp. 35-60). La Paz, Bolivia: Plural editors.
- INEGI. (2007). Censo Agrícola Ganadero 2007. Estatal y municipal. Recuperado de: <https://bit.ly/3eNPYJG>
- Jaurez, E. M., Espinosa, A. E., Hernández G. P. A., Márquez, M. O., Tapia, R. M. Z., y Mireles, A. A. I. (2017). Efecto de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) y tomillo (*Thymus vulgaris*) sobre parámetros productivos, características de la canal y calidad de la carne en conejos en finalización. En: M. A. Yamasaki y colaboradores (Comp.). *Clima y ganadería: productividad sustentable* (pp. 322-327). Chiapas, México: Universidad Autónoma de Chiapas.

- Kunh, T. (1975). La ciencia normal y sus peligros. En I. Lakatos, y A. Musgrave. (Ed). *La crítica y el desarrollo del conocimiento* (149-158). Barcelona, España: Grijalvo.
- Larbi, M., Daboussi, I., Mhamdi, N., and Jemmali, B. (2017). Caractérisation et évaluation de la durabilité des exploitations cunicoles Tunisiennes: Les indicateurs de la méthode IDEA. *Journal of New Sciences*, 1(1), 1-4.
- Leff, E. (2000). Pensar la complejidad ambiental. En E. Leff (Coord.). *La complejidad ambiental*. (pp. 7-53). Distrito Federal, México: Siglo XXI Editores
- Leff, E. (2006). *Aventuras de la naturaleza*. Distrito Federal, México: Siglo XXI Editores.
- Leyva, A., y Pohlan, J. (2005). *Agroecología en el trópico - ejemplos de Cuba. La biodiversidad vegetal, cómo conservarla y multiplicarla*. Aachen, Alemania: Ediciones Shaker Verlag.
- López, L. V. M. (2008). *Sustentabilidad y desarrollo sustentable*. Distrito Federal, México: Trillas.
- Masera, O., Astier, M., y López-Ridaura, S. (2000). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS*. Distrito Federal, México: MundiPrensa.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., and Prisma Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: the PRISMA statement. *PLoS med*, 6(7).
- Monroy-Martínez, R., Ponce-Díaz, A., Colín-Bahena, H., Monroy-Ortiz, C., y García-Flores, A. (2016). Los huertos familiares tradicionales soporte de seguridad alimentaria en comunidades campesinas del Estado de Morelos, México. *Ambiente y Sostenibilidad*, 6, 33-43.
- Morandín, A. I., y Azamar, A. A. (2019). Sustentabilidad y cultura. En A. A. Azamar y P. J. Matus (Coord) *Tendiendo puentes para una sustentabilidad integral* (pp. 25-60). Ciudad de México, México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Organización de las Naciones Unidas. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Asamblea General de las Naciones Unidas*. Recuperado de: <https://bit.ly/3uUhtgJ>
- Próspero-Bernal, B. F., Salas-Reyes, G. I., Fadul-Pacheco, L., Heredia-Nava, D., Albarrán-Portillo, B., y Arriaga-Jordán, M. (2015). Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de producción de leche en pequeña escala en dos zonas agroecológicas contrastantes del centro de México. En: V. B. A. Cavallotti, V. B. Ramírez, V. A. Cesín y J. J. Ramírez (Coord.). *Estudios Socioeconómicos y Ambientales de la Ganadería* (pp. 139-153). Estado de

- México, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- SAGARPA. (2011). *La cría de conejo a pequeña escala* (13). Recuperado de: <https://bit.ly/3tQWsC3>
- SAGARPA-SENASICA. (2015). *Manual de buenas prácticas de producción de carne de conejo* (64). Recuperado de: <https://bit.ly/3tOMmld>
- Salas, R. I. G., Arriaga, J. C. M., y Albarrán, P. B. (2018). Evaluación de la sostenibilidad en unidades de producción doble propósito durante la época de lluvias, en Zacazonapan, Estado de México. En: M. A. García, P. B. Albarrán y R. S. Rebollar (Coord.). *La ganadería en condiciones de trópico seco*. (pp. 245-256). Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Sarandón, S. (2011). *La Agroecología: Su rol en el logro de una agricultura sustentable*. Argentina: Universidad de la Plata.
- Terán, V. O. E., Espinosa, A. E., Brunett, P. L., Márquez, M. O., y Soto, C. H. A. (2011). Programas sectoriales enfocados al desarrollo sustentable de la cunicultura familiar. En A. B., Cavallotti, V. A., Cesín, V. B. Ramírez y Á. C. F Marcof, (Coord). *La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes, Vol. I* (pp.309-320). Estado de México, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Toledo, V. M., y Ortiz-Espejel, B. (2014). *México, regiones que caminan hacia la sustentabilidad*. Puebla, México: Universidad Iberoamericana Puebla.
- Vences, P. J., Nájera, G. D. L., Albarrán, P. B., Arriaga, J. C. M., Rebollar, R. S., y García, M. A. (2015). Utilización de método IDEA para evaluar la sustentabilidad de la ganadería del Estado de México. En P. D. Iglesias, M. F. Carreño y A. N. J. Carrillo. *Sustentabilidad productiva sectorial. Algunas evidencias de aplicación*, (pp. 15-39). Toluca, Estado de México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Vilain, L. (2008). *El método IDEA. Indicadores de sostenibilidad de las explotaciones agropecuarias*. Dijon, Francia: Educagri éditions.

Descripción y preparación de muestras histológicas de *Pinus arizonica* Engelm de Guachochi, Chihuahua

*Description and preparation of histological samples of *Pinus arizonica* Engelm from Guachochi, Chihuahua*

Luisa Patricia Uranga Valencia¹, Luis Ubaldo Castruita Esparza², Víctor Hugo Villarreal Ramírez³

Resumen

El objetivo de esta investigación fue describir las características anatómicas de *Pinus arizonica* Engelm, como una de las principales especies forestales explotadas en el Estado de Chihuahua, México, realizándose una comparación con la misma en el Estado de Durango. Como parte metodológica, se colectó la muestra en el Ejido Samachique, municipio de Guachochi, Chihuahua, especificando las características macroscópicas y microscópicas, para ello, se realizó la preparación de muestras histológicas según la metodología IAWA⁴. Los resultados arrojaron diferencias en albura y duramen, anillos de crecimiento, traqueidas y número de canales de resina por mm². Éstas son el producto de las condiciones edafoclimáticas intrínsecas del lugar de origen y manejo que ocurren, tanto a nivel de los bosques, como de las plantaciones forestales. Debe considerarse la falta de información sobre la anatomía de la madera con descripciones de especies típicas en Chihuahua. El trabajo realizado tiene inferencia en otros sectores, como la química de la madera y el manejo forestal; sin embargo, es esencial conocer la

¹ Doctora en Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad Autónoma de Chihuahua, MÉXICO. Línea de interés: Investigadores en formación de la Educación Ambiental, cambio climático y sustentabilidad. Correo electrónico: luranga@uach.mx.

² Doctor en Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad Autónoma de Chihuahua, MÉXICO. Línea de interés: Investigadores en formación de la Educación Ambiental, cambio climático y sustentabilidad. Correo electrónico: lcastruita@uach.mx.

³ Doctorado en educación. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad Autónoma de Chihuahua, MÉXICO. Línea de interés: Investigadores en formación de la Educación Ambiental, cambio climático y sustentabilidad. Correo electrónico: vvillar@uach.mx.

⁴ IAWA: International Association of Wood Anatomists.

estructura interna de las especies para generar conocimiento básico sobre el tema y en la formación de una xiloteca estatal.

Palabras clave: Anatomía, edafoclimático, macroscópicas, madera, microscópicas.

Abstract

The objective of this research was to describe the anatomic characteristics of *Pinus arizonica* Engelm, as it is one of the main exploited forest species in Chihuahua state, Mexico, by comparing it to the same species in Durango state. As part of the methodology, a sample was collected at the *Ejido* Samachique, Guachochi municipality, Chihuahua, specifying its macroscopic and microscopic characteristics; for that purpose, the preparation of histological samples was conducted according to the IAWA methodology. Findings showed differences in heartwood and sapwood, tree growth-rings, tracheids, and number of resin canals per mm². All these are the result of edaphoclimatic conditions proper of the place of origin and management that appear both at forest level and at forest plantations level. The lack of information regarding wood anatomy with descriptions of typical species in Chihuahua should be considered. The conducted work has implications in other sectors, such as wood chemistry and forest management. However, it is indispensable to know the species inner structure to produce basic knowledge about the topic and to develop a state xylotheque.

Keywords: anatomy, edaphoclimatic, macroscopic, wood, microscopic.

Introducción

La madera ha sido importante para la humanidad desde el inicio de los tiempos, contribuyendo a cubrir necesidades básicas indispensables, tales como abrigo, combustible, armas, transporte; transformándose en diferentes productos como son la leña, celulosa, pulpa para papel, trozas para triplay, material para aglomerados entre otras (Caraveo, 1982). Esto convierte a la madera en uno de los materiales estructurales básicos importantes; sin embargo, pocas personas tienen conocimiento de su estructura interna, sus propiedades y otros usos potenciales; de ahí la importancia de los estudios anatómicos en madera.

El análisis de la anatomía de la madera tiene por objetivo determinar las características (macroscópicas y microscópicas, propiedades físicas y mecánicas (densidad, peso específico, contracción y contenido de humedad) de las especies forestales, ya que es indispensable conocer la estructura de cada especie para la toma de decisiones industriales, dependiendo el producto final que se deseen obtener (Vignote-Peña y Martínez-Rojas, 2006). Se considera que estos análisis

ayudan a la industria maderera para adoptar estrategias que encaminen el mejoramiento de las características requeridas por el mercado para la comercialización, buscando obtener resultados óptimos que permitan competir a nivel nacional e internacional. Por otro lado, no solo tiene importancia la anatomía a nivel industrial, ya que cada vez son más frecuentes las consultas sobre identificación de maderas a nivel de especie en campos tan diversos como arqueología terrestre y marina, bellas artes, restauración de edificios históricos, comercio nacional e internacional, o el tráfico de especies protegidas (Pérez, 1984; León y Espiniza de Pernía, 2014). Aunque la identificación a nivel de especies es muy compleja, sobre todo en maderas de coníferas por la homogeneidad de su estructura, existen caracteres suficientemente discriminantes que permiten encuadrar una especie en un género o grupos de género muy próximos entre sí, para luego discriminar la especie o grupo de especies con mucha aproximación. Solo un conocimiento exhaustivo de la anatomía de la madera y el uso de base de datos adecuados, aseguran identificaciones rigurosas (García *et al.*, 2003).

Las descripciones de anatomía de la madera son parte importante para el estudio de las especies forestales, porque al conocer las propiedades de esta, se puede saber cómo, en dónde y para qué puede ser utilizada. Además, cada madera posee características distintas; es así como se puede clasificar maderas de acuerdo con las características organolépticas, macroscópicas y microscópicas (Arostegui, 1975).

La información que existe respecto a la descripción anatómica de la especie estudiada (*Pinus arizonica* Engelm), proveniente del Estado de Chihuahua, es escasa. Generalmente los trabajos que describen la anatomía macroscópica y microscópica suelen ser de especies colectadas en los Estados como Durango, Coahuila e incluso del centro del país (Mancera, 1956). La estructura de la madera está relacionada con la naturaleza e intensidad de la influencia de factores tanto intrínsecos (genéticos) como extrínsecos (ambientales), siendo el resultado de los elementos anatómicos que difieren según la especie o el género. Existe cierto grado de variaciones de los caracteres estructurales vinculadas al ambiente, especie, individuos dentro de cada especie y a la posición de la muestra dentro de cada ejemplar (Zobel y Van Buijtenen, 1989).

Debido a que la madera es un material variable en muchos aspectos, su estudio requiere tener en cuenta estas variaciones, humedad, compresión, peso y estructura interna (Pérez, 1987). Es por ello por lo que se eligió a *Pinus arizonica* como una de las principales especies maderables del Estado de Chihuahua, la cual será comparada anatómicamente con una de la misma especie, pero ubicada en el

Estado de Durango, México. Adicionalmente, a la importancia del estudio de la estructura anatómica de la madera, se contribuye en la generación de las primeras preparaciones histológicas y en tablilla que formarán parte de la xiloteca en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Método de investigación

Se trata de un estudio descriptivo y comparativo de las características anatómicas del *Pinus arizonica Engelm* entre los Estados de Chihuahua y Durango, siguiendo la metodología de preparación de muestras histológicas según la IAWA (2017). La investigación se realizó con la especie colectada en el Ejido Samachique, municipio de Guachochi, Chihuahua, localizada a 86.3 km del municipio de Guachochi, y se encuentra en las coordenadas UTM: Longitud: -107.540278, Latitud: 27.301389. La localidad se encuentra a una mediana altura de 2,144 m.s.n.m. Limita al noroeste con el municipio de Batopilas y el municipio de Urique de la Sierra Madre Occidental, que recibe el nombre de Sierra Tarahumara. El Ejido Samachique, consta de 41,700 ha, abarca las rancherías de Basigochi, los Napuchis, La Laja y la Renga (INEGI, 2005).

La colecta del material se realizó en un bosque templado de pino-encino, en el rodal R-10 del área de aprovechamiento del Ejido Samachique en las rancherías de los Napuchis. Fueron seleccionadas cinco muestras con características óptimas como fuste recto, sin plagas ni enfermedades, y representativos de la población. Una vez concluida con la colecta de las muestras en el Ejido de Samachique, la madera fue llevada a la Cd. de Delicias para dejar el material en acondicionamiento bajo cobertizo durante 60 días en el Laboratorio. Dimensionando 5 probetas con las siguientes medidas: 7 X 14 X 1.5 cm., utilizadas para la descripción de las características organolépticas y macroscópicas de la madera, tomando en cuenta: diferencias de color entre albura y duramen, olor, sabor, brillo, hilo, textura y veteado, todo observado a simple vista o con ayuda de una lupa (cuenta hilos 10x). Asimismo, realizando probetas, según lineamientos presentados por Panshin (1980), para la determinación del hilo, en las cuales se midió el color y el brillo con los sistemas de color Munsell. Para el brillo se tomaron tres datos para madera temprana y tres datos para madera tardía, para cada tablilla de madera de albura y madera de duramen.

Para el análisis microscópico, se cortaron cubos de 2.5 X 2.5 X 2.5 cm de los cuadrantes de cada rodaja, obteniendo cortes perfectos de cada uno de los planos de la madera (radial, tangencia y longitudinal). Para los cortes histológicos se

obtuvieron de 10 a 15 cortes típicos en cada uno de los planos (tangenciales, radiales y transversales) de cada cubo de 10 μ de grosor mediante un micrótopo de deslizamiento Microm® HM 450. En las secciones de la madera debe describirse la presencia de punteaduras, traqueidas, identificar los radios, (uniseriados, biseriados o multiseriados), diámetro de lumen, grosor de pared y canales resiníferos.

El procedimiento para la tinción y montaje de cortes histológicos fue el siguiente: para las preparaciones permanentes, primeramente se realizaron los cortes histológicos previamente ablandados para después aplicar 1 o 2 gotas de colorante (safranina alcohólica o azul de metileno) y dejar reposar 5 minutos; enseguida lavados con agua destilada para eliminar el exceso de colorante y después realizando la deshidratación con alcoholes graduales de 50%, 60% 70%, 80%, 96% y absoluto, aplicando dos veces cada porcentaje dejando reposar cada uno durante 3 a 5 minutos para después poner una o dos gotas de etanol, funcionando como fijador y excluyente del agua; finalmente, colocando 2 gotas de resina sintética Entellan® para fijar la preparación; en seguida colocando los portaobjetos en un desecador en vidrio, para observar las características microscópicas de la madera con una laminilla teñida de cada sección sobre un portaobjeto y un cubreobjetos con resina sintética. Buscando que existiera suficiente luz, para poder apreciar las estructuras tales como anillo de crecimiento, madera temprana, madera tardía, radios y traqueidas, de acuerdo con la metodología de la International Association of Wood Anatomists (IAWA, 2004).

Para el etiquetado de las preparaciones de muestras fijas de la especie trabajada, fue necesario que cumplieran con la siguiente información: nombre científico y común de la especie, lugar de procedencia, lugar en el que se encuentra, clave de la xiloteca en donde la simbología que se usa para la identificación de las coníferas es con la letra C (de coníferas) y un número secuenciado, así como nombre de quien elaboró preparación y la fecha. La medición de los elementos se hizo mediante fotografías de las secciones transversal, radial y tangencial con aumentos de 4x, 10x, 40x en un microscopio Carl Zeiss Axiostar Plus y con una cámara Cannon Power Shot A 620.

En las preparaciones de material se realizaron mediciones de longitud de traqueidas, diámetro tangencial, diámetro del lumen y, por la diferencia de estos dos últimos, obteniéndose el grosor de pared celular, utilizando oculares graduados para laboratorio. De los cortes histológicos fueron medidos la longitud, número de células de los radios uniseriados, serie de punteaduras en traqueidas, altura, ancho y radio por mm, canales resiníferos por mm², diámetro de canales

resiníferos, longitud y diámetro de traqueida, diámetro de lumen y grosor de pared. Con un tamaño de muestra de 75 mediciones para cada uno de los elementos mensurables: Traqueida (longitud de traqueida en micras (μm), usando objetivo 10x, diámetro de traqueida, grosor de pared y diámetro de lumen en μm con el objetivo 40x). Serie de punteaduras (número de punteaduras por traqueida, usando el objetivo 10x). Radios (número de radios/mm lineal., altura de radios en μm en corte tangencial, número de células de alto por radio, ancho de radio en μm en corte tangencial con objetivo 10x), canales resiníferos (número de canal resinífero/ mm^2 , usando objetivo 10x sección trasversal, y diámetro del canal resinífero en μm , usando objetivo 40x).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en el estudio se presentan inicialmente con la distribución de la especie en el Estado de Chihuahua y Durango; describiéndose, posteriormente, las características macroscópicas y microscopias; finalizando con las mediciones de los elementos constitutivos. La descripción macroscópica se realizó en forma general, sin tomar en cuenta el árbol, la altura, ni la posición radial.

Esta especie se distribuye dentro del Estado de Chihuahua en los siguientes municipios: Madera, Guachochi, Guadalupe y Calvo, Balleza, Bocoyna, Basaseachi, Batopilas, Urique, Guazapares, Maguarichi, Nonoava, Uruachi, Guerrero, Morelos y, en el Estado de Durango, se distribuye al sur del municipio de Guadalupe y Calvo y Morelos, municipios que colindan con San Dimas, Mesquital, Santiago Papasquiario, Tepehuanes, Guanacevi, San Bernardo, Pueblo Nuevo, Durango, El Salto, Canelas, Tamazula, Pitorreal.

Características macroscópicas: La madera no tiene diferenciado la albura con el duramen. La albura tiene un color blanco (2.5Y 8/4) y el duramen es amarillo (2.5Y 8/4). Presenta un olor y sabor poco resinoso, la transición es gradual, el brillo es bajo en la sección transversal, mientras que en la sección radial y tangencial es medio, la textura es fina y el hilo es recto, anillos de crecimiento de 3 a 7 en 1 cm. Presenta veteado pronunciado y figuras en bandas paralelas en formas de u y v en secciones radiales y tangenciales (Figura 1).



Figura 1. Veteado y color, característica macroscópica de *Pinus arizonica* Engelm.

Características microscópicas: La especie presenta anillos de crecimiento bien diferenciados con madera temprana y tardía en sección transversal (Figura 2 A); se pueden encontrar radios medulares con poca resina, observando en promedio 4 radios con 8 células por mm, con alturas promedio 1,142.4 mm y anchos de 22.4. mm. y canales resiníferos 2.9 mm² con diámetros en promedio de 82.7 μm (Figura 2 C). El patrón radial presenta hileras de traqueidas longitudinales con puntuaciones areoladas sobre paredes radiales uniseriadas de 1,799.3 μm, con diámetros de 115.6 μm (Figura 2 B Y D), el diámetro de lumen en promedio es de 25.1 μm y con un grosor de pared de 4.9 μm (Figura 2 D).

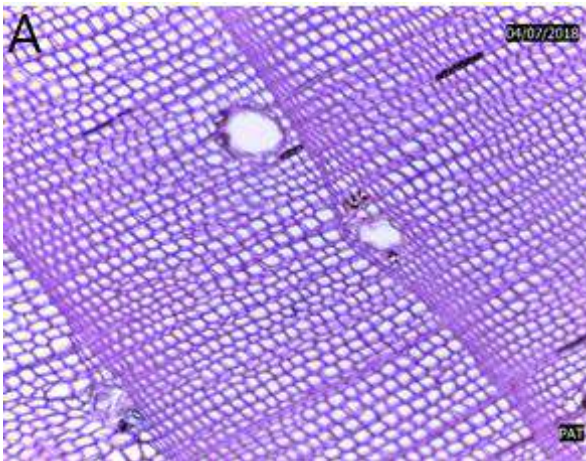


Figura 2A. *Pinus arizonica*, características microscópicas: se puede ver los anillos de crecimiento diferenciado entre la madera temprana con la tardía.

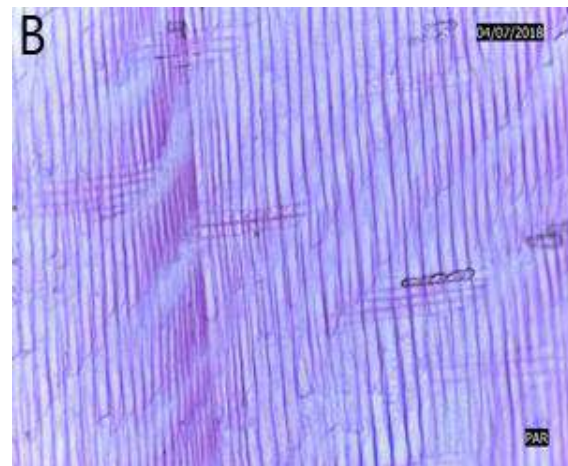


Figura 3 B. *Pinus arizonica* corte radial. características microscópicas: se distinguen traqueidas y punteaduras.

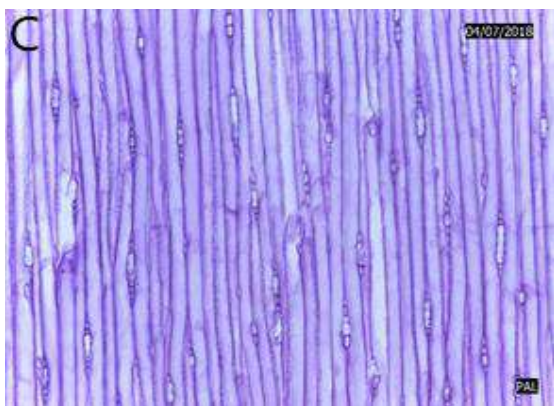


Figura 4C. *Pinus arizonica*. Características microscópicas: se observa hileras de traqueidas longitudinales, así como canales resinífero y radios entre ellas.



Figura 5D. *Pinus arizonica*. Características microscópicas: en la imagen podemos apreciar traqueidas longitudinales con punteaduras en una hilera.

En la Tabla 1 aparecen las mediciones de los elementos estructurales del *Pinus arizonica*, en donde están consideradas las mediciones de longitud de traqueida y el diámetro de traqueida con el ocular 10x, midiéndose en micras (μm); el diámetro de lumen y grosor de pared con objetivo 40x y las unidades fueron μm , contemplando también las series de punteaduras, así como número de células por radio, altura de radio, con objetivo 10x, con los datos obteniéndose en μm ; ancho de radio, con objetivo 40x, sus unidades en μm ; el radio por milímetro (mm) lineal, visto con el objetivo 10x; los canales resiníferos por mm^2 con objetivo 10x y por último se midió el diámetro de los canales resiníferos, con el objetivo 40x y sus unidades son en μm .

Se cuantificó mayor número de anillos de crecimiento en la especie procedente de Chihuahua, sin embargo, no puede discutirse, debido a que, en este trabajo, no se tomó en cuenta la edad del árbol, pudiendo ser un factor importante marcando o no una diferencia; en cuanto al tamaño de la traqueida de la especie, en el Estado de Chihuahua son más cortas que las procedentes de Durango. encontrándose también menor cantidad de canales resiníferos por mm^2 en la especie de Chihuahua que en la de Durango.

Tabla 1. Dimensiones de mediciones de elementos estructurales de *Pinus arizonica*.

<i>Pinus arizonica</i>	Longitud de traqueida 10x* (µm)*	Diámetro de traqueida 10x (µm)	Diámetro de lumen 40x* (µm)	Grosor de pared 40x (µm)	Serie de punteadura en las traqueidas	Número de células de radio (µm)	Altura de radio 10x (µm)	Ancho de radio 40x (µm)	radio por mm 10x	Canales resiníferos por mm ² 10x	Diámetro de canales resiníferos 40x (µm)
MINIMOS	510.0	61.2	12.5	2.5	filas de una serie	3.0	510.0	12.5	2.0	1.0	50.0
MAXIMOS	3672.0	204.0	37.5	10.0		16.0	2142.0	300.0	7.0	7.0	125.0
PROMEDIO	1799.3	115.6	25.1	4.9		8.1	1142.4	22.4	4.3	2.9	82.7
MODA	1428.0	102.0	25.0	5.0		7.0	1020.0	20.0	4.0	3.0	75.0
D.ESTANDAR	804.5	32.5	6.3	2.2		2.6	362.4	32.8	1.2	1.1	20.9

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2, se observan las diferencias anatómicas macroscópicas y microscópicas de *Pinus arizonica*, en donde al considerar las descripciones de De la Paz y Davalos (2016), se confirma que existe diferencias de la especie por su lugar de procedencia. Estas diferencias son marcadas en cuanto a la madera de albura y duramen.

Tabla 2. Diferencias anatómicas macroscópicas y microscópicas de *Pinus arizonica*

Características anatómicas	Estados	
	Chihuahua	Durango
Albura y Duramen	No presenta diferencia	Presenta diferencia
Color	Albura blanco	Albura es de color blanco rosado
	Duramen es de color amarillento	Duramen amarillo rojizo
Brillo	Es bajo en la sección transversal, mientras que en la sección radial y tangencial es medio	Bajo en las sección transversal y mediano en los planos tangencial y radial
Anillos de crecimiento	Bien diferenciados entre madera temprana y tardía de 3 a 7 en 1.0 cm	Bien diferenciados entre madera temprana y tardía de 1 a 4 en 1.0 cm.
Traqueidas	Son cortas, de diámetro mediano y pared delgada en la madera temprana y de diámetro fino y pared mediana en la tardía, ambas con una hiera de puntaciones aeroladas y de una puntuación	Son largas, de diámetro mediano y pared delgada en la madera temprana y de diámetro fino y pared mediana en la tardía, ambas con una hiera de puntaciones aeroladas y ocasionalmente entremezcladas de dos puntuaciones
Punteaduras	Son de campos de cruce, pinoides areoladas, generalmente de 4 por campo.	Son de campos de cruce, pinoides areoladas, generalmente de 4 por campo.
Radio	Poco números y bajos, los radios sin canal más bajos que los radios con canal	Poco números y bajos, los radios sin canal más bajos que los radios con canal
Canales resiníferos	Pocos de 1 a 7 por mm ² en 1.5 cm, su diámetro tangencial es mediano presentes en la madera temprana y ocasionales en la madera tarida principalmente en la parte media de la madera temprana.	Pocos de 7 a 10 por mm ² en 1.5 cm, su diámetro tangencial es mediano presentes en la madera temprana y ocasionales en la madera tarida principalmente en la parte media de la madera temprana.

Fuente: Elaboración propia para la información del Estado de Chihuahua. Tomado de De la Paz y Dávalos (2016) para el Estado de Durango.

Conclusiones

El estudio de la especie de coníferas recolectada en sitios diferentes del Ejido de Samachique, del Estado de Chihuahua, proporciona información real de las características anatómicas, tanto a nivel macroscópico como microscópico, permitiendo notar diferencias en algunos elementos estructurales comparados con los de la misma especie procedentes del Estado de Durango. Estas diferencias anatómicas se deben a la calidad de sitio y manejo silvícola brindada al bosque o a las plantaciones, ya que estos influyen positiva o negativamente en cuanto a la productividad, velocidad de crecimiento y estructura anatómica de las especies aquí estudiadas, sin olvidar que existen variables alométricas intrínsecas o correlacionadas con la calidad de sitio, las cuales repercuten en dicha calidad en madera y finalmente con su destino industrial y económico.

Esta descripción anatómica y preparación de muestras de la especie permitieron su completa identificación, generando nuevo material hacia la investigación en especies de maderas de coníferas, no se reportan estudios con descripciones anatómicas de esta especie, propias del Estado. Toda descripción de especies denominadas del norte del país generalmente proviene de los bosques y plantaciones de Durango, como de algunos Estados del centro del país o resto de la república donde se distribuyen las mismas, pero no se encontraron descripciones previas propias con especies provenientes de Chihuahua.

Además, contribuye con la generación de capital humano, y material didáctico para el acervo de la nueva Xiloteca en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua. La recomendación es realizar estudios de descripciones anatómicas en la Sierra Madre Occidental del Estado de Chihuahua para ampliar y complementar la información referente a las especies nativas del Estado, garantizando una correcta identificación y clasificación de las especies; la protección de las que estén en peligro de extinción, considerando proyectos de reproducción in vitro o genética para la conservación de las mismas, así como realizando estudios, abordando aspectos de propiedades físico-mecánico.

Referencias

- Arostegui, A. (1975). *Estudio tecnológico de la madera del Perú. Zona Pucallpa*. Lima, Perú: UNA.
- Caraveo, A. (1982). *La madera aserrada*. Chihuahua: Centro Librero La Prensa S.A. de C.V.

- De la Paz, P. O. C., and Davalos, S. R. (2016). Anatomical characteristics of the wood of six Pinus (Pinaceae) species of the state of Durango, México. *Madera Bosques*, 113-132.
- García, E., Palacios de Palacios, L., Guindeo Casaús, P., y Peraza Oramas , A. (2003). *La madera y su anatomía. Anomalías y defectos. Estructura microscópica de coníferas y frondosas. Identificación de maderas*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- IAWA. (2004). *International Association of Wood Anatomist*. Obtenido de IAWA List of icroscopic features: <https://bit.ly/3dBhmAi>
- IAWA. (2017). *International Association of Wood Anatomist*. Obtenido de Multilingual Glossary of Terms Used in Wood Anatomy (1964) is available on the web: <https://bit.ly/3aqXmP3>
- INEGI. (2005). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de nuestro-méxico.com: <https://bit.ly/3xehehR>
- Leon, W., y Espiniza De Pernía, N. (2014). Anatomía de la Madera. *Pittieria*, 1-267.
- Mancera, V. (1956). Contribución al conocimiento de la antomía microscópica de algunas especies de pinos mexicanos. *Instituto de investigaciones Forestales*.
- Panshin, A., y De Zeeuw, C. (1980). *Textbook of Wood Technology: Structure, Identification, Properties, and Uses of the Commercial Woods of the United States and Canada*. USA: MacGraw-Hill.
- Pérez, A. (1978). *Manua de Construcción en madera*. Chile: Instituto Forestal.
- Pérez, A. (1984). *Estudio de las propiedades físicas y sus variaciones*. Iquitos Perú: Universidad Nacional de Amazonia Peruana.
- Vignote-Peña , S., y Martinez-Rojas, I. (2006). *Tecnología de la madera*. Madrid Barcelona, España: Mundi-Prensa.
- Zobel, B., and Van Buijtenen, J. (1989). Wood variation its causes and control. *Springer*, 355.

Efecto de hongos micorrízicos arbusculares en crecimiento de plantas de café en condiciones de invernadero

Effect of arbuscular mycorrhizal fungi in coffee plants growth under greenhouse conditions

María Fernanda Juárez García¹, Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar², Gabriel Rincón Enríquez³

Resumen

El cultivo de café se ha visto afectado por fitopatógenos que con el paso del tiempo han adquirido y desarrollado nuevos mecanismos para provocar enfermedades, como es la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*); la cual es un agente que causa daños importantes en la producción de café. Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos rizósfericos de las plantas, benéficos en su crecimiento y desarrollo, nutrición y bajo estrés biótico. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de los HMA en el desarrollo vegetal en cultivo de café bajo condiciones de invernadero. Se cultivaron dos variedades de café con presencia de cinco diferentes consorcios de HMA durante 18 meses, se evaluó el efecto de los HMA sobre variables de crecimiento. Los resultados mostraron un incremento significativo ($P \leq 0.05$, Tukey) del progreso vegetal del 40 %, con respecto a las unidades experimentales sin HMA (altura de planta). Además, se observó que en los cultivos susceptibles a roya los HMA mostraron un menor efecto en comparación con las resistentes. Estos resultados sugieren que los HMA pueden mejorar al cultivo

¹ Estudiante de maestría en Innovación Biotecnológica. Laboratorio de Fitopatología. Unidad de Biotecnología Vegetal. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ). México. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-8788-451X>. Correo electrónico: majuarez_al@ciatej.edu.mx

² Investigadora del Laboratorio de Fitopatología. Unidad de Biotecnología Vegetal. CIATEJ. México. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-7384-0532>. Correo electrónico: equinones@ciatej.mx

³ Investigador del Laboratorio de Fitopatología. Unidad de Biotecnología Vegetal. CIATEJ. México. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-7594-6077>. Correo electrónico: grincon@ciatej.mx

de café tanto en variedades susceptibles como resistentes a la roya.

Palabras clave: Biofertilizantes, cultivo de café, nutrición vegetal, variables de crecimiento.

Abstract

Coffee cultures have been affected by phytopathogens that, over time, have acquired and developed new mechanisms to trigger diseases, such as coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*), which is a highly damaging agent to coffee production. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are plant's rhizospheric microorganisms that are beneficial for its growth and development, as well as for its nutrition and low biotic stress. The objective of this research was to assess the effect of AMF in plant development of coffee cultures under greenhouse conditions. Two coffee varieties were cultivated with five different AMF consortia for 18 months, and the effect of AMF on growth variables was assessed. Results showed a significant increase ($P \leq 0.05$, Tukey) on plant progress of 40 %, with regards to AMF-free experimental units (plant height). In addition, it was observed that AMF showed a lower effect in cultures susceptible to leaf rust in comparison to resistant ones. These results suggest that AMF can improve coffee cultivation both in susceptible and resistant to leaf rust varieties.

Keywords: Biofertilizers, coffee culture, plant nutrition, growth variables.

Introducción

El cultivo de café es nativo de los bosques pluviales de Etiopía, Mozambique y Angola, de donde fue exportado a Arabia y finalmente a Europa a finales del siglo XVI (CEFP, 2001). El cultivo del café en América comenzó a partir del 1720, después que los holandeses y franceses, introdujeran las semillas en sus respectivas colonias, y de ahí se diseminó el cultivo al resto del continente (CEFP, 2001). Aunque el café provenga del este de África, tiene una gran importancia comercial en América (Colombia, Brasil y Costa Rica) y en Vietnam del continente asiático. El café es considerado como una de las materias primas más importantes, por lo que se le da seguimiento en la economía mundial. Debido al valor que representa, el café es uno de los principales productos agrícolas, con un peso importante en el comercio mundial, llegando a generar ingresos anuales superiores a los 15 mil millones de dólares en los países exportadores, y es fuente de ocupación directa e indirecta de poco más de 20 millones de personas dedicadas al cultivo, transformación, procesamiento y comercialización del producto en todo el mundo (CEFP, 2001).

En México, la cafecultura posee un alto valor económico y social, además la

actividad desempeña un papel ambiental importante, ya que su producción se da bajo sistemas que mantienen una cubierta vegetal casi permanente sobre el suelo, reduciendo así problemas de erosión. Por la combinación de los beneficios económicos, sociales y ambientales que genera el cultivo del café, es necesario que los agentes involucrados en el sector promuevan los incentivos necesarios para apoyar la competitividad y crecimiento económico del grano. El café se produce sobre una superficie de 761 mil hectáreas en doce estados de la república mexicana, situados en la parte centro-sur del país. Estos son: Colima, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP, 2016).

Las plantas de café son arbustos perennes, tiene una altura promedio oscila 5 y 6 metros, un diámetro de 15 centímetros en su tallo, sus hojas son simples, opuestas, oblongas y acuminadas de color verde oscuro brillante con pecíolos cortos. Sus pequeñas flores se agrupan en forma de ramilletes y nacen de las axilas de las hojas, de color blanco. Sus frutos son bayas de forma redondeada, color verde en su estado juvenil y al madurar cambian hacia tonos rojizos, cada uno contiene al menos 2 semillas (Juárez-García, 2019). Debido a las necesidades para un crecimiento óptimo en los cultivos de café se han presentado trabajos con micorrizas, es decir, microorganismos benéficos y naturales del suelo asociados con la raíz de las plantas. Esta simbiosis propicia en la planta una mejor absorción y asimilación de nutrimentos (especialmente el fósforo) (Rivillas, 2003). Se ha llegado a denominar biofertilizante a este conjunto de hongos, pero llega a ser confuso, en un sentido estricto la micorriza no es un fertilizante sino un promotor del ciclo de los nutrientes (Andrade-Torres, 2010).

A los hongos micorrízicos arbusculares, se les ha clasificado como endomicorriza y también como vesículo-arbuscular. Su principal característica es la estructura denominada arbusculo, la cual se origina cerca del cilindro vascular de la planta mediante numerosas ramificaciones dicotómicas sucesivas de una hifa y tiene la función de transferir nutrimentos desde y hacia la planta. La segunda estructura es llamada vesícula, y puede o no estar presente, dependiendo de la especie del hongo. Esta estructura es de forma ovalada a esférica; puede formarse entre o dentro de las células radicales y funciona como almacén de nutrimentos (Andrade-Torres, 2010).

Se le ha dado gran importancia a la micorriza arbuscular en la agricultura debido a

que da una mejor promoción en el desarrollo y provee un aumento en la producción de especies de leguminosas, cítricos, papaya, aguacate, manzana, mango, fresa y durazno, entre otros (Andrade-Torres, 2010). Los hongos micorrízicos generan mayor asimilación de nutrientes, así como mejor absorción. La colonización de estos hongos en la raíz se lleva a cabo en tres etapas: colonización (pre-colonización, penetración y colonización intra-radical), desarrollo del micelio externo (esporulación del hongo) y recolonización (Andrade-Torres, 2010). La precolonización se asocia con actividad de esporas, raíces colonizadas en el suelo y que van circulando en la raíz. La penetración corresponde a la formación de un abultamiento en el contacto con la superficie de la raíz (Andrade-Torres, 2010). Cada espora provee un punto de entrada, mientras que un segmento de esta misma es colonizado, puede eventualmente originar más de uno. La colonización dentro de la raíz se da a cabo por el crecimiento de hifas que son aceptadas por el hongo, el cual genera su extensión entre células y generan estructuras llamadas arbusculos y vesículas.

Las investigaciones sobre hongos micorrízicos arbusculares en café demuestran el alto grado de micotrofia y su asociación con estos hongos (Sieverding y Toro, 1987; Cruz, Sánchez y Sieverding, 1989; Rivillas, 1995; Rivillas y Dodd, 1996; Sánchez, 1999; Bolaños, Rivillas y Suárez, 2000). Esta asociación da un beneficio a la planta no sólo en su crecimiento y desarrollo, nutrición y mayor sobrevivencia a condiciones de estrés, sino que pueden también controlar patógenos radicales individualmente o interactuando con otros microorganismos. Parra y colaboradores (1990) y Rivillas (1995) indican que en café (*Coffea arabica*) el efecto de los HMA sobre el crecimiento de las plantas se hace notorio, a partir de los tres meses después de la inoculación.

La producción de café orgánico está asociada a la agricultura sostenible y a la utilización de simbiosis como la micorrízica, que ofrece protección y desarrollo a las plantas de cafeto. Por tanto, en la caficultura sostenible, los HMA son parte de un factor de alta importancia ya que no sólo influye de manera positiva en la productividad vegetal, sino que también beneficia al medio ambiente, especialmente cuando se asocian estos hongos con otros microorganismos del suelo (bacterias diazotróficas de vida libre, actinomicetos, etc.) en interacciones similares a las encontradas en agroecosistemas no perturbados. Por lo cual, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares sobre el crecimiento vegetal de variedades resistentes y susceptibles a la roya en plantas de café bajo condiciones de invernadero.

Materiales y método

Material vegetal de Coffea arabica y hongos micorrízicos arbusculares (HMA)

Para el montaje del experimento se utilizaron dos variedades de *Coffea arabica* desde semilla, las cuales fueron, una variedad resistente a roya: Oro Azteca y otra susceptible: Caturra, provenientes del estado de Chiapas. Cada una de las plántulas fue inoculada con cuatro diferentes consorcios de hongos micorrízicos arbusculares: *Funeliformis mosseae* (Fm), Cerro del Metate (CM), Las Campesinas (CAM) y *Rhizophagus intraradices* (Ri), incluyendo además un tratamiento sin micorriza (Sin HMA) como control. Se eligieron éstos por resultados obtenidos en estudios anteriores, donde se observó un mejor desarrollo de la planta con estos hongos micorrízicos arbusculares. El sustrato utilizado fue esterilizado antes de montar el experimento, las macetas fueron regadas 2 veces por semana y la evaluación de desarrollo vegetal se realizó cada mes.

Diseño experimental para evaluación de HMA en cultivo de café bajo condiciones de invernadero

El experimento se realizó en el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) bajo condiciones de invernadero, con un diseño completamente al azar en un arreglo de tratamientos bifactorial: Factor variedades de café: susceptibles y resistencia a la roya del café; y Factor HMA con 5 niveles: Fm, CM, CAM, Ri y Sin HMA. La combinación formó 10 tratamientos y se realizaron 10 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental (UE) fue una maceta de 5 kg de sustrato con una planta de café. Se inocularon 100 esporas de HMA por UE. El sustrato empleado en el experimento fue una mezcla de suelo: arena: agrolita (60:30:10; v/v/v) esterilizado en autoclave (120°C , 1.05 kg cm^{-2} , 6 h). Las plantas fueron mantenidas en condiciones de invernadero con control de humedad, mediante uso de aspersor automático y bajo temperatura variable, sujeta a condiciones climáticas.

Variables de respuesta evaluadas en el experimento

Las variables de respuesta medidas para evaluar el crecimiento de la planta fueron: diámetro de tallo, altura de planta y número de hojas. La cuantificación de estas variables se realizó a los 10 meses después de establecido el experimento.

Análisis estadístico de datos

Los datos de las variables de respuesta fueron tratados mediante un análisis de varianza multifactorial y mediante una comparación múltiple de medias Tukey, ambos a un nivel de significancia del 5 % ($P \leq 0.05$). Estos análisis fueron realizados con el programa estadístico Statgraphics® Centurion XV versión 15.2.06 (StatPoint, 2005).

Resultados

Crecimiento de plantas de café por efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA)

En los resultados del análisis estadístico (figura 1) se pueden observar dos aspectos: 1) los HMA tienen un efecto positivo significativo en la altura de planta respecto a las plantas sin micorriza (sin HMA); 2). Tanto en la variedad resistente a la roya como en la susceptible se observa que algunos de los inóculos de HMA tienen un efecto significativamente superior respecto a las plantas sin HMA. Por ejemplo, para la variedad resistente se observa que CM muestra una mayor altura significativa para plantas sin HMA, mientras que para la variedad susceptible el inóculo *F. mosseae* también mostró el mismo resultado.

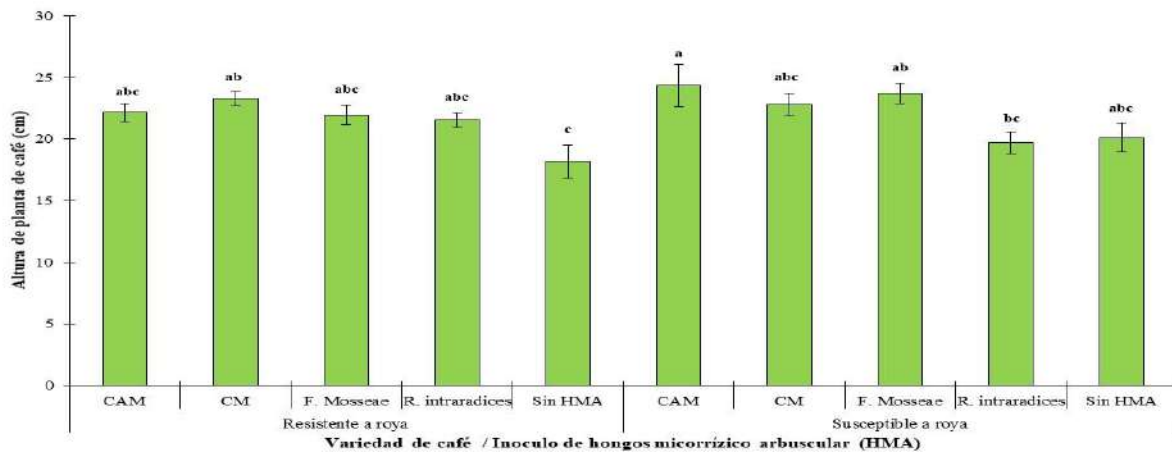


Figura 1. Efecto de inóculos de los hongos micorrízicos arbusculares sobre la altura de planta de café resistentes o susceptibles a roya a los 10 meses después de establecido el experimento. Letras distintas indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Las barras indican \pm el error estándar. **Fuente:** Elaboración propia.

Esto sugiere que los HMA pueden influir en el crecimiento de plantas de café; sin embargo, este efecto está en función de la especie del hongo micorrízico y la variedad de esta misma (resistente o susceptible a la roya del café). Andrade-Torres (2010), menciona que las micorrizas son capaces de promover el desarrollo,

producción y crecimiento de las plantas proporcionándoles un “almacén” de nutrientes, siendo así los consorcios de hongos micorrízicos arbusculares utilizados en este trabajo; los cuales actúan como promotores de crecimiento vegetal. Además, resulta importante indicar que algunos de los inóculos micorrízicos resultan sin efectos benéficos sobre el crecimiento vegetal.

Con respecto al análisis estadístico de los factores de estudio, es decir, para la variedad de café e inóculo de HMA por separado, se puede observar que en la variable de respuesta altura de planta no se presentan diferencias significativas entre variedades de café (Figura 2). Sin embargo, cuando se evalúan los distintos inóculos de HMA se observa una diferencia significativa en el control sin HMA pudiendo constatar que las micorrizas influyen directamente en el crecimiento de la planta, además que entre los consorcios CAM, CM, Fm y Ri no hay diferencia significativa, pero si se observaron diferencias con respecto a los tratamientos sin HMA

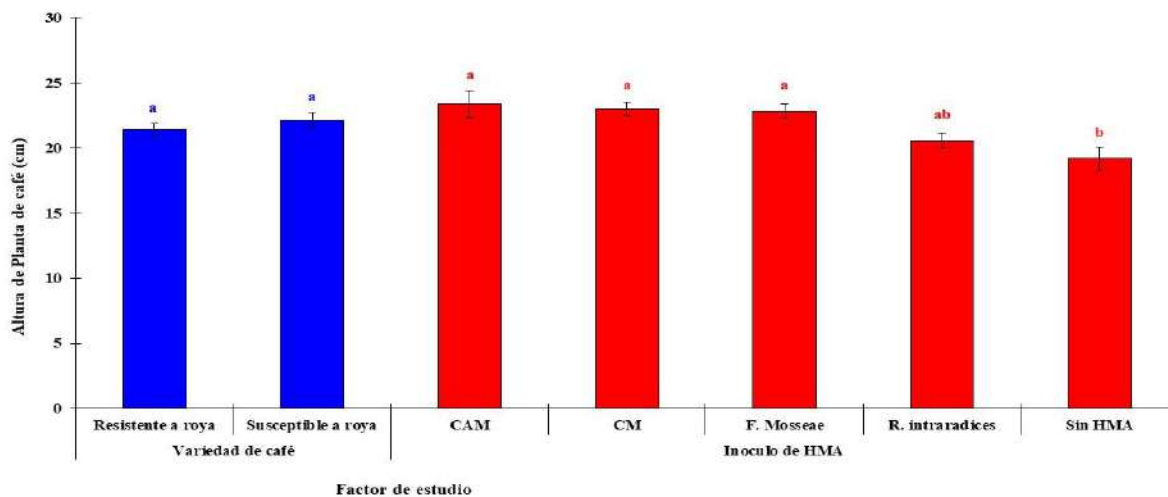


Figura 2. Efecto de inóculos de los hongos micorrízicos arbusculares y variedad de café sobre la altura de planta. Letras distintas indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) en cada factor de estudio (correspondientes a cada color). Las barras indican \pm el error estándar. **Fuente:** Elaboración propia.

A continuación, se presentan las gráficas con los resultados obtenidos para la variable de respuesta: diámetro de tallo (Figuras 3 y 4). Nuevamente se observa que el consorcio CM resultó ser significativamente superior en la variedad resistente a roya, en lo que respecta a los inóculos Fm y Ri fueron iguales a CM, pero con un menor efecto significativo para CAM y el control sin micorriza. Un resultado interesante se observa en la variedad susceptible, entre los consorcios CAM y CM no se obtuvo diferencia significativa; sin embargo, para Ri y el control sin micorriza

se observa casi el mismo resultado, lo cual sugiere que este inóculo de micorriza no tiene un efecto directo en la variable de diámetro de tallo, mientras para los inóculos Fm, CAM y CM fueron significativamente iguales. Como ya se mencionó, se ha comprobado en estudios anteriores que las micorrizas tienen una buena interacción simbiótica con las plantas de café, siendo interesante hasta qué punto o qué consorcios son los adecuados para la promoción de este crecimiento; dado que hay algunos inóculos con mayor o menor efecto sobre el diámetro del tallo de las plantas de café (Figura 3).

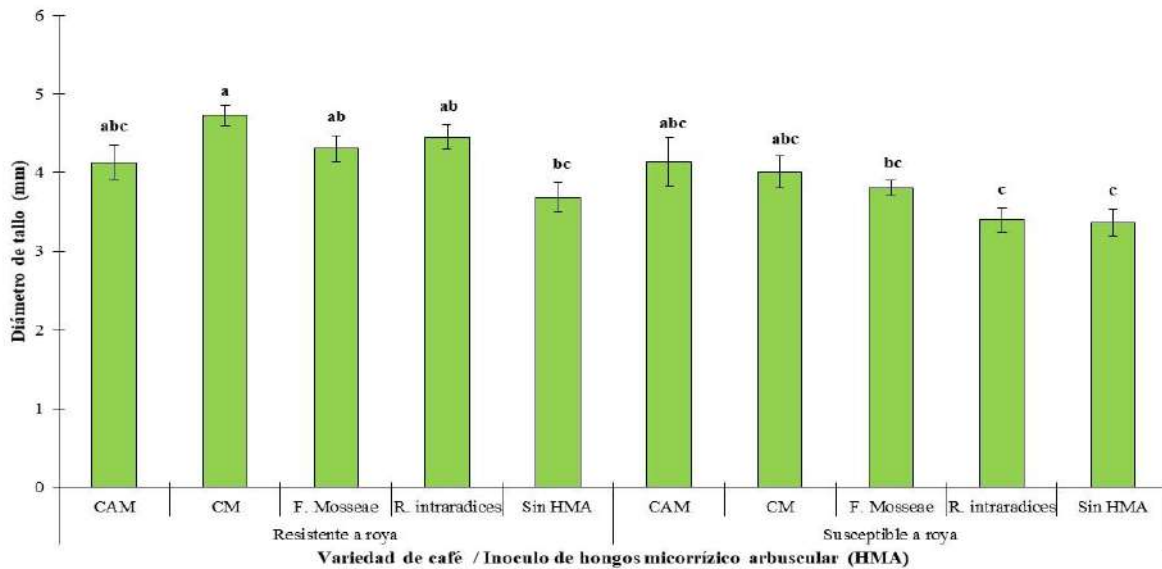


Figura 3. Efecto de inóculos de los hongos micorrizicos arbusculares sobre el diámetro de tallo de plantas de café resistentes o susceptibles a roya a los 10 meses después de establecido el experimento bajo condiciones de invernadero. Letras distintas indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Las barras indican \pm el error estándar.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el análisis de la variedad de café y el inóculo de micorriza por separado, se observa que hay diferencia estadística significativa para las variedades de café. Por otra parte, analizando el efecto de los inóculos por separado, se observa un resultado similar al presentado en la Figura 3: entre los inóculos de HMA: CAM, CM y Fm no hay diferencia estadística significativa, lo que significa que cada uno de ellos influye de manera similar en el desarrollo de la planta.

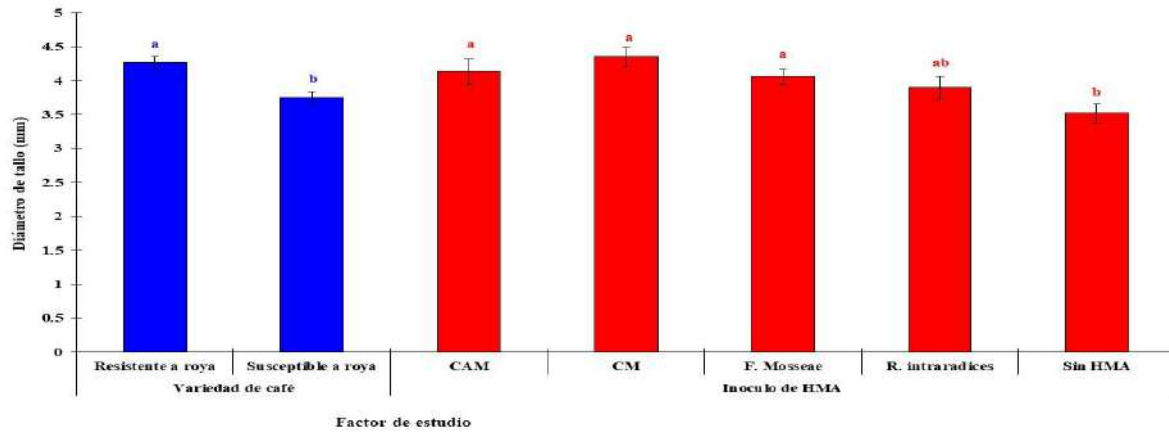


Figura 4. Efecto de los inóculos de hongos micorrízicos arbusculares y variedad de café en el diámetro de tallo de café a los 10 meses después de establecido el experimento bajo condiciones de invernadero. Letras distintas indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) en cada factor de estudio (correspondientes a cada color). Las barras indican \pm el error estándar. **Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente, en la Figura 5 se observa el efecto de los inóculos de HMA en relación con las variedades de café para la variable de respuesta de número de hojas. En la variedad resistente y susceptible de planta de café se observa que no hubo diferencia significativa para ninguno de los consorcios de HMA e incluso para el control sin micorriza.

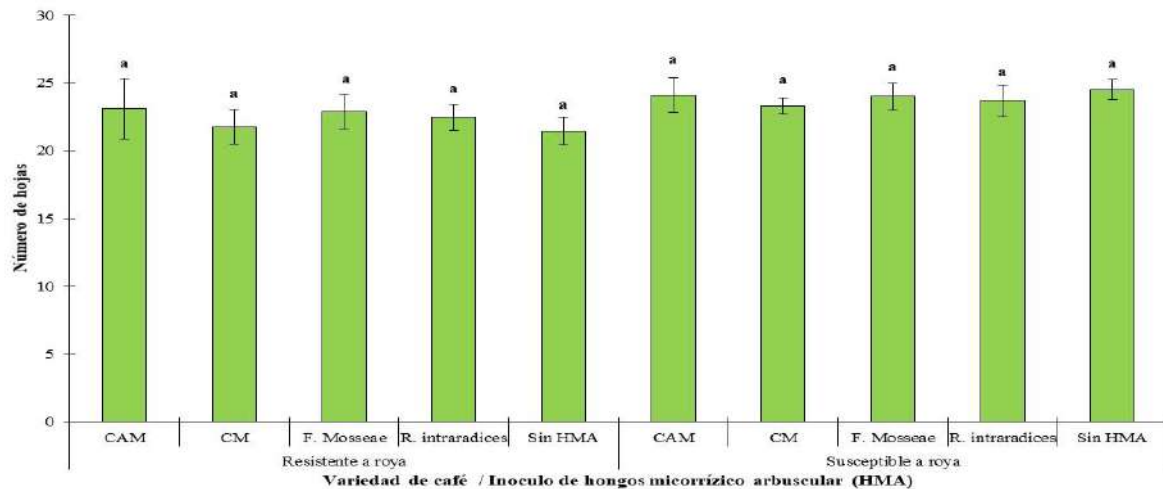


Figura 5. Efecto de los inóculos de hongos micorrízicos arbusculares sobre el número de hojas en plantas de café resistentes o susceptibles a roya a los 10 meses después de establecido el experimento bajo condiciones de invernadero. Letras distintas indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Las barras indican \pm el error estándar.

Fuente: Elaboración propia.

Lo cual sugiere que los inóculos de hongos micorrízicos arbusculares no influyen en el desarrollo de hojas en las plantas de café, sino que más bien, este resultado tiene sentido biológico dado que las micorrizas se relacionan directamente con las raíces de la planta, como se ha reportado en estudios anteriores (Sieverding y Toro, 1987; Cruz, Sánchez y Sieverding, 1989; Rivillas, 1995; Rivillas y Dodd, 1996; Sánchez, 1999; Bolaños, Rivillas y Suárez, 2000). De modo que cobra importancia en el desarrollo de las variables, tal como altura de planta y diámetro de tallo, las cuales depende directamente del nutrimento de la raíz.

Cuando se realiza el análisis por factor de estudio, se observa que para las variedades de café son estadísticamente diferentes, siendo la variedad susceptible la más influenciada en el crecimiento por promoción de micorrizas. Sin embargo, cuando se evalúan los consorcios, se observa que no hay diferencia estadística significativa entre los inóculos de los HMA y sin aplicación de las micorrizas (Figura 6).

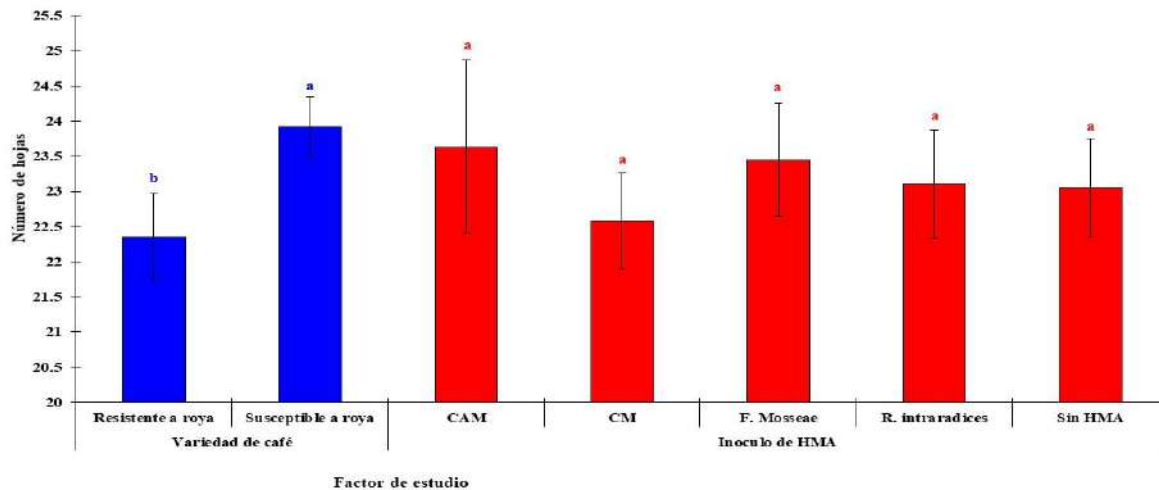


Figura 6. Efecto de inóculos de los hongos micorrízicos arbusculares y variedad de café en el número de hojas de café a los 10 meses después de establecido el experimento bajo condiciones de invernadero. Letras distintas indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) en cada factor de estudio (correspondientes a cada color). Las barras indican \pm el error estándar. **Fuente:** Elaboración propia.

El promedio de los datos de las variables de crecimiento altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas están representados en las figuras anteriores. Se puede observar que cuando el consorcio de micorriza está presente en la planta, la variedad resistente a la roya da una mejor respuesta en comparación con la variedad susceptible. Se podría inferir que el uso de micorrizas se acopla con facilidad en la variedad resistente a la enfermedad, por lo cual el efecto de las micorrizas es significativamente mayor. Finalmente, cabe mencionar que se ve una

diferencia en la etapa final de la evaluación y seguimiento del efecto de las micorrizas, debido a que el crecimiento se ve aún más favorecido para las plantas inoculadas con HMA en comparación con las no inoculadas con HMA.

Conclusiones

Los resultados indican que las micorrizas influyen directamente en el crecimiento de la planta. Su aplicación en cultivos de café benefició positivamente y este efecto podría estar relacionado directamente con la resistencia a la roya del café. La metodología empleada fue de utilidad. El diseño experimental permitió realizar una evaluación directa del efecto de las micorrizas en el cultivo de café bajo condiciones de invernadero. Como perspectiva se puede investigar el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares sobre la interacción con microorganismos fitopatógenos, como la roya del café.

Agradecimientos

Este proyecto fue realizado con apoyo de proyectos del Laboratorio de Fitopatología del CIATEJ. F. Juárez García agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para sus estudios de maestría.

Referencias

- Andrade-Torres, A. (2010). Micorrizas: antigua interacción entre plantas y hongos. *Revista Ciencia*. Recuperado de: <https://cutt.ly/dlPfk5>
- Bolaños, M. M., Rivillas O. C. A., y Suárez Y. S. (2000) Identificación de micorrizas arbusculares en sucios de la zona cafetera Colombiana. *Cenicafé*, 51(4), 245-262. Recuperado de: <https://cutt.ly/OlPfl5l>
- CEFP (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas). (2001). El mercado del café en México. Palacio Legislativo de San Lázaro D.F. Recuperado de: <https://cutt.ly/flPfnvb>
- Cruz, S., J. C., Sánchez D. M., y Sieverding, E. (1989). Estudio de la simbiosis micorrizavesículo arbuscular (M.V.A) en el cultivo del café *Coffea arabica* L var. Canina. *Fitopatología Colombiana*, 13 (2), 56-60. doi: 10.21640/ns.v11i22.1642
- Juárez-García, M. F. (2019). Caracterización molecular de cepas de roya del café (*Hemileia vastatrix*) provenientes de regiones productoras de Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Veracruz. Tesis de licenciatura Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.

- Parra, L. M., Sánchez D. M., y Sieverding, E. (1990). Efecto de micorriza vesículo-arbuscular en café *Coffea arabica* L. var. Colombia en almácigo. *Acta Agronómica*, 40(1-2), 88-99. Recuperado de: <https://cutt.ly/LlPkFSt>
- Rivillas, O. C. A. (2003) Las micorrizas arbusculares en el cultivo de café. Enfermedades del cafeto en Colombia. Biblioteca CENICAFE. Recuperado de: <https://cutt.ly/0lPnaNr>
- Rivillas, O. C. A. (1995). The effects of arbuscular mycorrhizal fungi on two different coffee varieties from Colombia and their biochemical detection in roots. Kent, University of Kent. Research School of Biosciences, (Tesis: Magister of Science). 88 p. Recuperado de: <https://cutt.ly/elPnK1>
- Rivillas, O., C. A., y Dodd, J. C. (1996). The role and biochemical detection of arbuscular mycorrhizal fungus in different coffee varieties from Colombia. *In: Mycorrhizas in integrated systems from genes to plant development*. Bruselas, European Commission, p. 47-50. Dirección de página web: <https://cutt.ly/GlPnv7l>
- Sánchez, P. M. (1999). Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos. Palmira, Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ciencias Básicas. 227 p. Dirección de página web: <https://cutt.ly/8lPh69E>
- Sieverding, E., y Toro, S. (1987). Growth of coffee and tea planta nurseries inoculated with different VAM fungal species. *In: Mycorrhizae in the next decade. Practic application and research priorities*. Gainesville, University of Florida. p. 58. Dirección de página web: <https://cutt.ly/vlPnRLm>
- SIAP. (2016). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola en México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Dirección de página web: <http://www.siap.gob.mx>.
- StatPoint, Inc. (2005). StatGraphics Centurion XV version 15.02.06. Warrenton, Virginia, USA. Dirección de página web: www.statgraphics.com

Identificación de los puntos críticos del Área Natural Protegida San Bernabé Ocoatepec

Identification of critical points in the Natural Protected Area San Bernabé Ocoatepec

Blanca Estelina Morales Ríos¹, Beatriz Adriana Silva Torres², Juan Gabriel Rivera Martínez³

Resumen

Para los sistemas sustentables son importantes el enfoque de gestión adaptable y el papel que juega la resiliencia en la conexión con la diversidad biológica. Por tanto, el objetivo de esta investigación es identificar los puntos críticos para evaluar la resiliencia de la Reserva San Bernabé Ocoatepec, México, como sistema socioecológico (SSE), bajo el marco de sustentabilidad y sistemas de gestión ambiental (SGA). En esta Área Natural Protegida (ANP), ubicada en la alcaldía Magdalena Contreras en la Ciudad de México, se realizó una búsqueda bibliográfica de las características bióticas, abióticas y legales, visitas prospectivas y entrevistas a los actores sociales estratégicos. Después fue delimitada el área como SSE, efectuándose los análisis de PESTEL⁴ y FODA⁵. Como resultados se identificaron las principales necesidades, fortalezas y debilidades que determinaron los puntos críticos preliminares del estado funcional, capacidad de adaptación y de respuesta del ANP, agrupados en las dimensiones ambiental, social, económica e institucional. En conclusión, la integración de diferentes percepciones y enfoques (sustentabilidad, SGA y resiliencia) y la interacción con los actores estratégicos

¹Candidato a doctor en Energía y Medio Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa. MÉXICO. Línea de interés: Investigadores en formación de la Educación ambiental, Cambio Climático y Sustentabilidad. Correo electrónico: blancamorales.r90@gmail.com

²Doctora. Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa. MÉXICO. Correo electrónico: best@xanum.uam.mx

³Doctor. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. MÉXICO. Correo electrónico: rmjg@xanum.uam.mx

⁴Análisis de características Políticas, Económicas, Sociales, Tecnológicas, Ecológicas y Legales de una organización (PESTEL).

⁵Herramienta que se utiliza para analizar Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA).

permitió identificar los puntos críticos preliminares (como comunicación insuficiente) que ayudarán a establecer los criterios e indicadores para evaluar la resiliencia del ANP.

Palabras clave: Resiliencia, sistemas de gestión ambiental, sistemas socioecológicos, sustentabilidad.

Abstract

The adaptable management approach and the role resilience plays in connection with biological diversity are important for sustainable systems. Thus, the objective of this research is to identify the critical points to assess resilience at the Reserve San Bernabé Ocoatepec, Mexico, as a socio-ecological system (SES), within the sustainability and environmental management system (EMS) framework. In this Natural Protected Area (NPA), located in Magdalena Contreras borough, in Mexico City, literature research regarding biotic, abiotic, and legal characteristics, was conducted; also, prospective visits and interviews to strategic social actors were carried out. Then, the area was delimited as SES, and PESTEL and SWOT analysis were performed. One of the results was the identification of the main needs, strengths, and weaknesses that determined the preliminary critical points of the NPA's functional state, and adaptation and response capacity, which were grouped in the environmental, social, economic, and institutional dimensions. To sum up, the integration of different perceptions and approaches (sustainability, EMS, and resilience), as well as the interaction with strategic actors, allowed us to identify the preliminary critical points (e.g. insufficient communication) that will contribute to the establishment of criteria and indicators to assess the NPA's resilience.

Keywords: resilience, environmental management systems, socio-ecological systems, sustainability.

Introducción

El crecimiento poblacional del ser humano y los problemas ambientales han causado un cambio ambiental abrupto en los ecosistemas terrestres y marinos (Calderón, 2017; Cumming, 2016; Stockholm Resilience Centre, s.f.) por lo que se han realizado esfuerzos estatales y trasnacionales para controlar la explotación de los recursos y conservar el medio ambiente (Freeman, 2015) dirigidos a desarrollar teorías de sustentabilidad en sistemas socioecológicos o indicadores (Astier *et al.*, 2012; Larrouyet, 2015).

Otro de los esfuerzos para conservar el medio ambiente han sido las ANP, consideradas como SSE; sin embargo, se han visto afectadas negativamente por

actividades antropogénicas que realizan dentro de ellas o en zonas colindantes (Arriola-Estrada *et al.*, 2014; Morales, 2018). Por lo que la evaluación y monitoreo de éstas son una parte esencial para su manejo, ya que permiten medir su capacidad de resiliencia, lo cual puede influir en la sustentabilidad de los sistemas vivos (García y Toledo, 2008; Fiksel, 2003).

En la Ciudad de México se encuentran 25 ANP, entre ellas, está la Reserva Ecológica Comunitaria San Bernabé Ocotepec cuya competencia es local, brinda servicios ambientales y permite la conservación de valores recreativos y culturales; sin embargo, posee problemáticas como presencia de plagas (GODF, 2010; SEDEMA, 2020; Toche, 2017), la inexistencia de un programa de manejo e insuficiente vinculación interinstitucional.

Por lo anterior, en el presente trabajo el objetivo fue identificar los puntos críticos de la Reserva para evaluar su resiliencia como sistema socioecológico. Para ello, se utilizó una metodología que integró enfoques de sustentabilidad, resiliencia y sistemas de gestión ambiental (SGA), lo cual permitió obtener un panorama de sus aspectos ambientales, sociales, económicos e institucionales que servirán como punto de referencia para la evaluación de la resiliencia del ANP y el establecimiento de estrategias para mejorar su manejo.

Marco teórico

Sustentabilidad y resiliencia

El concepto de sustentabilidad o desarrollo sustentable tiene sus inicios desde los años 80's en el informe de Brundtland, en donde se tenía por objetivo incorporar las preocupaciones ambientales en el marco de crecimiento económico, considerando tres grandes pilares: la economía, el medio ambiente y la sociedad (Astier *et al.*, 2012; Larrouyet, 2015). Desde entonces, el conocimiento sobre la sustentabilidad ha aumentado significativamente, sus conceptos, metas y herramientas se han diversificado (Astier *et al.*, 2012; Fiksel, 2006) y los esfuerzos se han dirigido principalmente a reducir las cargas ambientales en términos de consumo de recursos y desechos emitidos (Fiksel, 2006) así como a desarrollar teorías de sustentabilidad en sistemas socioecológicos, indicadores y estrategias para el fortalecimiento de políticas (Astier *et al.*, 2012; Larrouyet, 2015).

Por otra parte, se han diseñado diversas metodologías para la evaluación de la sustentabilidad, tal como el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de

Recursos Naturales que incorpora Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS). Esta metodología consiste en un proceso de análisis y retroalimentación que permite elaborar indicadores (partiendo de los puntos críticos y criterios identificados de un área de estudio) que reflejan el comportamiento de los aspectos principales de sustentabilidad (ambiental, social y económico) que posee un sistema (Astier *et al.*, 2012).

Una de las premisas de este Marco es que la sustentabilidad de los sistemas de manejo se encuentra definida por siete atributos: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autodependencia (Maserá *et al.*, 2000; Astier *et al.*, 2012). De estos atributos, destaca la resiliencia por el papel que juega como conexión con la diversidad y como propiedad y fundamento de los sistemas sustentables (Folke *et al.*, 2002; Salas *et al.*, 2011).

Por lo tanto, la resiliencia de un sistema puede definirse como su capacidad para tolerar disturbios a través de la adaptación y evolución (Fiksel, 2003). Algunas de sus características son:

- Considera complejas interdependencias entre personas y ecosistemas, además de las condiciones de los recursos naturales (suelo, agua y biodiversidad) y la capacidad de aprender (Balvanera, Astier y Zermeño, 2017).
- Posee como elementos clave o capacidades la adaptabilidad y transformabilidad (Folke *et al.*, 2010; IUCN, 2017; Stockholm Resilience Centre, s.f.).
- El tiempo que tarda en recuperarse en relación a la magnitud del estrés al que es sometido (Limburg *et al.*, 2002).

Así mismo, se tiene el concepto de resiliencia socioecológica que establece esta como la capacidad que posee un socio ecosistema sujeto a algún estrés o cambio profundo (negativo o no) para regenerarse a sí mismo sin alterar sustancialmente su forma y funciones, en una conservación creativa (Escalera y Ruiz, 2011).

Por lo anterior, se observa que la importancia de este atributo radica en que, si los sistemas socioecológicos son resilientes, pueden ser capaces de sobrevivir, adaptarse y crecer ante las irrupciones previstas e imprevistas influyendo en la sustentabilidad de los sistemas vivos dentro del sistema cambiante del planeta (Fiksel, 2003).

Sistemas socioecológicos

Son aquellos que incluyen sistemas sociales y ecológicos, además de caracterizarse por ser complejos, dinámicos, adaptables, en algunos casos pueden estar delimitados por fronteras espaciales o funcionales, rodeados por ecosistemas y el contexto de una problemática (Glaser *et al.*, 2008; Salas *et al.*, 2011). Dentro del componente social se encuentran la cultura, la política, la economía y la organización social, mientras que para el sistema ecológico se encuentra la naturaleza y el ambiente, considerando este último como un entorno creado por el ser humano (Salas *et al.*, 2011).

Se considera un ejemplo de SSE las Áreas Naturales Protegidas (ANP) debido a la compleja interrelación existente entre el subsistema social y el ecológico que poseen (Calderón, 2017). Su objetivo es preservar los ambientes y funciones representativas naturales de las diversas regiones para asegurar el equilibrio y asegurar el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas (DOF, 2013). Dependiendo del tipo de jurisdicción y decreto pueden ser de competencia Federal, Estatal o Local (DOF, 2013).

Desafortunadamente, estos sistemas han sido afectados negativamente por factores como la explotación desmedida de los recursos naturales, contaminación, cambio de uso de suelo, enfermedades forestales, entre otras (Arriola *et al.*, 2014; Morales, 2018). Por ello, su evaluación y monitoreo son una parte esencial para su manejo ya que representan herramientas que permiten visualizar, medir los cambios y la resiliencia de este tipo de SSE (García y Toledo, 2008).

Sistemas de Gestión Ambiental

Estos sistemas son una de las principales estrategias a nivel mundial para enfrentar los problemas ambientales y contribuir al pilar ambiental de la sustentabilidad (Acuña, Figueroa y Wilches., 2017; AENOR, 2015). Algunos de ellos son: la serie de Normas ISO 14001, responsabilidad integral Norma Ekoscany, y los sistemas de gestión ambiental municipal (Van Hoof *et al.*, 2008).

De éstos, destaca la norma ISO 14001 por su adaptabilidad a diversos tipos de organización (AENOR, 2015). Por esta razón, para el ANP San Bernabé Ocotepc se consideró el enfoque de sistemas de gestión y los lineamientos de la ISO 14001 que permiten identificar los puntos críticos del aspecto social que involucra el ámbito organizacional e institucional de este sistema socioecológico.

La base de la Norma ISO 14001 se fundamenta en los conceptos Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA), que integran un proceso cíclico enfocado en la mejora

continua, a través de un conjunto de acciones (AENOR, 2015). En el presente trabajo se utilizaron principalmente los lineamientos de Planear y Hacer para la caracterización y contextualización del área como una organización.

Los lineamientos de esta norma, para el contexto de una organización, consideran las cuestiones⁶ externas e internas que pueden afectar (positiva o negativamente) a la organización (AENOR, 2015) y pueden ser identificadas mediante análisis como PESTEL y FODA (Tabla 1). Estos últimos son utilizados comúnmente para obtener un mapeo de cómo se encuentra una organización o proyecto y así establecer las medidas necesarias para su adecuada gestión.

Tabla 1. Descripción y características de los análisis PESTEL y FODA

Análisis	Descripción	Características
PESTEL	Permite conocer las características externas y el entorno general de una organización.	Se enfoca en describir las cuestiones relacionados con los factores Político, Económico, Social, Tecnológico, Ecológico y Legal para un mejor proceso de toma de decisiones al tener una visión más comprensible de lo que afecta a la organización.
FODA	Ayuda a diagnosticar la situación interna y externa de una organización.	Se enfoca en dos pilares básicos: las características internas a través de las Debilidades y Fortalezas y las características externas mediante las Amenazas y Oportunidades (características no controlables por la organización) Es utilizado para establecer estrategias que logren el equilibrio entre las capacidades internas de una organización y las características externas.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ponce (2006) y Tepetam (2014).

Área de estudio y Metodología

El área de estudio es una de las 25 ANP que se encuentran en la Ciudad de México con el nombre de Reserva Ecológica Comunitaria San Bernabé Ocoatepec. Se ubica al poniente de la ciudad en la Alcaldía La Magdalena Contreras (Figura 1), es un ANP desde el 2010 de competencia local (SEDEMA, 2020) y es administrada por el Comisariado de bienes comunales de la comunidad de San Bernabé Ocoatepec.

⁶ Las cuestiones se refieren a las características o situaciones que afectan o son afectadas por una organización. Un ejemplo de cuestión externa del factor Político sería el cambio de una política que se relaciona con el manejo de un ANP (en el contexto del presente trabajo).

Posee un clima C(W2) W (b´) ig, templado con lluvias en verano de acuerdo con la clasificación de Köppen y un suelo de origen volcánico. La vegetación que predomina es el bosque de encino-pino-oyamel, bosque de oyamel y bosque de pino. Mientras que para la fauna se ha registrado 114 especies de vertebrados agrupados en las clases Amphibia, Reptilia, Aves y Mammalia (García y CONABIO, 1998; GODF, 2010).

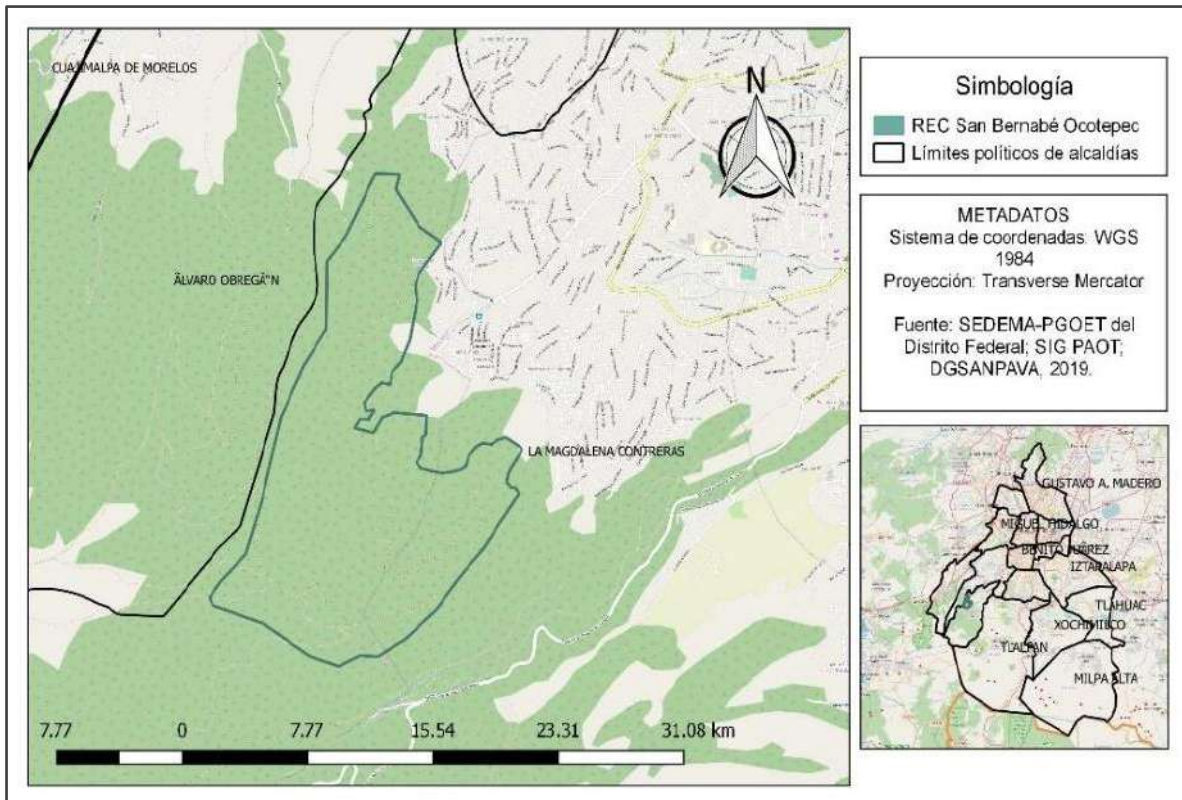


Figura 1. Localización y delimitación de la REC San Bernabé Ocoatepec en la Ciudad de México, México. **Fuente:** Elaboración propia.

Además, esta ANP proporciona servicios ambientales como captura de carbono, producción de oxígeno, recarga de mantos acuíferos, conservación de valores escénicos, paisajísticos, turísticos y recreativos (GODF, 2010) y posee una importante interacción con la sociedad al encontrarse en el área urbana de la Ciudad de México.

La metodología utilizada consistió en la integración de lo establecido por MESMIS (el cual forma parte del enfoque de sustentabilidad) y algunos lineamientos incluidos por la Norma ISO 14001 (derivada del enfoque de Sistema de Gestión Ambiental) para identificar los puntos críticos que posee la Reserva San Bernabé

Ocotepec con relación a su resiliencia. También se consideraron los análisis PESTEL y FODA para contextualizar cada sistema y detectar las necesidades de los principales actores sociales involucrados (brigadistas, personal de la Reserva, comunidad, visitantes y personal de SEDEMA⁷).

a) Caracterización del área de estudio

Se realizó una búsqueda bibliográfica mediante la consulta de trabajos académicos, notas de periódicos, marco legal aplicable, cartas topográficas, censos de población y metadatos del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), además de visitas prospectivas para contextualizar histórica y ambientalmente el área de estudio, determinando lo siguiente:

- Ubicación y delimitación.
- Antecedentes y Marco legal.
- Características abióticas (topografía, geología, edafología, hidrología, y condiciones climáticas) y bióticas (fauna y flora) y socioeconómicas.
- Importancia ambiental, histórica y cultural.
- Problemáticas.

Posteriormente, se detectaron los actores sociales estratégicos para el área (aquellos que influyen directamente en el aspecto ambiental, social, económico o institucional) y se consultaron las necesidades y expectativas que poseen (AENOR, 2015) mediante la realización de entrevistas. Con la información obtenida de la caracterización y las entrevistas, se realizó el análisis PESTEL para identificar las cuestiones externas que afectan o son afectadas por el ANP. Se llevó a cabo un análisis FODA para evaluar la situación interna y externa (Ponce, 2006; Tepetam, 2014) de la Reserva de forma general y así, detectar los aspectos que limitan, fortalecen o causan impactos al ANP como SSE (Masera *et al.*, 2000; López *et al.*, 2002; Astier *et al.*, 2012).

b) Identificación de puntos críticos

Considerando la resiliencia como atributo de la sustentabilidad, se identificaron los puntos críticos preliminares del estado funcional, capacidad de respuesta y adaptación del área, agrupándolos en la dimensión ambiental, social, económica e institucional. Estos puntos críticos servirán como referencia para el establecimiento de los criterios e indicadores que se utilizarán en la evaluación de la resiliencia de

⁷ SEDEMA: Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México.

este SSE.

Resultados

a) Necesidades y expectativas

Se identificaron como actores sociales estratégicos a brigadistas, personal de vigilancia, personal de SEDEMA, comunidad y visitantes. De acuerdo con las entrevistas realizadas se detectó que las principales necesidades y expectativas de los actores sociales son:

- Tener mayor comunicación entre SEDEMA y el Comisariado de bienes comunales, entre Gobierno, Organizaciones no Gubernamentales (ONG) y líderes de las comunidades, y entre los empleados y encargados del área.
- Terminar de realizar el Programa de Manejo.
- Aumentar la difusión y el desarrollo económico.
- Actualizar la información referente a inventarios de flora y fauna.

b) Análisis PESTEL y FODA

En el análisis PESTEL se examinaron las situaciones externas que pueden ocasionar cambios al sistema socioecológico o viceversa (Tepetam, 2019). De acuerdo con la dinámica del área de estudio, se detectó que las cuestiones que no son afectadas en gran medida por la Reserva son las pertenecientes al factor político y legal; mientras que las más afectadas pertenecen al ámbito ecológico y económico (Figura 2).

En el análisis FODA se identificaron como fortalezas aquellas habilidades, capacidades y recursos que favorecen las condiciones del SSE; para las debilidades, se consideraron aquellos aspectos que los hacen más vulnerables. En cuanto a las oportunidades y amenazas, se tomaron en cuenta las cuestiones externas detectadas en el análisis PESTEL. Como oportunidades, se consideraron aquellos aspectos que favorecen la mejora del SSE y que no puede controlar. En el caso de las amenazas, se identificaron aquellos aspectos que representan problemas potenciales o riesgos.

Se observó que para las Fortalezas y Oportunidades detectadas predominaron aquellas relacionadas con los factores sociales e institucionales. Mientras que, para las Debilidades y Amenazas identificadas para el SSE, predominaron aquellas problemáticas afines con los aspectos ambientales e institucionales (Figura 3).



Figura 2. Análisis PESTEL de la Reserva Ecológica Comunitaria de San Bernabé Ocotepéc, México. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Análisis FODA de la Reserva Ecológica Comunitaria de San Bernabé Ocotepéc, México. Fuente: Elaboración propia.

c) Puntos críticos preliminares

Con la información obtenida de cada área de estudio a través de la caracterización, los análisis PESTEL y FODA, además de los enfoques de resiliencia, sustentabilidad (MESMIS) y SGA (la Norma ISO 14001), se obtuvo una identificación preliminar de los puntos críticos para la evaluación de la resiliencia del ANP (Tabla 2). Los puntos críticos identificados hasta el momento reflejan la importancia de considerar la parte institucional en la evaluación de la resiliencia, debido a que la mayoría de éstos recaen en esta dimensión (Tabla 2). Se observa que una de las problemáticas transversales en dos o más dimensiones es la comunicación interna y externa del área, por lo que se espera que al evaluar la resiliencia del ANP, refleje la importancia de fortalecer este aspecto.

Tabla 2. Puntos críticos preliminares identificados para la evaluación de la resiliencia de la Reserva Ecológica Comunitaria San Bernabé Ocoatepec, como sistema socioecológico.

Aspecto	Dimensión	Punto crítico
Estado funcional	Ambiental	Biodiversidad.
		Extracción desordenada de agua.
		Erosión hídrica y eólica.
		Presencia de plagas y enfermedades.
	Social	Carencia de presencia al exterior (comunidades).
		Crecimiento poblacional (invasiones).
	Económico	Desarrollo de actividades ilícitas (extracción de flora).
		Falta de desarrollo económico.
	Institucional	Personal insuficiente.
		Carencia de procedimientos. Carencia de comunicación interna.
Capacidad de respuesta	Ambiental	Conocimiento del sistema ambiental para responder adecuadamente.
	Social	Capacidad de convocatoria (voluntariados, apoyo en situaciones de emergencia).
	Económico	Disponibilidad de fondos económicos para implementación de estrategias de respuesta.
	Institucional	Información interna para responder a emergencias. Comunicación interna insuficiente.
Adaptación	Ambiental	Capacidad de recuperación del suelo. Regeneración de la cobertura vegetal.
		Social

Aspecto	Dimensión	Punto crítico
	Económico	Capacidades para implementación de estrategias de adaptación. Desarrollo económico alternativo.
	Institucional	Capacidad de adopción al cambio. Capacidad de aprendizaje (capacitación).

Fuente: Elaboración propia.

Para la evaluación de la resiliencia, se considerará la priorización de estos puntos críticos para establecer los criterios e indicadores correspondientes de acuerdo con las capacidades económicas y recursos humanos disponibles.

Conclusiones

La integración de diferentes percepciones y enfoques (sustentabilidad, SGA y resiliencia) y la interacción con los actores estratégicos permitió identificar los puntos críticos preliminares para la Reserva Ecológica Comunitaria San Bernabé Ocoatepec, considerándola como un sistema socioecológico. Se observa que el punto de vista organizacional de los SGA y los análisis PESTEL y FODA, permitieron identificar las cuestiones internas y externas que caracterizan a la Reserva.

Es destacada la importancia de conocer las necesidades y expectativas de los actores estratégicos, las capacidades institucionales, fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que posee el ANP para el planteamiento adecuado de su evaluación y gestión. Se espera que los resultados obtenidos sean un punto de referencia para evaluar la resiliencia del ANP y posteriormente establecer estrategias para mejorar su manejo y aprovechamiento.

Referencias

- Acuña, N., Figueroa, L., Wilches, M. J. (2017). Influencia de los Sistemas de Gestión Ambiental ISO 14001 en las organizaciones: caso estudio empresas manufactureras de Barranquilla Ingeniare. *Revista Chilena de Ingeniería*, 25, 143-153
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). (2015). *ISO 14001:2015. Sistema de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso*. Madrid, España.
- Arriola, V., Estrada, E., Ortega-Rubio, A., Pérez, R., y Gijón A. (2014). Deterioro en áreas naturales protegidas del centro de México y del Eje Neovolcánico

- Transversal. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (60), 37-49.
- Astier, M., L. García-Barrios, Y., Galván-Miyoshi, C. E., González-Esquivel, and O. R. Maser. (2012). Assessing the sustainability of small farmer natural resource management systems. A critical analysis of the MESMIS program (1995-2010). *Ecology and Society*, 17(3), 25.
- Balvanera, P., Astier, M., Gurri, F. D., y Zermeño, I. (2017). Resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad de sistemas socioecológicos. *Revista mexicana de Biodiversidad*, 88(1), 141-149.
- Calderón, R. (Coordinador). (2017). *Los sistemas socioecológicos y su resiliencia. Casos de estudio*. Ciudad de México, México: Universidad Autónoma Metropolitana, Gedisa.
- Cumming, G.S. (2016). The relevance and resilience of protected areas in the Anthropocene. *Anthropocene*, 13(2016), 46-56.
- DOF. (2013). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. Última reforma: 9 de enero de 2015.
- Escalera-Reyes, J., y Ruiz-Ballesteros, E. (2011). Resiliencia Socioecológica: aportaciones y retos desde la Antropología. *Revista de Antropología Social*, 20, 109-135.
- Fiksel, J. (2003). Designing resilient, sustainable systems. *Environmental Science and Technology*, 37 (23), 5330-5339.
- Fiksel, J. (2006). Sustainability and resilience: toward a systems approach. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 2(2), 14-21.
- Folke, C, Carpenter S., Elmquist T., Lance G., Holling C.S., y Walker B. (2002). Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 31 (5), 437-440.
- Freeman, S. (2015). Environmental Conservation and Development: Critical Perspectives. In: James D. Wright (editor-in-chief), *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*, 2da edition, 7, 713-719.
- García, E., y CONABIO (1998). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México. México.
- García-Frapolli, E., and Toledo, V. M. (2008). Evaluación de sistemas socioecológicos en áreas naturales protegidas: un instrumento desde la economía ecológica. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad

- Xochimilco. México. *Argumentos*, 21(56),103-116.
- Glaser, M., Krause, G., Ratter, B., y Welp, M. (2008). *Human- Nature-Interaction in the Anthropocene*. Potential of Social-Ecological Systems Analysis.
- GODF. (2010). *Decreto por el que se establece como Área Natural Protegida, con la categoría de Reserva Ecológica Comunitaria, la zona conocida con el Nombre de San Bernabé Ocoatepec*. 21 de junio 2010. No. 865
- IUCN. (2017). *Statement of Work for 2017-2020 Quadrennium*. Resilience Thematic Group.
- Larrouyet, C. (2015). *Desarrollo sustentable. Origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta. (Trabajo final integrador)*. Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina.
- Limburg K., O'Neill R., Costanza, R., and Farber, S. (2002). Complex Systems and Valuation. *Ecological Economics*. 41 (3), 409-420.
- López-Ridaura, S., Masera, O., y Astier, M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators*. 2, 135-148.
- Masera, O. R., Astier M., y López. S. (2000). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El Marco de evaluación MESMIS*. Mundi Prensa-Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada A.C. - México: UNAM.
- Morales, B. E. (2018). *Desarrollo de estrategias de manejo mediante la evaluación integral de "El charco del Ingenio", Guanajuato*. Tesis de Maestría. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa.
- Ponce, T. H. (2006). La matriz FODA: una alternativa para realizar diagnósticos y determinar estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales. *Revista Contribuciones a la Economía*, septiembre 2006.
- Salas-Zapata, W., Ríos-Osorio, L., y Álvarez-Del Castillo, J. (2011). Bases conceptuales para una clasificación de los sistemas socioecológicos de la investigación en sostenibilidad. *Revista Lasallista de Investigación*, 8(2), 136-142.
- SEDEMA. (2020). *Áreas Naturales Protegidas*. Ciudad de México, México. Recuperado de: <https://bit.ly/2RepTkw>
- Stocholm Resilience Centro. (s.f.). Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2018. Disponible en: <http://www.stockholmresilience.org>
- Tepetam Y. (2019). *Analysis of Turkish communications sector and determination of critical success factors*. Thesis for degree of Master of Science in Computer Science. Monterey, California: Naval Postgraduate School.

- Toche, N. (12 de septiembre de 2017). El ecoturismo tiene un espacio dentro de la ciudad. *El economista*. Recuperado de: <https://bit.ly/3uV9wla>
- Van Hoof, B., Monroy, N. & Saer, A. (2008). *Producción más limpia: paradigma de gestión ambiental*. México. México: Universidad de los Andes, Alfaomega.

Los colémbolos como elementos de sustentabilidad del suelo

Springtails as soil sustainability elements

Andrés Miranda Rangel¹, Humberta Gloria Calyecac Cortero²

Resumen

La materia orgánica del suelo es fuente de energía y nutrientes para los colémbolos, éstos son animales cosmopolitas existentes en los suelos donde la materia orgánica de origen vegetal y el agua están presentes. Participan en la descomposición de dicha materia al fraccionar y consumir la hojarasca y al interactuar con las poblaciones de microorganismos. El presente trabajo es una revisión documental sobre el papel de los colémbolos en la descomposición de la materia orgánica en el suelo. En la temporada de lluvias las poblaciones de colémbolos son abundantes y se reducen drásticamente en la temporada seca. La influencia de la temperatura es mínima. El principal alimento de los colémbolos son las hifas y esporas de hongos, aunque prefieren alimentarse de hongos jóvenes con menores defensas químicas. Los colémbolos pueden usar uno o varios recursos alimenticios, si las condiciones son propicias; existe una amplia variedad de especies que consumen los “mismos” recursos. Los colémbolos aumentan los contenidos de N, P, K y Ca del suelo; además, la abundancia de algunas especies se relaciona con la saturación de Ca, Mg y Mn. El pH del medio donde viven tiene un fuerte efecto sobre su actividad, desarrollo, fecundidad, longevidad y sobrevivencia.

Palabras clave: Ecología del suelo, materia orgánica edáfica, microorganismos, redes tróficas.

Abstract

¹ Doctor en Ciencias del Área de Biología del Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. MÉXICO. Correo electrónico: andmirandarangel@gmail.com

² Doctora en Ciencias del Área de Biología del Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. MÉXICO. Correo electrónico: gcalycort@gmail.com

Soil organic matter is a source of energy and nutrients for springtails, which are cosmopolitan animals living in soils rich in vegetal organic matter and water. They participate in vegetal organic matter decomposition by cutting and consuming leaf litter, and by interacting with populations of microorganisms. This work constitutes a literature review about the role that springtails play during soil organic matter decomposition. During rainy season, populations of springtails are abundant, whereas they are scarce during dry season. Temperature influence is minimal. Springtails' main food are fungi spores and hyphae, although they prefer young fungi poor in chemical defenses. If conditions are appropriate, springtails can use one or several food sources; there is a wide variety of species that use the "same" food source. Springtails increase the soil N, P, K, and Ca content; moreover, abundance of certain species is related to Ca, Mg, and Mn saturation. Springtails' habitat pH has a huge effect on their activity, development, fecundity, longevity, and survival.

Keywords: soil ecology, edaphic organic matter, microorganisms, trophic networks.

Introducción

El suelo es el medio en donde crecen las plantas y del que obtenemos la mayoría de nuestros alimentos, en él ocurren una serie de procesos específicos que dependen de factores como el clima, la acción de los organismos vivos y la topografía sobre un material parental (Linding, 2017). La materia orgánica, proveniente de las plantas se acumula en el suelo y es una fuente de energía y nutrientes para los invertebrados y microorganismos que participan en su fraccionamiento y descomposición; además, es la principal fuente de carbono para la síntesis del humus del suelo. Por lo que la descomposición de materia orgánica edáfica juega un papel fundamental en el mantenimiento de la vida en el planeta, ya que sin ella la vida no podría mantenerse (Wardle, 2002). Los colémbolos participan de diferentes maneras en este proceso: a) consumiendo directamente la hojarasca que cae al suelo, b) consumiendo los microorganismos asociados a la materia orgánica que cae al suelo, c) propagando los microorganismos que descomponen la materia orgánica edáfica, d) controlando y/o favoreciendo algunas poblaciones de microorganismos que participan en la descomposición de la materia orgánica, e) consumiendo hongos micorrízicos, f) dispersando hongos micorrízicos, y g) inoculando hongos micorrízicos en nuevas raíces (Chagnon, Hébert y Paré, 2000)

El principal recurso alimenticio de los colémbolos edáficos son las hifas y esporas de hongos degradadores de la materia orgánica en el suelo y hongos micorrízicos

(Chahartaghi, Langel, Scheu y Reuss, 2005) además de otros organismos como protozoarios, nematodos, rotíferos, anélidos, bacterias, actinomicetos, algas, así como de carroña de invertebrados, hojarasca, raíces y hojas de plantas vivas (Rusek, 1998). Algunas especies se alimentan de tardígrados y otros colémbolos (Palacios-Vargas 2014) ácaros, polen e incluso de partículas minerales del suelo (Castaño-Meneses, Palacios-Vargas y Cutz-Pool, 2004). Los colémbolos pueden usar uno o varios recursos, si las condiciones son propicias; existe una amplia variedad de especies que consumen los “mismos” recursos (Rusek, 1998).

El objetivo del presente trabajo es contribuir al conocimiento del papel de los colémbolos en la descomposición de la materia orgánica en el suelo y su aportación a la sustentabilidad de éste, es decir a la permanencia de un ecosistema en el tiempo y el espacio, sin la incorporación de materia y energía por el ser humano.

Materiales y Método

Este es un estudio de investigación mediante revisión documental en el que se describe el papel de los colémbolos como agentes activos en las redes tróficas del suelo, de su participación en la descomposición de la hojarasca que se encuentra en el suelo y sobre el mismo suelo lo cual desencadena procesos que permiten la sustentabilidad en la capa superior de la tierra en donde las raíces de las plantas se desarrollan y toman los nutrientes esenciales para crecer.

Resultados y Discusión

Lugar, condiciones y temporada para localizar a los colémbolos

Los colémbolos son animales cosmopolitas, se encuentran en todos los suelos donde haya materia orgánica (sobre todo de origen vegetal) y agua. Esta última es la condición básica para la permanencia de las poblaciones, cuando disminuye significativamente en el medio se abaten las poblaciones hasta incluso desaparecer. Luego cuando las condiciones se vuelven adecuadas (sobre todo se incrementan la cantidad de agua en el medio) se desarrollan las nuevas generaciones, ya que se necesitan niveles altos de humedad para que se puedan romper las cubiertas coriónicas (Badejo *et al.*, 1998). Lo cual muestra una alta capacidad de resiliencia de las poblaciones de colémbolos. En la temporada de lluvias sus poblaciones alcanzan una mayor abundancia, lo que coincide con el mayor desarrollo de las poblaciones de los organismos de los que se alimentan (Dunger *et al.*, 2002). La temperatura generalmente los afecta poco, solo cuando es alta y evapora el agua. Los colémbolos tienen una alta capacidad para soportar temperaturas bajas, su

reducción en temporadas invernales es consecuencia de la carencia de humedad que generalmente se presenta en regiones templadas del país en esta temporada. Los colémbolos son muy abundantes en medios nevados y ambos polos (Scheu, 2002). Ejemplares tomados de suelos de bosques templados han sido mantenidos a -20°C durante 30 minutos, unos minutos después de colocarlos a temperaturas ambientales recuperaron su movilidad y mantuvieron su viabilidad (observación personal). Lo anterior demuestra que son organismos que mantienen características que les permitió sobrevivir durante épocas glaciales anteriores (Hao *et al.*, 2020).

Generalmente hacia los inicios del año, cuando la temperatura aumenta se restituyen las poblaciones de colémbolos edáficos, pero como una consecuencia del aumento de humedad en el medio. Este proceso se acelera en suelos agrícolas si se les aplican riegos, lo que crea las condiciones para que los juveniles rompan las cubiertas coriónicas (Miranda-Rangel y Palacios-Vargas, 1992). Esta condición genera una sincronización entre las poblaciones y emergen las nuevas generaciones de colémbolos de la comunidad del suelo. Se desarrollan varias generaciones a lo largo del año, aprovechando las condiciones favorables. Cada especie tiene su propio ciclo, pero todos muy sensibles a la desecación.

Formas de vida de los colémbolos edáficos

Con base en el medio donde viven los colémbolos edáficos se dividen en tres grupos: a) epiedáficos, b) hemiedáficos y c) euedáficos. Los colémbolos epiedáficos viven en la parte más superficial de la hojarasca que cae al suelo, se alimentan de dicha hojarasca, de los hongos degradadores de dicha hojarasca, en este medio se pueden desarrollar amibas testadas que contribuyen a su dieta, éstas se desarrollan alrededor de los cinco meses de caída la hojarasca (Walter, 1987). También pueden consumir algas y polen.

Estas especies están sometidas a una mayor presión ambiental, debido a que hay variaciones de humedad y temperatura del medio donde viven a lo largo del día y del año. Estas especies son muy activas ya que los alimentos que consumen se encuentran dispersos en el medio. Algunas de estas especies llegan a trepar al dosel de los árboles y son transportadas por el viento, el cual ayuda a su dispersión (Detsis, 2009). Dentro de estos colémbolos se encuentran especies con fúrcula desarrollada y ojos complejos, ejemplos de estas son *Hemisotoma thermophila*, *Ceratophysella denticullata*, *Orchesella bifasciata* y diversas especies del género *Lepidocyrtus* (Badejo *et al.*, 1998).

Los colémbolos hemiedáficos viven en zonas más profundas de la hojarasca, donde

las variaciones de humedad y temperatura son menores. Estos animales consumen principalmente los microorganismos asociados a la hojarasca en proceso de descomposición (Visser *et al.*, 1980). Los colémbolos hemiedáficos consumen principalmente hongos, puede ser sólo el citoplasma de las hifas, como es el caso de algunas especies de la familia Neanuridae, puede ser el citoplasma con la pared celular, la cual contiene 7% de N, o pueden ser las esporas de los microorganismos. En los colémbolos se han encontrado celulasas, hemicelulasas y trehelasas, lo que implica que tengan capacidad de consumir a la hojarasca; y eventualmente pueden presentar quitinasas para alimentarse de las paredes de hongos. Así no todos consumen paredes celulares de los hongos, pero si todos consumen potencialmente materiales de origen vegetal. Estas especies son menos activas que las epiedáficas. Consumen hongos que se presentan en la sucesión de descomposición de la hojarasca (Coleman, 2008). Las especies de este grupo tienen fúrcula, pero los ojos son de menor tamaño que en el grupo anterior. Dentro de este grupo se encuentran especies como *Parisotoma notabilis*, *Desoria trispinata*, *Desoria flora* y *Brachystomella párvula*, entre otras (Palacios-Vargas, 2014).

La hojarasca es el medio que contiene las mayores diversidades de colémbolos, lo cual es consecuencia de que es el sitio donde hay una mayor concentración de N en el medio (Kaneda y Kaneko, 2008), el cual es aprovechado por todos los organismos del medio: microorganismos, microfauna y mesofauna. Esta condición a su vez es consecuencia de que algunos tipos de vegetación almacenan el N en sus hojas y finalmente se mantiene en el mantillo a disposición de las plantas (Enríquez *et al.*, 1993).

Las especies de colémbolos euedáficos son aquellas que se desarrollan dentro del suelo mineral, donde la materia orgánica lleva un avance en su descomposición (Rusek, 1998). Son organismos generalmente carentes de fúrcula, como las especies de las familias Onychiuridae y Tullbergidae, o con una reducida como algunas especies del suborden Symphypleona, a veces sin ojos, como las citadas de Onychiuridae. Los colémbolos habitantes de estos medios se alimentan de materia orgánica en avanzado estado de descomposición, ampliamente infestada de microorganismos (hongos y bacterias), donde se ha perdido la estructura original de la materia orgánica y también se generan lixiviados en el suelo (Coleman, 2008). Conforme se profundiza en el suelo disminuye el N y el C aumenta, como fuente de energía (Filser, 2002). Debido a esta amplia infestación de microorganismos parece “inevitable” el consumo de una diversidad de éstos, a pesar de que existan ciertas preferencias por cada una de las especies que habitan el suelo, generando la gran paradoja de una amplia diversidad alimentándose de un mismo recurso. Estos

microorganismos existen como consecuencia de los materiales producidos por las raíces de las plantas (Fujii *et al.*, 2014).

Los colémbolos, propagadores de microorganismos

La propagación de los microorganismos en el suelo por los colémbolos se hace por dos procesos: epizocoria y endozocoria. El primero es el más común y consiste en el transporte de esporas sobre el cuerpo de estos artrópodos, lo cual sucede como consecuencia de las abundantes sedas o cerdas que cubren su cuerpo, así como de lo complejo del sistema suelo, ya que en muy pequeñas distancias se desarrollan una amplia diversidad de microorganismos, es casi inevitable que estos animales al moverse por el suelo entren en contacto con los diversos microorganismos que participan en su descomposición, y en este proceso se adhieren las esporas de los mismos a sus cuerpos y son transportadas a nuevos medios donde ellos se pueden desarrollar (Widenfalk *et al.*, 2016). La dispersión de los microorganismos sería muy limitada sin la participación de estos animales.

La endozocoria consiste en el consumo de las esporas de los microorganismos del suelo (Cole *et al.*, 2006). El resultado de este consumo es variable, ya que hay especies consumidas que sirven como alimento de los colémbolos, con lo que regulan las poblaciones de dichos microorganismos consumidos (Rusek, 1998). Pero existen otras esporas que a pesar de ser consumidas no son dañadas por el tracto digestivo de los colémbolos y mantienen su viabilidad y son dispersadas. Uno de los principales factores que permiten conocer que especies de colémbolos contribuyen a la dispersión de esporas es la presencia de placa molar o no, dentro del aparato bucal de los colémbolos, ya que es en esta porción donde se produce el triturado de las esporas, pero se ha observado que aún en especies con placa molar, se han encontrado esporas intactas y viables en sus excrementos (Palacios-Vargas, 2014).

Los colémbolos edáficos han sido tradicionalmente considerados consumidores generalistas de los microorganismos del suelo, pero en el presente siglo se han hecho diferentes estudios para aclarar esta aparente paradoja, encontrando una amplia variedad de especies consumiendo los “mismos” recursos (Rusek, 1998). A la fecha aún no se dilucida el consumo particular de cada una de las especies que habitan un ecosistema determinado, pero se han hecho avances significativos para ir más allá de consumidores generalistas de microorganismos. Se ha encontrado que un factor clave que determina su consumo es el medio donde viven.

Métodos para conocer la dieta de los colémbolos

Se han utilizado diferentes recursos para conocer las fuentes de alimento de los colémbolos como: a) revisión de contenidos intestinales, b) experimentos de preferencias alimenticias y c) análisis de contenidos de ácidos grasos. La revisión del contenido del tracto digestivo es la más antigua, sólo que tiene serias deficiencias como: a) el método de colecta, b) el tipo de alimentación y el tiempo de alimentación (Berg, Stoffer y van den Heuel, 2004). Si para este análisis se colectan los colémbolos por medio del embudo de Berlesse-Tullgreen (método más común para conocer la abundancia de las poblaciones de colémbolos en el suelo), no funciona, ya que generalmente los colémbolos defecan antes de caer al medio donde son atrapados y generalmente se observan los tractos digestivos vacíos (Castaño-Meneses *et al.*, 2004). Por lo que se necesitan tomar los ejemplares directamente de la muestra sin el estrés de la desecación que implica el método de Berlesse-Tullgreen.

El método de observación de contenidos intestinales sólo funciona para los animales que se alimentan de materiales sólidos de difícil digestión, ya que serán los que se apreciarán mejor bajo el microscopio, ya que pueden pasar desapercibidos los líquidos y los materiales de una rápida digestión (Moore y Walter, 1988). Como consecuencia de lo anterior el tiempo de alimentación también influirá ya que habrá materiales más fácilmente digeribles y otras más recalcitrantes. Entonces si se observan los intestinos en un tiempo reciente de alimentación se apreciarán mayores fuentes de alimentación y, con base en el análisis de los contenidos intestinales, pueden generarse fuertes sesgos en las cadenas tróficas.

Para superar estas limitantes se han hecho experimentos donde ofrecen simultáneamente diversos alimentos, con la misma accesibilidad, y los animales eligen (Widenfalk *et al.*, 2016). Las limitantes de este procedimiento es que el realizador del experimento determina las fuentes de alimento, y estos no se presentan en esas combinaciones y cantidades en el medio natural (Fierer, Stricklan, Liptzin, Bradford y Cleveland, 2009). Por lo que nuevamente se presentan sesgos en la determinación de las preferencias alimenticias.

Para superar las limitantes de los métodos anteriores el análisis de ácidos grasos es una opción, ya que sólo se evalúan los contenidos de ácidos grasos, estos son partes estructurales de moléculas más complejas como los fosfolípidos de las membranas plasmáticas, los cuales están presentes en todos los seres vivos (Maraun *et al.*, 2001). También hay ácidos grasos como parte de los lípidos de reserva de los animales. Se utilizan ácidos grasos porque hay diferencias entre los ácidos grasos de los fosfolípidos de las membranas de bacterias, hongos, micorrizas arbusculares

y animales. La evaluación es realizada por espectrofotometría de absorción atómica. Los análisis se hacen a los colémbolos. La limitante que presenta es que la determinación del consumo es de taxones muy generales (reinos o dominios). Aún no se conocen medios para reconocer las diferentes especies de un reino a nivel molecular, fuera del ADN.

Se ha planteado desde el inicio del estudio de las dietas de los colémbolos que estos son consumidores generalistas de hongos, y eso justificaba la amplia diversidad de colémbolos en el suelo, pero estudios más recientes han demostrado que si hay una selección de alimentos (Scheu, 2002). Los colémbolos prefieren a los hongos jóvenes, sobre los maduros, debido a que tienen menores defensas químicas. En este rubro caen los hongos saprofitos, de colores oscuros, de rápido crecimiento. También se comen hongos que forman micorrizas arbusculares y ayudan a su dispersión e inoculación (Kaneda y Kaneko, 2008).

Los colémbolos se alimentan generalmente de los microorganismos degradadores adheridos a la materia orgánica de origen vegetal que descomponen, así consumen también la materia orgánica, también hay unas cuantas especies depredadoras como: algunas especies de *Friesea* e *Isotoma*, *Ptenothrix marmorata* que consumen ácaros, y *Seira purpurea* puede alimentarse de colémbolos que viven en bromeláceas (Palacios-Vargas, 2014). Pero se observó desde mediados del siglo pasado que las especies que tradicionalmente consumen hongos también pueden consumir nematodos, rotíferos, tardígrados y hasta ácaros (Astigmata y Prostigmata), esto último cuando sus poblaciones son muy abundantes. Así las dietas cambian en el tiempo a lo largo del año y en el espacio, porque el suelo es extremadamente complejo en muy pequeñas distancias en las tres dimensiones (Cole *et al.*, 2006); Esto hace que tengan dietas muy balanceadas.

Hay algunos colémbolos que viven en litorales marinos como especies de *Isotogastrura* y *Archisotoma* que se alimentan de algas y bacterias, las cuales filtran con las barbas que presentan en las maxilas (Palacios-Vargas, 2014). Los colémbolos edáficos son consumidos principalmente por hormigas, coleópteros, y diferentes especies de ácaros depredadores (Wardle, 2002).

Los colémbolos en los ciclos biogeoquímicos

Los colémbolos edáficos en los agrosistemas participan en la liberación de N al suelo, el cual es aprovechado por los cultivos y los microorganismos. Su presencia estimula el desarrollo de la microbiota del suelo, lo cual acelera la descomposición e incrementa la fertilidad de los suelos. Así los colémbolos aumentan los contenidos

de N, P, K y Ca del suelo, ya sea cuando actúan sólo ellos como fauna sobre la materia orgánica del suelo, o creando una sinergia con lombrices, se ha encontrado que movilizan N y P intercambiable al estimular el crecimiento de los hongos (Tabaglio *et al.*, 2009). Los colémbolos pueden contribuir a movilizar el N de la hojarasca, y regular la dinámica en la misma, ya que los hongos saprófitos pueden inmovilizar altas proporciones de N (Beare *et al.*, 1992). Así, aunque la comunidad de colémbolos edáficos constituye una fracción pequeña, comparada con la biomasa de degradadores primarios del suelo (hongos y bacterias), participan con una proporción de hasta el 30% de la mineralización del N, consecuencia de sus dietas con alto contenido de N como microorganismos, hongos, protozoos y nematodos (Moore y Walter, 1988).

En estudios sobre la estructura de la comunidad de colémbolos edáficos con las variables del medio donde se desarrollan, encontrándose que sus poblaciones son sensibles a la cantidad de N del medio donde se desarrollan, lo cual resulta muy evidente dado que este es el elemento que limita a la mayoría de los organismos y se utiliza en una amplia variedad de moléculas por los organismos, como son enzimas, proteínas estructurales y ácidos nucleicos. También la estructura de la comunidad ha resultado sensible al Ca que hay en el suelo. El Ca es ampliamente utilizado por los colémbolos como constituyente de su exoesqueleto (Adejuyigbe *et al.*, 2006), y el consumo de la hojarasca ha mostrado la lixiviación de Ca como una respuesta a la toma de alimento por los colémbolos sobre los hongos que se desarrollan sobre ésta (Ineson *et al.*, 1982). Además, la abundancia de algunas especies de colémbolos se relacionó con la saturación de bases como Ca, Mg y Mn (Salmon y Ponge, 1999). El Ca es tomado por las plantas y se mantiene en la hojarasca, mismo que es asimilado por los colémbolos y toda la fauna que consume este material, así puede influir en la composición funcional de los invertebrados edáficos (Vincent *et al.*, 2018). El Ca también puede proteger a los colémbolos de los efectos negativos de algunos metales pesados como el Cu en algunos suelos (Ardestani *et al.*, 2013). El Ca también participa en las contracciones musculares.

Influencia del pH

El pH del medio donde viven los colémbolos tiene un fuerte efecto sobre la actividad, desarrollo, fecundidad, longevidad y sobrevivencia de los colémbolos adultos, y también sobre la absorción de solutos por el tubo ventral (Salmon y Ponge 1999). Los colémbolos reducen su capacidad reproductiva cuando se desarrollan por encima de un pH de 7.3 (De Boer *et al.*, 2010). El pH del suelo influye en los colémbolos al tomar agua del suelo a través de su tubo ventral, en el agua van disueltos los protones y los metales tóxicos para estos organismos, por lo que la toma de agua es pH dependiente, a pH's muy bajos se puede llegar a inducir una

deshidratación y finalmente la muerte de los colémbolos (Van Straalen y Verhoef, 1997). El pH del medio puede llegar a inducir alteraciones metabólicas y fisiológicas en los organismos del suelo, y sus efectos se pueden observar a nivel celular y molecular (Ke *et al.*, 2004).

El pH del suelo puede ejercer estrés sobre los animales de manera directa o indirecta. La biodisponibilidad y toxicidad de metales pesados en el suelo depende parcialmente del pH del suelo, ya que los metales pesados se vuelven más disponibles en el agua del suelo cuando el pH se reduce (De Boer *et al.*, 2010). Las poblaciones que se desarrollan en pH's bajos, estarían sometidas a un estrés debido a metales como el Al y Fe (Garnier y Ponge, 2004). El efecto del pH sobre los colémbolos va más allá de la influencia sobre los individuos completos, también puede alterar rutas metabólicas particulares como la ATPasa y los genes implicados en ella cuando los animales se desarrollaron en pH ácido. Es posible que una reducción del pH del interior del intestino, debido a una reducción del pH ambiental, podía reducir el pH intracelular debido a la actividad del transporte H^+/K^+ . Este mecanismo transporta protones en la célula y saca potasio al epitelio del intestino. La regulación de la ATPasa puede mantener el pH intracelular en niveles normales (De Boer *et al.*, 2010). También se encontró que pH's ácidos pueden llegar a influir en poblaciones de colémbolos que viven en pH's neutros (*Onychiurus yaodai*) sobre vías de señales de transducción como la extracelular signal-regulated kinasa (ERK α) y la c-Jun n-terminal kinasa (DJNK), esto aún en periodos cortos de exposición de los animales. Estas vías son críticas para la regulación del crecimiento, reproducción, diferenciación y apoptosis de los colémbolos (Ke *et al.*, 2004).

Las poblaciones de colémbolos edáficos son controladas por la disponibilidad de nutrientes en el medio, como al resto de los organismos saprófitos, lo cual soporta el planteamiento reconocido de que fuerzas bottom-up controlan la estructura de las comunidades de degradadores (Scheu y Schaefer, 1998).

Conclusión

Los colémbolos edáficos son elementos que aportan a la sustentabilidad del suelo debido a su participación en la descomposición de la materia orgánica, a sus interacciones con otros descomponedores como los hongos, a las redes tróficas que establecen y a su participación en los ciclos biogeoquímicos.

Participación en la descomposición de la materia orgánica: Pocos organismos, como los colémbolos, los hongos y las bacterias, descomponen moléculas recalcitrantes como la quitina, constituyente de las paredes celulares de los hongos, los

exoesqueletos y las cubiertas de los huevos de los artrópodos.

Interacciones con otros descomponedores como los hongos: Los colémbolos dispersan a los hongos cuando éstos se adhieren a su exoesqueleto y/o se encuentran en su tracto digestivo o en sus excrementos, dispersándolos hacia sitios en donde los hongos difícilmente pueden llegar por ellos mismos. Además, la sofisticada maquinaria enzimática de los hongos va a permitir el reciclaje de nutrientes.

Redes tróficas que establecen: Los colémbolos consumen y dispersan a los microorganismos degradadores adheridos a la materia orgánica de origen vegetal, lo que ayuda a que se incremente el “rumen” externo del suelo, acelerando los procesos de descomposición; además, se alimenta de la misma materia orgánica. Existen especies de colémbolos depredadoras de ácaros y de otros colémbolos. También consumen protozoarios, nematodos, rotíferos, tardígrados y hasta ácaros. Mientras que los colémbolos son consumidos principalmente por ácaros.

Participación en los ciclos biogeoquímicos: Las poblaciones de colémbolos ayudan al reciclaje del N y aumentan los contenidos de N, P, K y Ca del suelo. Los colémbolos son altamente dependientes del pH del suelo en donde se desarrollan.

Referencias

- Adejuyigbe, C.O., Tian, G., and Adeoye, O. (2006). Microcosmic study of soil microarthropod and earthworm interaction in litter decomposition and nutrient turnover. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 75(1), 47-55.
- Ardestani, M., Verweij, R., and van Gestel, C. (2013). The influence of calcium and pH on the uptake and toxicity of cooper in *Folsomia candida* exposed to simplified soil solutions. *Journal of Hazardous Materials*, 261C, 405-413.
- Badejo, M. A., Nathaniel, T. I., and Tian, G. (1998). Abundance of springtails (collembola) under four agroforestry tree species with contrasting litter quality. *Biology and Fertility of Soils*, 27(1),15-20.
- Beare, M.H., Parmelee, R.W., Hendrix, P.F., and Cheng, W. (1992). Microbial and faunal interactions and effects on litter nitrogen and decomposition in agroecosystems. *Ecological Monographs*, 62(4), 569-591.
- Berg, M. P., Stoffer, M., and van den Heuel, H. H. (2004). Feeding guilds in Collembola based on digestive enzymes. *Animal Ecology*, 48(5-6), 589-601.
- Castaño-Meneses, G., Palacios-Vargas, J. G., and Cutz-Pool, L.Q. (2004). Feeding habits of collembola and their ecological niche. *Anales del Instituto de*

- Biología Serie Zoología*, 75(1), 135-142.
- Chagnon, M., Hébert, C., and Paré, D. (2000). Community structures of Collembola in sugar maple forest: relations to humus type and seasonal trends. *Pedobiologia*, 44(2), 148-174.
- Chahartaghi, M., Langel, R., Scheu, S., and Reuss, L. (2005). Feeding guilds in Collembola base don nitrogen stable isotope ratios. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(9), 1718-1725.
- Cole, L., Bradford, M. A. Shaw, P. J. A., and Bardgett, R. D. (2006). The abundance, richness and functional role of soil meso-and macrofauna in temperate grassland-A case study. *Applied Soil Ecology*, 33(1), 186-198.
- Coleman, D.C. (2008). From peds to paradoxes: Linkages between soil biota and their influences on ecological processes. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(1), 271-289.
- De Boer, T.E., Holmstrup, M., Van Straalen, N. M., and Roelofs, D. (2010). The effect of soil pH and temperature on *Folsomia candida* transcriptional regulation. *Journal of Insect Physiology*, 56(4), 350-355.
- Detsis, V. (2009). Relationships of some environmental variables to the aggregation patterns of soil microarthropod populations in forests. *European Journal of Soil Biology*, 45(5-6), 409-416.
- Dunger, W. H., Schulz, J., and Zimdars, B. (2002). Colonization behaviour of Collembola under different conditions of dispersal. *Pedobiologia*, 46(3-4), 316-327.
- Enríquez, S., Duarte, C.M., and Sand-Jensen, K. (1993). Patterns in decomposition rates among photosynthetic organisms: the importance of detritus C: N: P content. *Oecologia*, 94(1), 457-471.
- Fierer, N., Strickland, M. S., Liptzin, D., Bradford, M. A., and Cleveland, C. C. (2009). Global patterns in belowground communities. *Ecology Letters*, 12(11), 1238-1249.
- Filser, J. (2002). The role of Collembola in carbon and nitrogen cycling in soil. *Pedobiologia*, 46(3-4), 234-245.
- Fujii, S., Saitoh, S., and Takeda, H. (2014). Effects of rhizospheres on the community composition of Collembola in a temperate forest. *Applied Soil Ecology*, 83(1), 109-115.
- Garnier, S., and Ponge, J.F. (2004). Acid-tolerant Collembola cannot colonize metal-polluted soils at neutral pH. *Applied Soil Ecology*, 26(3), 201-208.
- Hao, C., Chen, T.-W., Wu, Y., Chang, L., and Wu, D. (2020). Snow microhabitats provide food resources for winter-active Collembola. *Soil Biology and Biochemistry*, 143(1), 1-9.
- Ineson, P., Leonard, M. A., and Anderson J.M. (1982). Effect of collembolan grazing

- upon nitrogen and cation leaching from decomposing leaf litter. *Soil Biology and Biochemistry*, 14(6), 601-605.
- Kaneda, S., and Kaneko, N. (2008). Collembolans feeding on soil affect carbon and nitrogen mineralization by their influence on microbial and nematode activities. *Biology and Fertility of Soils*, 44(3), 435-442.
- Ke, X., Yang, Y., Ying, W., and Xue, L. (2004). Effects of low pH environment on the collembolan *Onychiurus yaoday*. *Pedobiologia*, 48(5-6), 545-550.
- Linding, C., R. (2017). *Ecología de Restauración y Restauración Ambiental*. Escuela Nacional de estudios Superiores, Unidad Morelia; Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Maraun, M., Alphei, J., Beste, P., Bonkowski, M., Bury, R., Migge, S., Peter, M., Schaefer, M., and Scheu, S. (2001). Indirect effects of carbon and nutrients amendments on the soil meso- and microfauna of a beechwood. *Biology and Fertility of Soils*, 34(4), 222-229.
- Miranda-Rangel, A., y Palacios-Vargas, J.G. (1992). Estudio comparativo de las comunidades de colémbolos edáficos de bosque de *Abies religiosa* y cultivo de haba (*Vicia faba*). *Agrociencia*, 3(1), 7-18.
- Moore, J.C., and Walter, D. E. (1988). Arthropod regulation of micro- and mesobiota in below-ground detrital food webs. *Annual Review of Entomology*, 33(1), 419-439.
- Palacios-Vargas, J.G. (2014). Biodiversidad de colémbolos (Hexapoda: Entognatha) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 220-231.
- Rusek, J. (1998). Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 7(9), 1207-1219.
- Salmon, S., and Ponge, J. F. (1999). Distribution of *Heteromurus nitidus* (Hexapoda, Collembola) according to soil acidity: interactions with earthworms and predator pressure. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(8), 1161-1170.
- Scheu, S. (2002). The soil food web: structure and perspectives. *European Journal of Soil Biology*, 38(1), 11-20.
- Scheu, S., and Schaefer, M. (1998). Bottom-Up Control of the Soil Macrofauna Community in a Beechwood on Limestone: Manipulation of Food Resources. *Ecology*, 79(5) 1573-1585.
- Tabaglio, V., Gavazzi, C., and Menta, C. (2009). Physico-chemical indicators and microarthropod communities as influenced by no-till, conventional tillage and nitrogen fertilisation after four years of continuous maize. *Soil and Tillage Research*, 105(1), 135-142.
- Van Straalen, N., and Verhoef, H. (1997). The development of a bioindicator system for soil acidity based on arthropod pH preferences. *Journal of Applied*

Ecology, 34(1), 217-232.

- Vincent, Q., Leyval, C., Beguiristain, T., and Auclerc A. (2018). Functional structure and composition of Collembola and soil macrofauna communities depend on abiotic parameters in derelicts soils. *Applied Soil Ecology*, 130(1) 259-270.
- Visser, S., Whittaker, J.B., and Parkinson, D. (1981). Effects of collembolan grazing on nutrient release and respiration of a leaf litter inhabiting fungus. *Soil Biology and Biochemistry*, 13(3), 215-218.
- Walter, D. E. (1987). Trophic behavior of "Mycophagous" Microarthropods. *Ecology*, 68(1), 226-229.
- Wardle, D. A. (2002). *Communities and Ecosystems. Linking the Aboveground and Belowground Components*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Widenfalk, L. A., Malmström, A., Berg, M. P., and Bengtsson, J. (2016). Small- scale Collembola community composition in a pine forest soil- Overdispersion in functional traits indicates the importance of species interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 103(1), 52-62.

Aplicación de índices espectrales para la determinación y evaluación de incendios forestales

Application of spectral indices to determine and assess forest fires

Ana Graciela Flores Rodríguez¹, José German Flores Garnica²,
Diego Raymundo González Eguiarte³

Resumen

En la perspectiva del estudio ambiental, es importante la capacidad de adaptarse a las nuevas tecnologías, con las que se facilita tanto la generación de conocimiento, como la transferencia de tecnología. En México no se tienen antecedentes sobre la implementación de índices espectrales para el estudio de la severidad de los incendios forestales, los estudios convencionales se realizan directamente en campo, lo que implica una amplia inversión de tiempo y recursos (económicos, materiales y humanos). En ese sentido, es necesario implementar estrategias alternas, como el uso de sensores remotos, que han sido usados ampliamente en varios países. El presente trabajo tiene como objetivo mostrar la evaluación de los efectos de incendios forestales, a partir de un análisis de la clasificación de la severidad de un incendio en bosque de pino- encino basado en la metodología del índice de quemado normalizado (NBR) y el índice de quemado normalizado diferenciado (dNBR). Como resultado se desarrolló cartografía temática que muestra los grados de severidad del incendio y su superficie. Lo que ayudará al establecimiento de áreas prioritarias de restauración y manejo por su grado de severidad.

Palabras clave: Grados de severidad, imágenes satelitales, reflectancia, sensores remotos.

¹ Estudiante de maestría en el Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. México. Correo electrónico: ana.frodriguez@alumnos.udg.mx

² Doctor en Ciencias del Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, Centro de investigación Regional Pacífico Centro, INIFAP. México. Correo electrónico: flores.german@inifap.gob.mx

³ Doctor en Ciencias del Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. México. Correo electrónico: diegonz@cucba.udg.mx

Abstract

From the environmental study perspective, it is important to adapt to new technologies since they facilitate knowledge development and technology transfer. There are no records about the implementation of spectral indices to study the severity of forest fires in Mexico; conventional studies are carried out directly on-field, which implies a huge investment of time and resources (economic, material, and human). Therefore, it is necessary to implement alternate strategies such as the use of remote sensors, which are broadly used in several countries. This work is aimed at presenting the assessment of the effects of forest fires, from the analysis of a severity classification of a fire in a pine-oak forest, based on the Normalized Burned Ratio (NBR) and the differenced Normalized Burned Ratio (dNBR). This resulted in the development of thematic cartography that shows the degrees of severity of fires and their surface, which will help in the establishment of priority areas of restoration and management according to their degree of severity.

Keywords: degrees of severity, satellite images, reflectance, remote sensors.

Introducción

Los ecosistemas forestales están expuestos a diversos factores de perturbación, como los incendios, que se manifiestan en diversas partes del mundo (Pausas y Keeley, 2009); anualmente impactan entre 330 y 431 millones de hectáreas de vegetación aproximadamente (Van der Werf *et al.*, 2010). México no está exento de esta problemática, estos eventos ocurren año tras año en diversas áreas del país e impactan, en muchos casos, grandes extensiones de terreno (Jardel *et al.*, 2006). En 2019 se reportaron 7,410 incendios que afectaron un total de 633,678 hectáreas (ha), a nivel nacional (CONAFOR, 2019), lo que genera por un lado, que se modifiquen los ecosistemas forestales, ya que contribuye a la selección de especies e influye en la densidad y productividad, así como en la estabilidad y recambio de éstas (González *et al.*, 2008); y por el otro, la alteración en los procesos ecológicos como el ciclo de nutrientes, la estructura del suelo (Wohlgemuth *et al.*, 2006) y el almacenamiento de carbono (North y Hurteau, 2011). Además de daños tangibles y económicos, como pérdida de recursos maderables (Rodríguez *et al.*, 2012), generación de emisiones de diversos gases considerados de efecto invernadero y la liberación del carbono almacenado en los combustibles forestales (Martínez *et al.*, 2014), propiciando el clima extremo y sequías más frecuentes, lo cual afecta los regímenes del fuego, basados en la frecuencia y la intensidad de los incendios forestales (Cerano *et al.*, 2015).

Sin embargo, es importante tener en cuenta que no todos los incendios forestales son iguales, ya que algunos son más severos que otros, de esta forma el nivel de severidad condiciona la respuesta que tendrá el ecosistema ante los efectos del fuego. Actualmente en los informes no se reporta la severidad de los incendios, sin embargo, indirectamente esta variable es representada por la evaluación de su tamaño y duración. En el 2019 los siniestros reportados con mayor frecuencia fueron los menores de 5 hectáreas con un total de 3,808 incendios, seguidos de los que afectaron más de 51 hectáreas con un total de 1,271. En cuanto a la duración, la gran mayoría se controlaron en un día y solo 259, de los reportados durante todo el año, duraron más de 7 días (CONAFOR, 2019).

Así mismo, se debe considerar que existe una relación entre la severidad y la cantidad de materia orgánica que se consume (combustible en fermentación, combustible leñoso etc.), lo que, a su vez, puede definir la capacidad de recuperación del ecosistema (Montorio *et al.*, 2014). Es decir, una alta severidad está asociada a niveles bajos de recuperación de la vegetación y por lo tanto a factores de degradación como altas tasas de erosión y alteraciones en la respuesta hidrológica del suelo (Neris *et al.*, 2016).

De esta manera, con base en la dualidad que puede tener el efecto del fuego en los ecosistemas forestales, la determinación y generación de cartografía de la severidad de los incendios genera una herramienta fundamental para priorizar la aplicación de tratamientos para atenuar los efectos negativos del fuego y propiciar la recuperación y regeneración natural de los ecosistemas. Por ejemplo, medidas de reducción de erosión del suelo y reforestación en áreas altamente afectadas (Montorio *et al.*, 2014) y la recuperación natural de especies adaptadas al fuego en áreas de severidad moderada (Rodríguez-Trejo y Fulé, 2003). Para esto, la evaluación de los terrenos forestales afectados por el impacto del fuego requiere de estudios completos y una amplia gama de análisis tanto de comportamiento del fuego como de la respuesta del ecosistema (Rodríguez *et al.*, 2012). La severidad del fuego se puede evaluar a partir de la observación directa del impacto en campo, sin embargo, frecuentemente estas evaluaciones se realizan de forma puntual en áreas determinadas, lo que limita la extrapolación de datos a escalas mayores. Para resolver esto, se han aplicado técnicas apoyadas en el uso de imágenes multiespectrales obtenidas de sensores remotos como AVIRIS (van Wagtenonk *et al.*, 2004) y satélites como Landsat, Sentinel, Ikonos, Quickbird, entre otros. Las cuales son evaluadas con base en el cambio en la reflectancia de las áreas quemadas y las áreas sin quemar (Montorio *et al.*, 2014).

Para la evaluación de la severidad del fuego, existen índices espectrales ya determinados referidos por sus siglas en inglés, que se aplican a imágenes de satélites de zonas quemadas, como: el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), la relación de combustión normalizada (NBR), la relación de combustión normalizada delta (dNBR) y su forma relativizada (RdNBR), la relación de combustión relativizada (RBR) y el SWIR-MIR (Montorio *et al.*, 2014; Key y Benson, 2006).

En la actualidad existen varios índices, modelos y técnicas para evaluar esta severidad mediante sensores remotos (Montorio *et al.*, 2014; Chuvieco *et al.*, 2005), por lo cual es importante evaluar su efectividad en ecosistemas mexicanos para ubicar y dimensionar los incendios forestales y posteriormente cualificar estos incendios a través de la definición de su severidad o impacto que causaron en los ecosistemas. Es por esto que en este trabajo se hace un análisis de la clasificación de la severidad de un incendio en bosque de pino- encino utilizando el índice de quemado normalizado (NBR) y el índice de quemado normalizado diferenciado (dNBR), para definir el polígono del bosque que fue afectado por incendios y además categorizar la afectación del fuego en la vegetación por categorías de severidad.

Materiales y Método

Área de estudio

El estudio se realizó en el área de protección de flora y fauna Bosque de La Primavera, Jalisco, con una precipitación media anual esta entre 800 y 1000 mm, y tiene una temperatura media anual de 20.6 °C. La vegetación dominante es de encino-pino, pino-encino y bosque de encino principalmente (CONANP, 2000).

Imágenes satelitales

Se utilizaron imágenes Landsat 8 (OLI) de abril y marzo del 2018 (antes y después del incendio) obtenidas mediante la plataforma de Google earth engine e incorporadas al sistema de información geográfico Qgis para su manipulación. Estas imágenes son las más comúnmente usadas para diferentes propósitos de análisis de impacto por incendios forestales, ya que cuenta con bandas multispectrales que van desde al verde visible hasta el infrarrojo cercano, además de bandas térmicas y una pancromáticas (Herawati *et al.*, 2015). Son de acceso libre para el público y que tienen una resolución espacial de entre 15 a 120 m y una resolución temporal de 16 días.

Aplicación del índice de quemado normalizado

A las imágenes obtenidas y cargadas en el sistema de información geográfico Qgis se les aplicó, mediante álgebra de mapas y utilizando la herramienta calculadora Raster, el índice de quemado normalizado (NBR) (López-García y Caselles, 1991), el cual se enfoca en detectar las relaciones biofísicas con la vegetación quemada (López-García y Caselles, 1991). Es decir, evalúa la condición del cambio de la vegetación con datos de reflectancia del infrarrojo cercano (NIR) y el infrarrojo de onda corta 2 (Fórmula 1), banda 5 (0.85 - 0.88 μm) y banda 7 (2.11-2.29 μm) en el sensor Landsat OLI (Casady *et al.*, 2010).

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (1)$$

Este índice es uno de los más usados ya que se puede detectar la severidad que quedó después del paso del incendio y permite monitorear de manera precisa la recuperación de la vegetación (Fornacca *et al.*, 2018). De esta forma provee un punto de vista analíticamente simple pero consistente que podría aplicarse en cualquier ecosistema forestal (Brewer *et al.*, 2005) implementándose para clasificar y mapear la severidad de incendios forestales. El NBR ha mostrado buenos resultados y se han generado derivados para mejorar la precisión de las estimaciones de severidad, como es la relación de quemado normalizada diferenciada (d NBR) (Key y Benson, 2006). El cual hace una comparación entre los valores del NBR de una imagen previa al fuego y los valores NBR de una imagen posterior al fuego (Fórmula 2).

$$dNBR = NBR \text{ pre} - NBR \text{ post} \quad (2)$$

Resultados

Se aplicó el índice NBR, a la imagen satelital anterior a la ocurrencia del incendio forestal (Figura 1) la cual corresponde a la imagen Landsat 8 (OLI) de marzo 30 a abril 7. En donde se puede observar un rango homogéneo de valores cercanos a 0.1 los cuales indican que no presenta daño por incendios.

En cambio, al aplicar el índice NBR a la imagen satelital Landsat 8 (OLI) posterior a la ocurrencia del incendio forestal, del 15 al 23 de abril, (Figura 2) se puede observar claramente el polígono incendiado en la parte inferior izquierda del área del bosque, el cual se muestra con colores más oscuros lo que indica valores negativos del NBR que sugiere un daño en la vegetación.

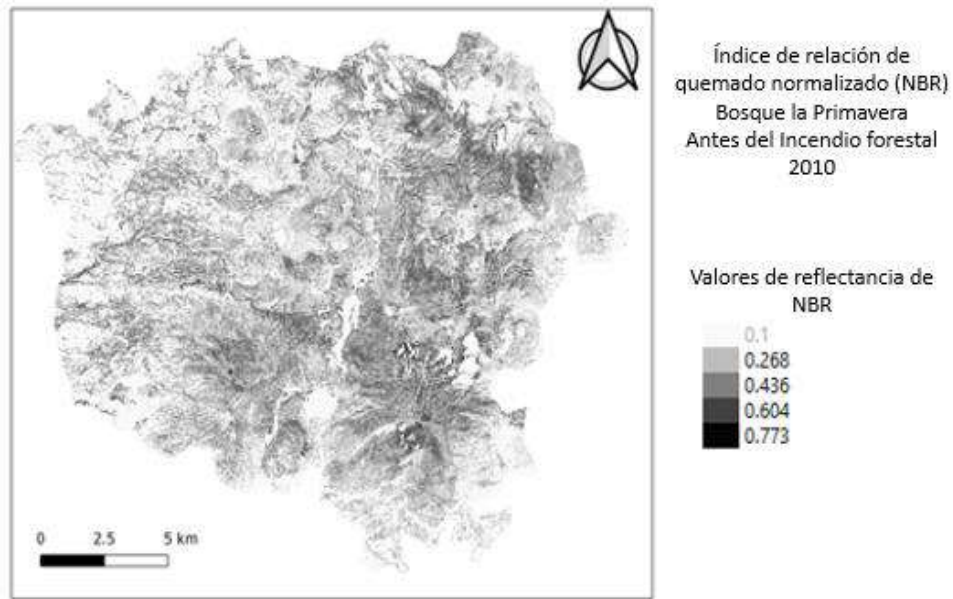


Figura 1. Mapa de índice de relación de quemado normalizado aplicado al área del bosque de La Primavera antes del incendio. **Fuente:** Elaboración propia.

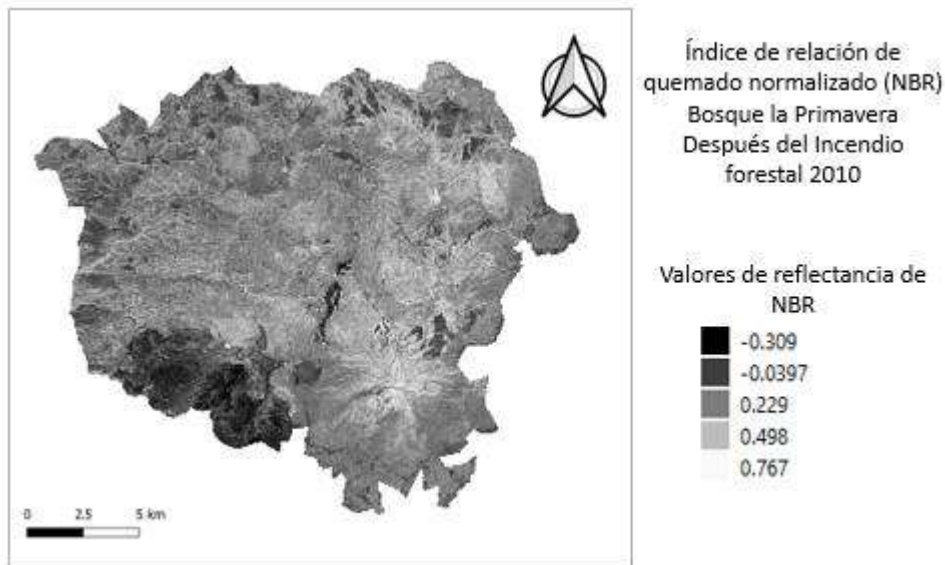


Figura 2. Mapa de índice de relación de quemado normalizado aplicado al área del bosque de La Primavera después del incendio. **Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente, basados en los resultados de estas dos imágenes, se aplicó el índice de diferencia de relación de quemado normalizado (dNBR), el cual compara los valores del índice NBR de antes y de después del incendio forestal. Como resultado, este índice depura las condiciones de la vegetación como se encontraba antes y como es que fue afectada después del paso del incendio. Mostrando de manera clara cuál

fue el daño ocasionado por el fuego dentro del área forestal, se observa claramente el polígono afectado por el incendio en la parte suroeste del área de protección del Bosque de La Primavera y reporta un polígono afectado de 2,738 ha aproximadamente (Figura 3).

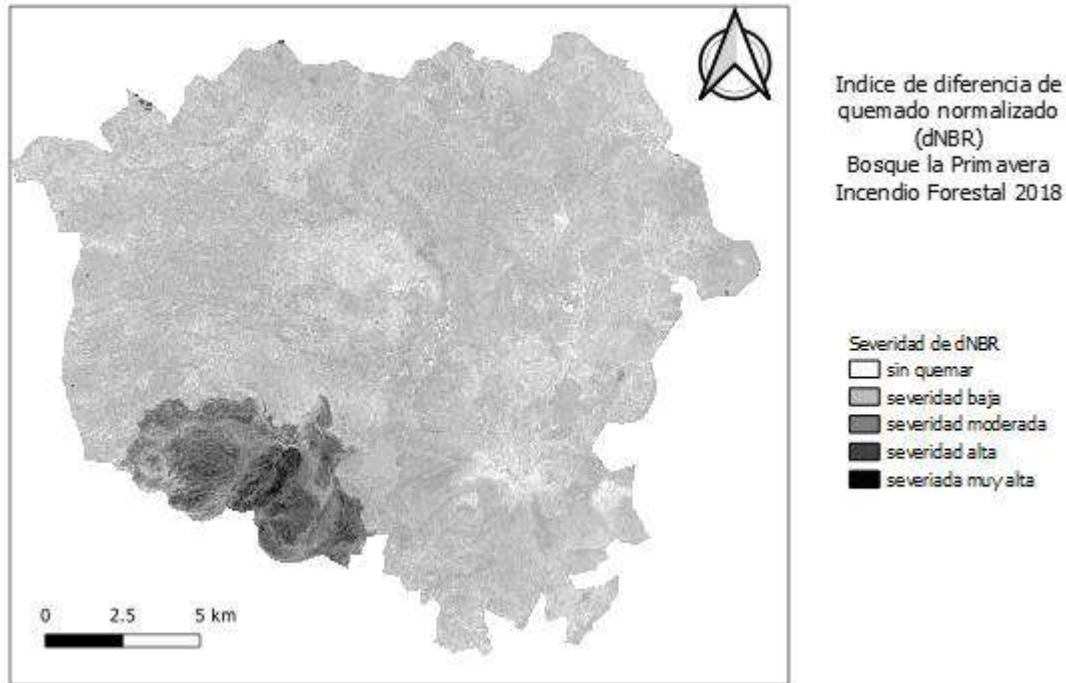


Figura 3. Mapa de índice de diferencia de relación de quemado normalizado aplicado al área del bosque de La Primavera. **Fuente:** Elaboración propia.

Los valores obtenidos por el índice se pueden categorizar en rangos de severidad para identificar de manera más precisa las áreas con diferentes impactos por el incendio, para lo cual el índice cuenta con una escala de valores del índice que corresponden a los grados de severidad como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Rango de nivel de severidad de dNBR (Athanasakis et al., 2017).

Valor de dNBR	Nivel de severidad
-0.10 - 0.10	Sin quemar
0.10 - 0.27	Baja severidad
0.27 - 0.44	Severidad media
0.44 - 0.66	Alta severidad
>0.66	Muy alta severidad

Fuente: Elaboración propia.

Basados en estos rangos, es posible generar cartografía temática del incendio en donde además de que se muestra el polígono incendiado, también se pueden identificar las áreas principalmente afectadas por el fuego. En este caso, para el incendio ocurrido en abril del 2018 en el Bosque La Primavera, se obtuvieron 893 ha con severidad moderada, 110 ha con alta y 0.99 ha con muy alta (Figura 3). Con este mapa se pueden dirigir las actividades de evaluación más puntuales en campo, sin necesidad evaluar todo el polígono quemado, sino solo dirigirse a ciertas áreas para validar la severidad aplicando algunos métodos de evaluación de severidad como el Índice de quemado compuesto (CBI) (Key y Benson, 2003) y aplicar por ejemplo matices de confusión, donde la certidumbre está relacionada a las calificaciones de omisión y comisión correspondientes.

De esta manera, con la clasificación de los rangos de severidad de los incendios se podrán planear las estrategias de restauración o de atención prioritarias en las áreas con severidad muy alta. Tanto el índice NBR como el dNBR, han mostrado buenos resultados en determinar el estado de la vegetación después del incendio en otros países como España (Heredia *et al.*, 2003), China (Fornacca *et al.*, 2018), Grecia (Mallinis *et al.*, 2017), incluso en Estados Unidos, se producen mapas de Clasificación de Reflexión de la Zona quemada (BARC) para las brigadas operativas de incendios, basados en estos dos índices (Hudak *et al.*, 2007), los cuales se usan de manera operativa para definir las acciones a seguir. Ello abre una ventana de oportunidad para dirigir la educación ambiental en este tema, a fin de que estas técnicas sean acopladas a los ecosistemas forestales de México y puedan ser conocidas y aplicadas para apoyar la toma de decisiones en el manejo de incendios forestales en el país.

Conclusiones

El uso de imágenes satelitales y la aplicación de índices espectrales es una metodología práctica que se puede implantar en el estudio y evaluación de los incendios forestales ya que aporta información sobre el área afectada y que tan severa fue esta afectación, lo que reduce la necesidad de recorrer todo el polígono afectado en campo, sin necesidad de evaluar toda el área para determinar los grados de severidad.

Es importante acoplar el uso de nuevas tecnologías como las imágenes satelitales y la aplicación de índices espectrales como el dNBR, para ampliar el conocimiento sobre los incendios que ocurren en el país. Para enriquecer estas herramientas de evaluación de los incendios forestales es necesario realizar valoraciones de

calibración de los rangos de severidad, los cuales pueden hacerse en puntos o sitios de muestreo determinados en campo para afinar los parámetros del índice y las categorías de las severidades.

Referencias

- Athanasakis, G, Psomiadis, E, Chatziantoniou, A. (2017). High-resolution Earth observation data and spatial analysis for burn severity evaluation and post-fire effects assessment in the Island of Chios, Greece. Proc. SPIE 10428, Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications VIII, 104281P. <https://doi.org/10.1117/12.2278271>
- Brewer, C. K., Winne, J. C., Redmond, R. L., Opitz, D. W., and Mangrich, M.V. (2005). Classifying and Mapping Wildfire Severity: A Comparison of Methods, *photogrammetric engineering & remote sensing*, 71(11), 1311-1320.
- Casady, G. M., van Leeuwen, W. J., and Marsh, S. E. (2010). Evaluating Post-wildfire Vegetation Regeneration as a Response to Multiple Environmental Determinants. *Environ. Model Assess.*, 15, 295-307.
- Cerano, P., J., Villanueva D., J., Cervantes M., R., Fulé, P., Yocom, L., Esquivel A., G., y Jardel P., E. (2015). Historia de incendios de un bosque de pino de la sierra de Manantlán, Jalisco México, *Bosque*, 36(1), 41-52.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2000). *Programa de manejo del área de protección de flora y fauna La Primavera*. Jalisco, México: CONANP.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2019). *Programa de manejo del fuego Cierre 2019*. Jalisco, México: Coordinación General de Conservación y Restauración, Gerencia de Manejo del Fuego CONAFOR.
- Chuvieco, E., Ventura, M., Martín, P., and Gómez, I. (2005). Assesment of multitemporal compositing techniques of MODIS and AVHRR images for Burneo land mapping. *Remote Sensing of Environment*, 94, 450-462.
- Fornacca, D., Ren, G., and Xiao, W. (2018). Evaluating the Best Spectral Indices for the Detection of Burn Scars at Several Post-Fire Dates in a Mountainous Region of Northwest Yunnan, China. *Remote Sensing*, 10, 1196. doi:10.3390/rs10081196
- González, M. A., Schwendenmann, L., Jiménez, J., and Schulz, R. (2008). Forest structure and woody plant species composition along a fire chronosequence in mixed pine-oak forest in the Sierra Madre Oriental, Northeast Mexico. *Forest Ecology and Managment*, 256, 161-167.
- Herawati, H., Gonzales-Olabarria, J.R., Wijaya, A., Martius, C., Purnomo, H. y Andriani. R. (2015). Tools for Assessing the Impacts of Climate Variability and Change on Wildfire Regimes in Forests. *Forests*, 6, 1476-1499.

- Heredia, L., A., Martínez S., S., Quintero, E., Piñeros, W., and Chuvieco, E. (2003). Comparación de distintas técnicas de análisis digital para la cartografía de áreas quemadas con imágenes landsat ETM+. *Revista internacional de ciencia y tecnología de la información geográfica*, 3, 216-234
- Hudak, A. T., Morgan, P., Bobbitt, M. J., Smith, A.M.S., Lewis, S. A., Lentile, L. B., Robichaud, P. R., Clark, J. T., and McKinley, R.A. (2007). The relationship of multispectral satellite imagery to immediate fire effects. *Fire Ecology Special Issue*, 3(1), 64- 90.
- Jardel, P. E.J., Ramírez, V. R., Castillo, N. F., García, R. S., Balcázar M. O. E., Chacón, M. J. C., y Morfín R. J. E. (2006). Manejo del fuego y restauración de bosques en la reserva de la biosfera sierra de Manantlán, México. En J.G. Flores-Garnica, y Rodríguez-Trejo, D.A. (Eds.), *Incendios Forestales* (pp. 214-242). México D.F y Madrid: Mundi Prensa-CONAFOR.
- Key, C. H., and Benson, N.C. (2003). *The composite burn index (CBI): field rating of burn severity*. US Geological Survey Northern Rocky Mountain Science Center. U.S. Department of the Interior, Geological Survey, Northern Rocky Mountain Science Center. Recuperado de: <https://acortar.link/MIZkr>
- Key, C. H., and Benson, N.C. (2006). Landscape assessment sampling and analysis Methods. En. D.C. Lutes, (Eds), *Firemon: Fire Effects Monitoring and Inventory System* (pp. LA1 - LA51). Rocky Monuntain: USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164-CD.
- López-García, M.J., and Caselles, V. (1991). Mapping burns and natural reforestation using thematic Mapper data, *Geocarto International*, 6(1), 31-37.
- Mallinis, G., Mitsopoulos, I., and Chrysafi, I. (2017). Evaluating and comparing Sentinel 2A and Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) spectral indices for estimating fire severity in a Mediterranean pine ecosystem of Greece. *GIScience & Remote Sensing*, 55(1), 1-18.
- Martínez, G., G., Orozco H., M. E., Ordóñez D., J.A.B., y Camacho S., J.M. (2014). Régimen y distribución de los incendios forestales en el Estado de México (2000-2011). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(29), 92-107.
- Montorio, LL., R., Pérez C., F., García M., A., Vlassova, L., and De la Riva F., J. (2014). La severidad del fuego: revisión de conceptos, métodos y efectos ambientales. *Geología cambio ambiental y paisaje: homenaje al profesor José María García Ruiz*. Recuperado de: <https://bit.ly/3tWG3Mx>
- Neris, J., Santamarta, J.C., Doerr, S.H., Prieto, F., Aguillo, P. J., and García, V. P. (2016). Post-fire soil hydrology, water erosion and restoration strategies in Andosols: a review of evidence from the Canary Islands (Spain). *Forest*, 9, 583-59210.

- North, M. P. and Hurteau, M. D. (2011). High-severity wildfire effects on carbon stocks and emissions in fuels treated and untreated forest. *Forest Ecology and Management* 261, 1115-1120.
- Pausas, J.G., and Keeley, J.E. (2009). A burning story: The role of fire in the history of life. *BioScience*, 59, 593-601.
- Rodríguez, S., F., Molina M., J.R., y Castillo S., M. (2012). Aproximación metodológica para la evaluación del impacto ecológico de los incendios forestales, mediante el uso de teledetección especial, aplicación mediante el uso de imágenes Modis. En *Memorias del Cuarto Simposio Internacional Políticas, Planificación y Economía de los Incendios Forestales* (pp. 305-319): General technical report PSW-GTR-245.
- Rodríguez-Trejo, D.A. and Fulé, P.Z. (2003). Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. *International Journal of Wildland*, 12,23-37.
- Van der Werf, G.R., Randerson, J.T., Giglio, L., Collatz, G.J., Mu, M., Kasibhatla, P.S., and Van Leeuwen, T.T. (2010). Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997-2009). *Atmospheric chemistry and physics*, 10(23), 11707-11735.
- Van Wagtendonk, J. W., Root, R.R., and Key C.H. (2004). Comparison of AVIRIS and Landsat ETM+ detection capabilities for burn severity. *Remote Sensing of Environment*, 92, 397-408.
- Wohlgemuth, P. M., Hubbert, K., y Arbaugh, M.J. (2006). Fire and physical environment interactions. En N. G. Sugihara, van Wagtendonk, J. W., Shaffer, K. E., Fites-Kaufman J. y Thode, A. E. (Ed.) *Fire in California's ecosystems*. (pp.75-93). California, USA: University of California Press.

Análisis de arbolado y regeneración natural de tres áreas de bosque templado afectado por incendios

Analysis of tree coverage and natural regeneration of three temperate forest areas affected by fires

Daniel Alejandro Cadena Zamudio¹, José German Flores Garnica², Ana Graciela Flores Rodríguez³

Resumen

Los incendios forestales juegan un papel importante en el cambio climático además de tener influencia en los componentes de los ecosistemas e intervenir en el establecimiento de la regeneración natural del arbolado. Sin embargo, para definir qué nivel de impacto favorece o perjudica la resiliencia del ecosistema es indispensable conocer la composición y diversidad de los bosques. Con esto apoyar la educación ambiental en su objetivo de transferir una comprensión del medio ambiente y de la ecología del fuego. En el presente estudio se analizan tres bosques templados, considerando para cada especie arbórea diámetro normal (d1.30) y altura total, así como la regeneración inmediata de pino (altura <30cm) después de la ocurrencia de incendios forestales. Se obtuvo el índice de valor de importancia (IVI), además de realizar un análisis comparativo entre el número de individuos de regeneración en las regiones. Como resultado, en las tres regiones estudiadas, se registraron 6 familias, 6 géneros y 12 especies. Las Regiones de Tapalpa y Quila mostraron mayor índice de similitud. Sin embargo, en cuanto al análisis de

¹ Estudiante de doctorado en el Instituto de Ecología A. C. México. Correo electrónico: cadenzamudio@gmail.com

² Doctor en Ciencias del Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, Centro de investigación Regional Pacífico Centro, INIFAP. México. Correo electrónico: flores.german@inifap.gob.mx

³ Estudiante de maestría en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. México. Correo electrónico: ana.frodriguez@alumnos.udg.mx

presencia de regeneración existe una diferencia significativa entre la región de Tapalpa que presenta un número mayor de individuos.

Palabras clave: Dinámica de ecosistemas, estrato arbóreo, incendios forestales, resiliencia.

Abstract

Forest fires play an important role in climate change, besides influencing the ecosystem components and participating in the tree coverage natural regeneration process. However, in order to define which level of impact favors or affects the ecosystem resilience, it is essential to know the forest composition and diversity. With this, it is possible to support the environmental education objective of transferring knowledge regarding the environment and the ecology of fire. In this study, three temperate forests are analyzed, considering normal diameter (d1.30) and total height for each tree species, as well as the immediate regeneration of pine tree (<30cm height) after forest fires. The importance value index (IVI) was calculated, and a comparative analysis was performed in terms of the number of individuals from regeneration in the selected regions. In consequence, within the three studied regions, six families, six genera, and twelve species were registered. Tapalpa and Quila regions showed a higher similarity index. However, with regards to the analysis of tree regeneration there is a significant difference with Tapalpa, where a higher number of individuals was registered.

Keywords: ecosystem dynamics, tree stratum, forest fires, resilience.

Introducción

Diversos factores como los incendios forestales impactan cada año superficies arboladas del territorio mexicano. En el 2019, el estado de Jalisco registró el primer lugar en superficies afectadas por incendios forestales en el país, con un total de 72,268 hectáreas (ha) y el cuarto lugar por número de incendios con 587 (CONAFOR, 2019). El estado de Jalisco cuenta con 786,926 de ha forestales, donde los bosques templados de coníferas y encinos son los más abundantes (IIEG, 2014), en éstos el fuego ha repercutido en la dinámica de las poblaciones vegetales (López, 2012). No obstante, poco se ha estudiado al respecto, por lo que una forma de comprender esta relación es partir primeramente de la caracterización de los bosques, por medio de métricas e indicadores específicos de la dinámica de poblaciones de estos ecosistemas (Saravanan *et al.*, 2013). Por ejemplo, la estructura de los bosques, que es un indicador de los estratos (pisos) que se definen por: a) la presencia multigeneracional; y/o b) la jerarquización interespecífica y entre especies, es información relevante para el manejo de estos ecosistemas

(Solís *et al.*, 2006). Por último, debe considerarse la composición, que describe el número de especies, géneros y familias dentro de un bosque (Louman *et al.*, 2001).

Desarrollar estudios sobre el arbolado en ecosistemas templados permitirá generar conocimiento ecológico que contribuya al entendimiento de la relación de los incendios con estos ecosistemas forestales, ayudar a realizar a un manejo sustentable y a dirigir objetivos de educación ambiental relacionados al uso y control del fuego (Wehenkel *et al.*, 2014). Al respecto, en México se han reportado diversos estudios sobre la estructura y diversidad de las comunidades forestales, siendo los bosques templados los más analizados (Dávila *et al.*, 2019). De los cuales, se ha concluido que su distribución es muy heterogénea, en comparación con otros tipos de vegetación (Gadow *et al.*, 2012). Específicamente, en el estado de Jalisco solo se ha analizado la estructura de un bosque de galería (Santiago *et al.*, 2014), y se ha estudiado sobre la composición y diversidad de un bosque mesófilo (Sánchez *et al.*, 2003).

Por otra parte, es importante tener en cuenta que la dinámica de los ecosistemas forestales varía de acuerdo con el tipo de perturbación, así como a su frecuencia e intensidad. De esta manera, se lleva a cabo la resiliencia ante las perturbaciones y el proceso sucesional de los ecosistemas, los cuales se componen de tres fases: perturbación, regeneración y madurez (Rebottaro y Cabrelli, 2011); cuando hay perturbaciones se generan condiciones adecuadas para el establecimiento y competencia de las especies. Algunas de ellas, para existir en sitios hostiles, utilizan sus energías para la reproducción, mientras que otras que viven en ambientes más estables, como el caso de las coníferas, canalizan su energía para la competencia (Badii *et al.*, 2013; Godínez *et al.*, 2016). Por lo que el ambiente ejerce un rango de presión selectiva a los cuales los organismos deben adaptarse para poder sobrevivir y reproducirse (Badii *et al.*, 2013).

Con el propósito de generar más información que permita entender la influencia de los incendios en los bosques templados, el objetivo de este trabajo es hacer un análisis comparativo de la dinámica de poblaciones, enfocada en indicadores ecológicos de la estructura y la biodiversidad del arbolado, de tres importantes regiones forestales de bosque de pino-encino del estado de Jalisco, específicamente el bosque La Primavera, Sierra de Quila y Sierra de Tapalpa. Donde también se evaluó la respuesta de la regeneración natural de pino ante el impacto de incendios forestales con severidad moderada y extrema.

Materiales y Método

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en tres regiones forestales del estado de Jalisco, que se caracterizan por su tipo de vegetación y condiciones ambientales (Flores *et al.*, 2018), donde se tiene una importante ocurrencia de incendios forestales: a) Bosque de La Primavera, cuya precipitación media anual oscila entre 800 y 1000 mm, y tiene una temperatura media anual de 20.6 °C. La vegetación es de encino-pino, pino-encino y bosque de encino principalmente (CONANP, 2000); b) Sierra de Quila, que se caracteriza por tener vegetación dominante de bosque de encino y en menor proporción el bosque encino-pino. La temperatura media anual es de 18 °C, (SEMADES, 2016) con lluvias en verano con precipitación media anual de 882 mm (Villavicencio *et al.*, 2014); y c) Sierra de Tapalpa, que registra vegetación de bosque de pino-encino, matorral subtropical y selva baja caducifolia. La temperatura media anual es de 16.7 °C, con precipitación media anual de 883.1 mm (INAFED, 2018).

Toma de datos

El estudio se basó en un diseño experimental factorial (3 x 3): a) tres regiones (Bosque de La Primavera, sierra de Quila y sierra Tapalpa); b) tres niveles de severidad (moderado, extremo y sin incendio). Para seleccionar la condición de severidad, se consultaron los registros de ocurrencias de incendios y se realizaron recorridos en campo tomando en cuenta que el área sin incendio se ubicara donde no ha ocurrido ningún incendio forestal o han pasado más de 5 años desde el último; para el área con incendio moderado se consideraron lugares donde el incendio ocurrió una temporada de lluvias previa a la toma de datos y que su impacto no afectara la estructura del bosque en su totalidad, presentándose un escorchado (altura de la marca del fuego en el fuste) por debajo de la mitad de la altura total del árbol y donde la copa puede estar afectada parcialmente; por último, las áreas con incendio extremo son bosques donde se presenta un escorchado mayor de la mitad de la altura total del árbol y la copa se afectó parcial o totalmente y el incendio ocurrió una temporada de lluvias previa a la toma de datos.

La combinación de estos factores definió nueve tratamientos, con tres repeticiones cada uno, los cuales se ubicaron en 27 sitios de muestreo. El diseño de estos sitios fue circular (400 m² [Aguirre *et al.*, 1997]), dentro de los cuales se caracterizaron todos los individuos de arbolado que tuvieran un diámetro normal (DN a 1.3 m) mayor a 7.5 cm, registrando, entre otros, los siguientes datos: género, especie, nombre común, diámetro normal y altura total. Esto se determinó mediante guías de identificación, colecta botánica, consulta con expertos de las áreas para determinar el nombre común de los árboles en cada una de las regiones, cintas

diamétricas para la toma de diámetros y clinómetros e hipsómetros para la toma de alturas. Por su parte la regeneración del arbolado se contabilizó en tres sub-sitios de 5 m² orientados a 0°, 120° y 240°, tomando en cuenta la regeneración inmediata (<30 cm altura), que se dio después del incendio (Flores *et al.*, 2018a) (Figura 1).

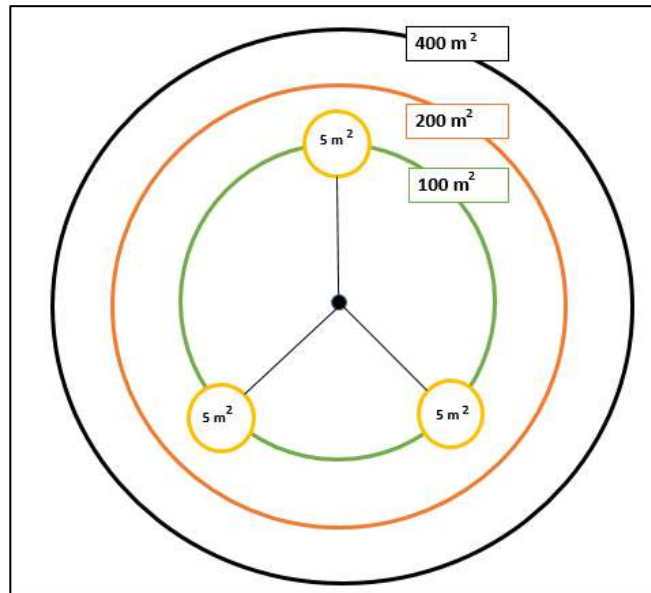


Figura 1. Sitio de muestreo de 400 m² usado para la evaluación del arbolado adulto y subsitios de 5 m² para la evaluación de la regeneración inmediata. **Fuente:** Flores y colaboradores, 2018^a.

Parámetros determinados

Para caracterizar cada una de las regiones en el estudio se usaron los parámetros que se describen a continuación: a) Estructura. Para determinarla se tomaron en cuenta las alturas y diámetros del arbolado (Flores *et al.*, 2018). b) Composición y similitud. Se expresó con el índice de importancia ecológica, de cada especie por región, mediante la sumatoria de los valores relativos de la densidad, dominancia (a partir del área basal) y frecuencia. Posteriormente haciendo uso del programa Past 3.2 Se calculó el coeficiente de similitud de Jaccard para identificar el grado en que las tres regiones son similares o disimiles entre sí (Pineda-García *et al.*, 2007). c) Regeneración inmediata al incendio. Se realizaron gráficas de frecuencia con la finalidad de caracterizar la densidad de la regeneración ante el efecto de los incendios forestales en tres severidades. Además, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) con sus respectivas pruebas de Tukey para analizar el comportamiento de los datos.

Resultados

Estructura

En relación con las características estructurales de las especies, se encontraron diferencias significativas ($P=0.0001$) en cuanto al diámetro, entre el Bosque de La Primavera y Tapalpa y entre Tapalpa y sierra de Quila; mientras que, entre el Bosque de La Primavera y sierra de Quila no se encontraron (Figura 2). La altura del arbolado solo fue distinta ($P=0.044$) entre el bosque de La Primavera y Tapalpa, ya que Sierra de Quila no mostró diferencia con ninguna de las otras dos regiones (Figura 2). Con respecto al área basal solo se muestra diferencia significativa ($P=0.002$) entre Tapalpa y sierra de Quila, mientras que el bosque La Primavera se reportan similitudes con respecto a las otras dos regiones (Figura 2).

Esta caracterización de las regiones puede dar soporte a estudios con relación a la ecología del fuego, para saber las condiciones del bosque y poder determinar si su respuesta es diferente o es similar ante los impactos de los incendios forestales según las características del arbolado.

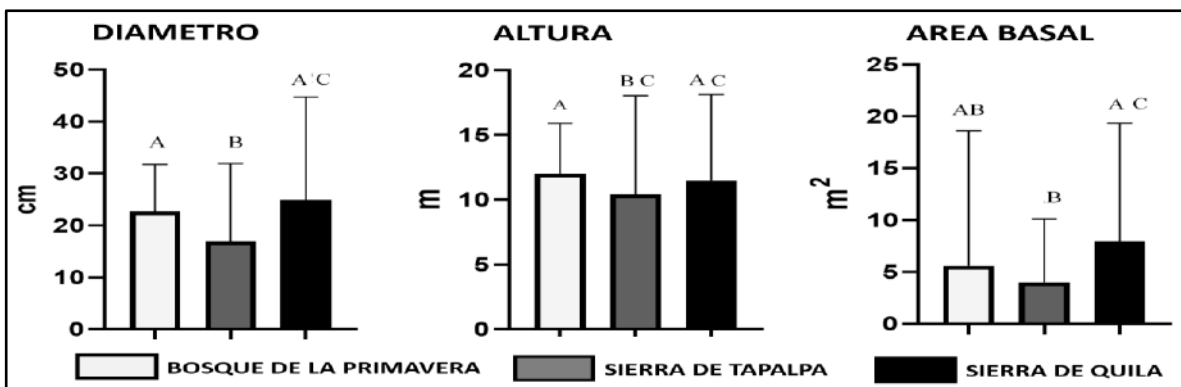


Figura 2. Comparación entre diámetro, altura y área basal de los tres sitios de estudio. Bosque de La Primavera, Tapalpa y sierra de Quila. Valores obtenidos de $n=176 \pm$ error estándar.

Fuente: Elaboración propia.

Composición

Se registraron un total de 612 árboles con un diámetro mayor a 7.5 cm (DN 1.30 m) Lo que nos da un promedio de 567 individuos por hectárea en las zonas de estudio.

Con su evaluación podemos tener una idea de la biodiversidad de los bosques ya que se encontró que son pertenecientes a 12 especies, distribuidas en seis géneros y seis familias (Tabla 1). Las familias Pinaceae y Fagaceae fueron las de mayor número de especies, representaron el 82% de la composición arbórea en las tres regiones de estudio. De estos datos se deduce que la familia Pinaceae es la especie mejor adaptada al fuego.

Tabla 1. Especies registradas en las tres regiones de estudio (Bosque La Primavera, sierra de Quila y Tapalpa) Jalisco, México.

Especies	Nombre común	Familia
<i>Arctostaphylos pungens</i> HBK	Pingüica	Ericaceae*
<i>Bursera penicillata</i> DC	Palo prieto	Burseraceae
<i>Crataegus mexicana</i> Moc. & Sessé	Tejocote	Rosaceae
<i>Fraxinus uhdei</i> Wenz.	Fresno	Oleaceae
<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	Pino canis	Pinaceae
<i>Pinus lumholtzii</i> Robins & Ferns	Pino triste	Pinaceae
<i>Pinus devoniana</i> Lindl	Pino lacio	Pinaceae
<i>Pinus ocarpa</i> Scheide	Pino avellano	Pinaceae
<i>Quercus castanea</i> Née	Roble	Fagaceae
<i>Quercus magnoliifolia</i> Née	Encino laurel	Fagaceae
<i>Quercus obtusata</i> H. & B.	Encino rojo	Fagaceae
<i>Quercus resinosa</i> Liebm.	Roble	Fagaceae

Nota: * La especie *Arctostaphylos pungens* HBK fue considerada por su diámetro >7.5, aunque su comportamiento es arbustivo.

Similitud

El resultado obtenido de análisis de agrupamiento (coeficiente de Jaccard) mostró la formación de una entidad aislada y un grupo (Figura 3). La entidad aislada correspondió al bosque La Primavera con 27%, en cambio, el grupo conformado por Tapalpa y Quila compartieron las especies *B. penicillata*, *C. mexicana*, *F. uhdei* y *P. devoniana* Lindl, con 36% de similitud.

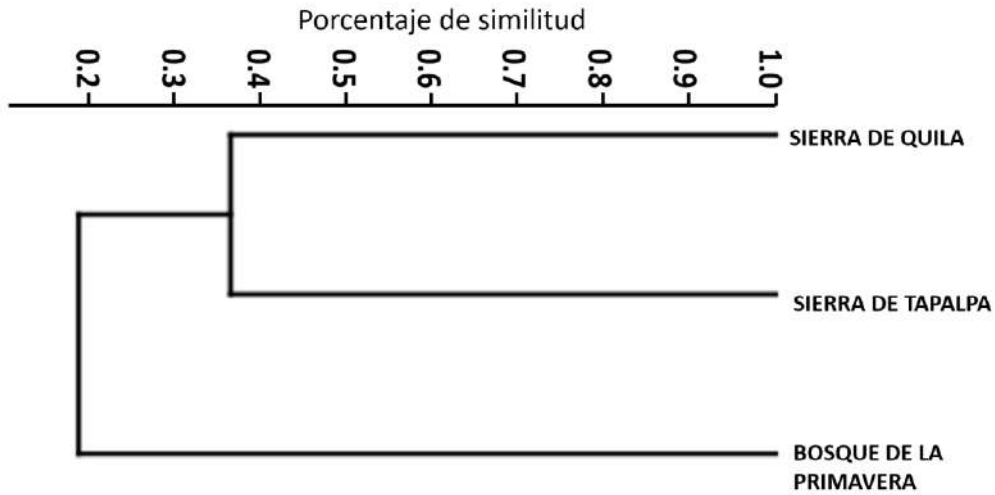


Figura 3. Coeficientes de similitud de Jaccard para las tres regiones forestales en estudio. Fuente: Elaboración propia.

Regeneración inmediata al incendio

El mayor número de brotes de pino se encontró en la región de Tapalpa en donde se localizó su presencia en las tres condiciones (severidad moderada, extrema y sin incendio), siendo la zona de impacto moderado la que registró el mayor número de regeneración con 160,000 individuos en promedio por ha⁻¹. En La Primavera se registraron 22,806 en la severidad moderada y 20,393 para el ecosistema afectado de manera extrema, no encontrando registro en el sitio sin incendio. Por su parte, en Sierra de Quila no se encontraron plántulas, ni en el área sin incendio ni en los sitios de severidad extrema y solamente se registraron un aproximado de 12,061 individuos por ha⁻¹ en el área afectada moderadamente (Figura 4).

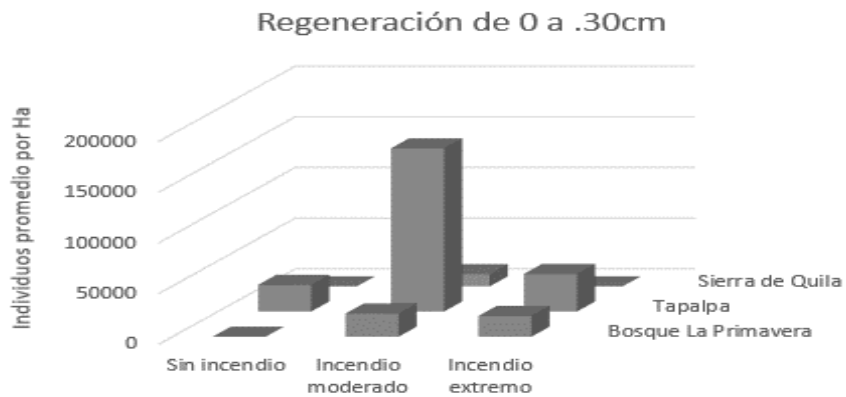


Figura 4. Graficas comparativas de número de individuos de pino de 0 a 0.30 m, por región y por condición. Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza mostró diferencias tanto para la región como para la

condición ($p < 0.05$). Los resultados de la prueba de Tukey sugieren que comparando cada una de las regiones existe una diferencia significativa entre el número de plántulas ACENTO encontrada en Tapalpa en comparación a Sierra de Quila y el Bosque de la Primavera (Figura 5). Si consideramos además de la región, la condición del impacto del fuego se puede observar que tanto para Tapalpa y Sierra de Quila, existen diferencias entre las áreas sin incendio y severidad extrema comparadas con las áreas de impacto moderado, siendo estas últimas en donde se encuentra el mayor número de brotes de pino. Esto también es observado por Juárez y Rodríguez (2004) quienes determinaron en áreas incendiadas de Oaxaca mayor regeneración de *Pinus oocarpa* que en las no incendiadas. Sin embargo, para el área del Bosque La Primavera la tendencia es un poco diferente, ya que la presencia de pinos entre las áreas severidad extrema y las se moderada son similares, sin embargo, sí se muestra una significativa diferencia en cuanto a la presencia de regeneración de pino en las áreas sin incendio, en donde la ocurrencia de brotes fue menos abundante (Figura 6).

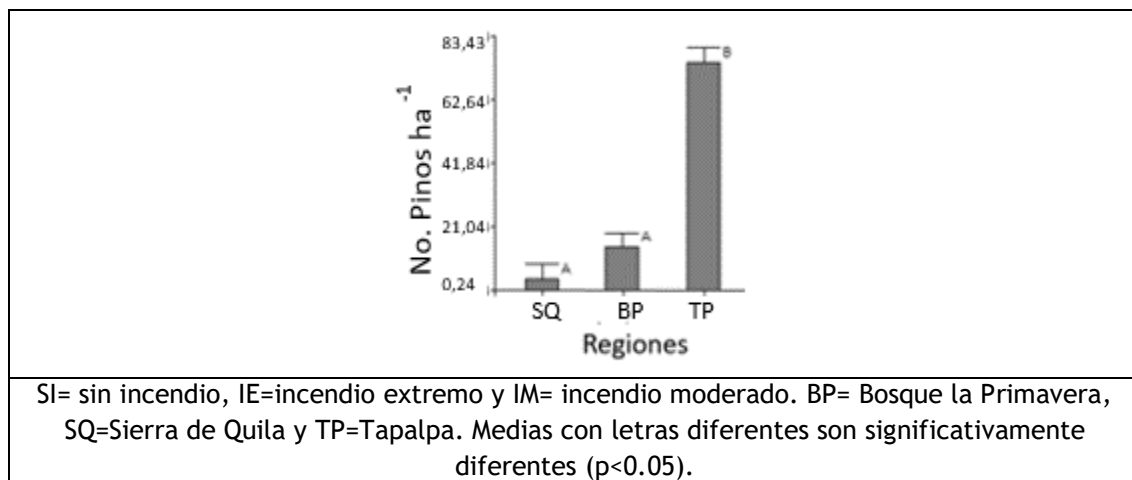


Figura 5. Graficas de intervalos de medias de la regeneración de pino con alturas de 0 a 0.30 m, en las tres diferentes regiones y condiciones de severidad. **Fuente:** Elaboración propia.

En base a estos resultados, la ocurrencia de un incendio moderado propicia una mayor incidencia de regeneración natural de pino, esto puede ser por factores como la pérdida de combustibles forestales, ya que es esencial que la capa que cubre el piso forestal se reduzca para que permita que las semillas estén en contacto directo con el suelo y pueda darse la regeneración de la vegetación (Flores y Moreno, 2005; Márquez *et al.*, 2005).

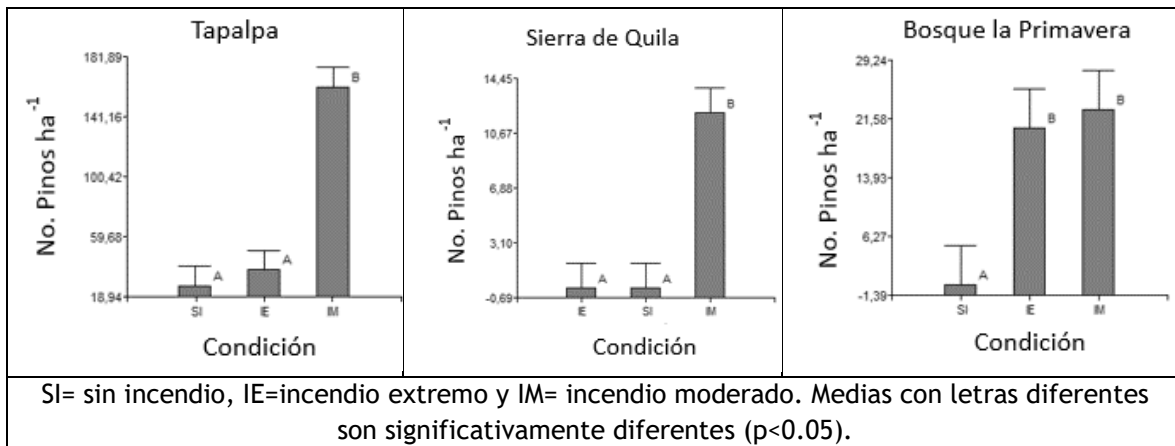


Figura 6. Gráfico de intervalos de medias por región, de la regeneración de pino, en las tres diferentes condiciones de severidad. **Fuente:** Elaboración propia.

Por otra parte, el incremento de la regeneración de pino después de un incendio moderado se puede atribuir, simplemente, a la liberación de las semillas debido a que las altas temperaturas deshidratan los tejidos de los conos provocando su liberación. Ya que estudios como los realizados por Reyes y Casals (1995) reportan que la tasa de germinación de varias especies del género *Pinus*, no se ven estimuladas ni suprimidas por los choques térmicos si la temperatura y el tiempo de exposición no son muy elevados.

Sin embargo, aunque se registró que la ocurrencia de un incendio moderado puede propiciar una mayor incidencia de regeneración natural de pino en las tres diferentes áreas de estudio a pesar de sus similitudes y diferencias en cuanto a la conformación de los bosques. Sierra de Quila y Tapalpa mostraron un alto coeficiente de similitud en cuanto a sus ecosistemas y sin embargo se muestra que existe mayor regeneración para el área de Tapalpa después de la ocurrencia de los incendios.

Conclusiones

El estudio registró que las especies con mayor presencia fueron *P. devoniana* Lindl y *Q. magnifolia* Née. La familia Pinaceae fue la que contribuyó con más especies dominantes en las tres regiones en relación con su área basal. Lo que indica una dominancia de la familia a nivel de comunidad. El análisis de agrupamiento mostró al bosque de La Primavera como una entidad aislada y a Tapalpa y sierra de Quila como un grupo, esta diferencia también se puede apreciar en cuanto a la regeneración de pino encontrada y que solo el bosque de la Primavera reportó alta cantidad de regeneración en áreas afectadas por el incendio extremo.

El índice de valor de importancia fue mayor en especies de *Pinus* y *Quercus*, lo que demuestra que existe heterogeneidad en los ecosistemas. Según los análisis obtenidos de la regeneración, la ocurrencia de un incendio moderado puede propiciar una mayor incidencia de brotes de pino de manera natural en las tres diferentes áreas de estudio. Es importante orientar el conocimiento en cuanto a la ecología del fuego y a los impactos positivos que pueden tener los incendios forestales con respecto a la respuesta de la regeneración natural dentro de los ecosistemas. Lo cual ayude a romper los paradigmas de que los incendios siempre son dañinos y con esto orientar las actividades del uso del fuego como las quemas prescritas.

Referencias

- Aguirre, C., O. A., Jiménez P., J., Treviño G., E. J., y Meraz A., B. (1997). Evaluación de diversos tamaños de sitio de muestreo en inventarios forestales. *Madera y Bosques*, 3(1), 71-79.
- Badii, M.H., Landeros, J., Valenzuela, J., Rodríguez, R., Ochoa, Y., y Cerna, E. (2013). Patrones reproductivos. *Daena: Internacional Journal of Good Conscience*, 8(1), 55-63.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2000). *Programa de manejo del área de protección de flora y fauna La Primavera*. Jalisco, México: CONANP.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2019). *Programa de manejo del fuego, cierre 2019*. Jalisco, México: Gerencia de Manejo del Fuego CONAFOR.
- Dávila, L., M. A., Aguirre. C., Ó. A., Jurado. Y., E. Treviño. G., E., González. T., M. A., y Trincado. V., G. F. (2019). Estructura y diversidad de especies arbóreas en bosques templados de San Luis Potosí, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(18), 399-409.
- Flores, G., J. G., y Macías M., A. (2018). Bandwidth selection for kernel density estimation of forest fires. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 24(3), 313-327.
- Flores, G., J. G., Ruiz G., E., Flores R., A.G., Lomelí Z., M.E., y García B., J.M. (2018a). *Metodología para toma de datos de regeneración naturales en áreas afectadas por incendios forestales*. Jalisco, México: INIFAP.
- Flores, G., J. G., y Moreno, D. A. G. (2005). Modelaje espacial de la influencia de combustibles forestales sobre la regeneración natural de un bosque perturbado. *Agrociencia*, 39(3), 339- 349.
- Gadow, K. V., Zhang, Y. C., Wehenkel, C., Pommerening, A., Corral-Rivas., J., Korol, M., Myklush, S., Hui, Y. G., Kiviste, A., and Zhao, X.H. (2012). Forest structure and diversity. En: T. Pukkala., and K. von Gadow. (Ed.). Continuous

- Cover Forestry. (pp. 29-83). Netherlands: Springer.
- Godínez, S. M., Rodríguez, F. A., López, N. P., y Camposeco, J. (2016). Evaluación de la regeneración natural de tres especies de coníferas en áreas de distribución natural en el altiplano occidental de Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 3(1), 5-16.
- Instituto de Información, Estadística y Geografía del estado de Jalisco (IIEG). (2014). *Conociendo Jalisco, 2014*. Gobierno del estado. Zapopan, Jalisco, México. Recuperado de: <https://iieg.gob.mx/strategos>
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED), 2018. *Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México*. Estado de Jalisco. Tapalpa. Recuperado de: <https://acortar.link/vZ1KB>.
- Juárez, M. A., y Rodríguez T. D. A. (2004). Efecto de los incendios forestales en la regeneración de *Pinus oocarpa* var. *ochoterenae*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9(2), 125-130.
- López, F.A. (2012). *Deforestation in México: A preliminary analysis*. University Library of Munich, Germany: MPRA Paper 39082.
- Louman, B., Quiroz, D., y Nilson, M. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados húmedo con énfasis en América Central*. Serie Técnica. Manual Técnico Núm. 46. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Márquez, L. M. A., Jurado, E., y López, C. G. (2005). Efecto del fuego en el establecimiento de *Arctostaphylos pungens* HBK, en ecosistemas templados semihúmedos de Durango, México. *Madera y Bosques*, 11(2), 35-48. DOI:<http://dx.doi.org/10.21829/myb.2005.1121255>.
- Pineda-García, F., Arredondo-Amezcu, L. y Ibarra-Manríquez, G. (2007). Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio El Tarimo, Cuenca del Balsas, Guerrero. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 78(1), 129-139.
- Rebottaro, S.L., y Cabrelli, D. A. (2011). Regeneración natural de *Pinus elliottii* en claros silvícolas: dinámica poblacional durante siete años. *Madera y Bosques*, 17(1), 49-70.
- Reyes, O., and Casal, M. (1995). Germination behavior of three species of the genus *Pinus* in relation to high temperatures suffered during forest fires. *Annales Sciences Forestieres*, 52, 385-392. DOI: 10.1051/forest:19950408.
- Sánchez, R., E. V., López. M., L., García. M., E., y Cuevas. G., R. (2003). Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque Mesófilo de Montaña en la sierra de Manantlán, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 73, 17-34.
- Saravanan, S., Ravichandran, K., Balasubramanian, A., y Paneerselvam, K. (2013). Structure and floristic composition of tree diversity in Andaman tropical

- evergreen forest of middle Andaman, India. *Indian Journal of Forestry*, 36(2), 167-171.
- Santiago, P., A. L., Ayón. E., A., Rosas. E., V. C., Rodríguez. Z., F. A., y Toledo. G., S. L. (2014). Estructura del bosque templado de galería en la sierra de Quila, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(24),144-159.
- Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (SEMADES). (2016). *biodiversidad*. Recuperado de: <https://acortar.link/rhNAt>
- Solís M., R., Aguirre C., Ó.A., Treviño G., E. J., Jiménez P., J., Jurado Y., E., y Corral R., J. (2006). Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Bosques*, 12(2), 49-64.
- Villavicencio, G., R., Martínez R., B. R., Toledo G., S. L., Guevara G., R. D., y Ávila C., R. (2014) Infiltración de agua y medición del caudal de Arroyos en la Sierra de Quila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(24),184-201.
- Wehenkel C., Corral R., J. J. y Gadow, K. V. (2014). Quantifying differences between ecosystems with particular reference to selection forests in Durango/Mexico. *Forest Ecology and Management* 316, 117-124.

Capacitación a productores de orquídeas en Tenango de las Flores, Puebla: hacia un aprovechamiento sustentable

Training of orchid producers in Tenango de las Flores, Puebla State: towards a sustainable exploitation

Alejandra Villafuerte Salazar¹

Resumen

México cuenta con una riqueza de poco más de 1,260 especies de orquídeas, paradójicamente este recurso se cataloga como vulnerable debido a diversos factores antropogénicos entre ellos, la extracción ilegal de ejemplares de su hábitat natural. Esta situación invita a instituciones educativas y la sociedad en general, a trabajar en conjunto para generar proyectos que permitan el uso legal de la flora mexicana. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue capacitar a productores con el curso: “Estrategias de conservación y aprovechamiento sustentable de orquídeas de la zona de Tenango de las Flores, Puebla” para concientizarlos sobre la importancia biológica-económica de las orquídeas y poder reproducirlas de manera sustentable. Además, se visitaron las UMA’s² de la región, realizándose una recolección de datos para conocer las condiciones de cultivo de las especies. Como resultados, se organizó una expo-feria, misma que finalizó con el taller de “Arreglos florales con orquídeas”. Lo anterior puede servir de ejemplo para demostrar que, mediante la organización y objetivos claros, es posible aprovechar de manera pertinente la orquideoflora mexicana sin depredar los ecosistemas y a su vez, impactar positivamente en la economía de los productores.

Palabras clave: Asesoramiento, conservación, manejo, Orchidaceae.

¹ Maestrante. Profesora Investigadora, Área de Biología, Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. MÉXICO. Correo electrónico: alexandra912apple@hotmail.com

² Unidad de Manejo Ambiental para la Vida Silvestre (singular).

Abstract

There are more than 1,260 species of orchids in Mexico; paradoxically, this resource is considered as vulnerable due to several anthropogenic factors such as illegal extraction of specimens from their natural habitat. This situation urges educational institutions and society to work together in the creation of projects that enable the legal use of Mexican flora. In this sense, this study was aimed at training producers through the course called “*Estrategias de conservación y aprovechamiento sustentable de orquídeas de la zona de Tenango de las Flores, Puebla*”, in order to raise awareness among them about the biological and economic importance of orchids and to reproduce these plants in a sustainable way. Moreover, visits to Environmental Management Units (UMAs, for its acronym in Spanish) from the region were made to collect data about species culture conditions. An expo-fair, which ended with a workshop called “*Arreglos florales con orquídeas*”, was also organized. All this shows that appropriate exploitation of Mexican orchids is possible, through organization and clear objectives, while having a positive economic impact on producers and preventing ecosystem degradation.

Key words: counseling, conservation, management, Orchidaceae.

Introducción

Orchidaceae se encuentra entre los grupos de angiospermas más amplio y megadiverso, con 29,199 especies aceptadas a nivel mundial (Dressler, 2005; Govaerts *et al.*, 2017). Es posible verlas crecer en todos los continentes, excepción la Antártida (Salazar, 2005). Sus adaptaciones les han permitido colonizar una gran cantidad de hábitats, sin embargo, las regiones tropicales y los bosques de niebla son los ecosistemas más propicios para su desarrollo. En las zonas tropicales de América es donde se concentra la mayor riqueza de especies (Hágsater *et al.*, 2005). En México, la familia ocupa el tercer lugar con alrededor de 1,260 especies y 170 géneros, de los cuales el 60 % son epifitas (Soto *et al.*, 2007), siendo superadas únicamente por la familia Asteraceae y Fabaceae (Villaseñor, 2003). De acuerdo con Espejo-Serna y López-Ferrari (1997, 1998), para el Estado de Puebla se han reportado a modo de listado florístico la presencia de 146 especies de orquídeas correspondientes a 58 géneros (Romero-Giordano, 2000; Mora, 2004; Morales, 2008).

La zona florícola de la sierra norte de Puebla se ubica en el transecto Xicotepec, Tenango de las Flores, Nuevo Necaxa, Huauchinango y Naupan. Esta región es un punto de referencia nacional en la producción de flores. En lo que refiere a las orquídeas, desde hace más de 10 años se vienen cultivando especies silvestres y

variedades híbridas. Durante este periodo también se ha incrementado la venta ilegal de orquídeas extraídas de los bosques y selvas de la región, así como de otros estados de la república para satisfacer la demanda creciente de este grupo vegetal. Al aumentar ésta, los campesinos de la región han intensificado la extracción de las especies nativas ofreciéndolas a precios muy bajos. Ante este panorama, en un futuro próximo estarán destinadas a la extinción por factores primordialmente antropogénicos como la deforestación y la extracción masiva de su hábitat natural. Debido a esta situación, los investigadores y cultivadores que manejan especies nativas de orquídeas muestran una preocupación inminente por la problemática y están decididos a proteger la orquideoflora silvestre y generar estrategias de conservación así como proyectos donde se lleve a cabo su uso de manera ordenada y sostenible.

Debido entonces a que la diversidad y distribución de las orquídeas de Puebla, particularmente en la zona florícola es poco conocida y con la finalidad de contribuir al conocimiento de un área del estado poco explorada, los objetivos fueron: a) Obtener información sobre las condiciones de manejo-cultivo de las orquídeas presentes en las UMA's tanto de Tenango de las Flores como de las comunidades aledañas y b) Capacitar a los campesinos y productores sobre temas de conservación y aprovechamiento sostenible. Los resultados servirán para la planificación de los siguientes cursos de capacitación, acorde las necesidades de los productores e impactar de manera positiva en la protección de las especies y su posterior propagación para abastecer la demanda de orquídeas.

Antecedentes

Hace 10 años se impartió el primer curso de capacitación sobre el cultivo y reproducción de orquídeas, detonándose la creación de siete Unidades de Manejo Ambiental para la Vida Silvestre (UMA's). Desde entonces, los productores tienen un gran interés en aumentar la producción y calidad de especies nativas e híbridas, además de ofertar al mercado macetas, flores de corte, arreglos florales y souvenirs en torno a este recurso genético.

Tenango de las Flores, Puebla. Tenango de las Flores se encuentra dentro de la región 1 de la Sierra Norte del Estado de Puebla y pertenece a la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental. Es una localidad del municipio de Huauchinango, las rocas predominantes son ígneas extrusivas y tiene altitud promedio de 1,300 msnm. El tipo de suelo predominante es luvisol (INEGI, 2009). Su ubicación geográfica es 20° 12' 14" latitud norte y 97° 59' 01" longitud oeste.

Población. Cuenta con 6,936 habitantes, 3,224 hombres y 3,712 mujeres. El

porcentaje de analfabetismo entre los adultos es del 10.22% (7.51% en los hombres y 12.58% en las mujeres) y el grado de escolaridad es de 6.33 en hombres y 5.97 en mujeres. En Tenango de las Flores el 19.23% de los adultos habla alguna lengua indígena (Náhuatl o Totonaco).

Servicios. Tenango cuenta con un mercado de plantas, a través del cual los pobladores establecen los principales vínculos comerciales con el exterior. Tanto la presa de agua como la celebración en Semana Santa de “La feria de la flor” forman parte del atractivo turístico del poblado.

Caracterización Socioeconómica de la región. La principal actividad productiva es la floricultura; en esta localidad se encuentra el mercado de Flores “Isabel Díaz Castilla” en el cual se comercializan todo tipo de plantas de ornato producidas en los alrededores.

Clima. El clima de Tenango de las Flores es considerado semicálido húmedo, con lluvias todo el año A(C)f, tiene una temperatura media anual de 18°C y una precipitación anual de 2,036.8 mm. En primavera la temperatura promedio es de 26 °C, llegando a alcanzar 28°C en días más calurosos. Al inicio del verano se establece la temporada de lluvias, donde la temperatura desciende a los 20 °C. En otoño se agudiza y registra 10 °C, pero la época más cruda inicia en noviembre y perdura hasta febrero, donde las temperaturas son cercanas a los 0 °C. El clima puede variar constantemente en unas cuantas horas, puede hacer calor, frío, llovizna o incluso niebla muy densa por toda la ciudad, además de que en dichos meses dominan los vientos del noroeste conocidos como “nortes”. La humedad relativa oscila del 48% al 89% durante los meses de marzo, abril y mayo; a lo largo del año cae una radiación solar equivalente a: $17\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2} = 4.7 \text{ KW/h}$.

Vegetación. Las represas Tenango y Nexapa presentan bosques templados conformados por las siguientes especies: *Pinus patula*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae*. También se observa *Quercus crassipes* y *Agnus acumilata*. Es una transición entre el bosque templado y el bosque mesófilo de montaña o bosque de niebla.

Justificación

Ante la necesidad de nuevas alternativas para el aprovechamiento y uso sostenible de los recursos naturales, así como la continua escasez de oportunidades de trabajo en las zonas rurales del país, es necesario generar estrategias que permitan a los habitantes de la región generar ingresos económicos hacia sus familias y disminuir

así la emigración de campesinos a otras partes del país o al extranjero. En ese sentido, los cursos de capacitación y/o asesoría a los productores sobre la importancia de la conservación de los recursos vegetales, particularmente de las orquídeas silvestres, ofrecen nuevos conocimientos y perspectivas en la tecnología tanto de producción como de comercialización y con ello realizar un aprovechamiento razonado y ordenado de grupo vegetal. Por tanto, el presente trabajo busca generar un vínculo entre los actores sociales de la zona rural de Tenango de las Flores, Municipio de Huachinango, Puebla y la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) a fin de generar estrategias que mejoren la calidad de vida de los habitantes de esta zona y aminorar el saqueo ilegal de especies de orquídeas.

Método

El método consistió en dos etapas, en la primera se contactó a los dueños de las diferentes UMA's para solicitar permiso de visita a los sitios de estudio. Se recabó información inherente al manejo de las especies mediante entrevistas semiestructuradas. Se realizó un registro descriptivo en la bitácora de campo, los datos se clasificaron en: sustratos, contenedores-soportes, infraestructura y géneros-especies. En la segunda etapa se impartió el curso: "Estrategias de conservación y aprovechamiento sustentable de orquídeas de la zona de Tenango de las Flores, Puebla", realizado en el municipio de Huachinango los días 05, 12 y 19 de noviembre del año 2016, con una duración de 20 horas. A dicho evento asistieron un total de 60 productores de diferente edad (jóvenes, adultos y adultos mayores) de 18 a 70 años. En el curso se abordaron temas en torno a la importancia y problemática de las UMA's en la conservación y aprovechamiento sustentable de orquídeas, así como aspectos biológicos, de reproducción, manejo en invernadero, bancos de germoplasma (colección de plantas madre), manejo postcosecha de macetas, flores cortadas y comercialización. Al finalizar el curso se realizó una encuesta a los participantes para poder medir el grado de aceptación, dominio del tema por parte de los instructores, cumplimiento de los objetivos.

Resultados y Discusión

A continuación, se muestran los datos más sobresalientes documentados de cada una de las UMA's, como: nombre del propietario, localización (en algunos casos), condiciones de manejo (infraestructura, contenedores, sustratos) y especies.

UMA´s de Tenango de las flores

a) “Los encinos”

Esta UMA se localiza a una altitud promedio de 1,277 msnm, 20° 12´ 10.41" latitud norte y 97° 58´ 39.68" longitud oeste. El encargado es el señor Luis Eduardo (Fig.1). La mayor parte de las orquídeas se encuentran bajo una estructura metálica y cubierta plástica transparente. En el caso de las especies nativas, se tienen mayoritariamente a intemperie, debido a que están adaptadas al clima, en algunos casos se tienen en arboles aledaños. Las plantas cultivadas en macetas están a ras de suelo y tienen como sustrato una mezcla de tezontle, ocochal u hoja de pino. Otras están colocadas en diversos tipos de soportes entre ellos cáscara de coco, bambú y trozos de madera (Fig.2). Esta UMA cuenta con más de 80 especies de orquídeas (Tabla 1).



Figura 1. Dueños de la UMA, el sr. Eduardo e hijo. Fuente: Elaboración propia.



Figura 2. Diferentes especies de orquídeas en la UMA. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Géneros y especies de orquídeas en la UMA “Los encinos”

<i>Oncidium tigrinum</i>	<i>Epidendrum martinezii</i>	<i>Oncidium sphacelatum</i>
<i>Acianthera circumplexa</i>	<i>Epidendrum parkinsonianum</i>	<i>Oncidium tigrinum</i>
<i>Acineta barkeri</i>	<i>Epidendrum polyanthum</i>	<i>Ornithocephalus sp.</i>
<i>Arundina graminifolia</i>	<i>Epidendrum raniferum</i>	<i>Paphiopedilum sp</i>
<i>Barkeria scandens</i>	<i>Erycina hyalinobulbon</i>	<i>Phalaenopsis sp.</i>
<i>Barkeria uniflora</i>	<i>Guarianthe aurantiaca</i>	<i>Ponthieva sp.</i>
<i>Brassavola cucullata</i>	<i>Habenaria sp.</i>	<i>Prescottia sp.</i>
<i>Catasetum integerrimum</i>	<i>Homalopetalum sp.</i>	<i>Prosthechea citrina</i>
<i>Cattleya sp.</i>	<i>Isochilus sp.</i>	<i>Prosthechea cochleata</i>
<i>Chysis bractescens</i>	<i>Jacquinella leucomelana</i>	<i>Prosthechea glauca</i>
<i>Chysis laevis</i>	<i>Jacquinella teretifolia</i>	<i>Prosthechea pseudopygmaea</i>

<i>Coelia triptera</i>	<i>Laelia anceps</i> subsp. <i>anceps</i>	<i>Prosthechea radiata</i>
<i>Cranichis revoluta</i>	<i>Laelia autumnalis</i>	<i>Prosthechea vitellina</i>
<i>Cymbidium</i> sp.	<i>Laelia rubescens</i>	<i>Rhyncholaelia glauca</i>
<i>Cyrtopodium punctatum</i>	<i>Leochilus oncidioides</i>	<i>Rhynchostele rossii</i>
<i>Dendrobium nobile</i>	<i>Lockhartia</i> aff. <i>oerstedii</i>	<i>Scaphyglotis fasciculata</i>
<i>Dichaea glauca</i>	<i>Lycaste aromatica</i>	<i>Sobralia macrantha</i>
<i>Dichaea intermedia</i>	<i>Maxillaria cucullata</i>	<i>Oncidium sphacelatum</i>
<i>Dinema polybulbon</i>	<i>Maxillaria tenuifolia</i>	<i>Stanhopea</i> sp.
<i>Elleanthus cynarocephalus</i>	<i>Meiracyllium</i> sp.	<i>Stelis ornata</i>
<i>Encyclia</i> sp.	<i>Mormodes maculata</i> var. <i>unicolor</i>	<i>Trichocentrum</i> sp.
<i>Epidendrum ciliare</i>	<i>Myrmecophila christinae</i>	<i>Vanda</i> sp.
<i>Epidendrum falcatum</i>	<i>Nemaconia graminifolia</i>	<i>Vanilla planifolia</i>
<i>Epidendrum longipetalum</i>	<i>Oncidium sotoanum</i>	<i>Xylobium</i> sp.

Fuente: Elaboración propia.

b) “El Torito”

Esta UMA se localiza a una altitud promedio de 1,285 msnm, 20° 12´ 44.12" latitud norte y 97° 58´ 47" longitud oeste. El propietario era el señor Manuel (Q.E.P. D.), actualmente la UMA quedo a cargo de sus hijos. En esta unidad de manejo, algunas de las orquídeas se encuentran bajo la protección de malla sombra y otras más están a cielo abierto, debido a que la mayor parte del tiempo es nublado, por lo que la radiación solar no es un factor que afecte a las plantas. En lo que refiere al cultivo, las orquídeas se encuentran plantadas en macetas de distintos tamaños, las cuales tienen una mezcla de ocochal y aserrín, también hacen uso de soportes como cascara de coco, trozos de madera, muros verticales de ocochal (Figura 3). En la Tabla 2 se presenta la lista de las orquídeas con las que se cuenta en la UMA.



Figura 3. Orquídeas creciendo sobre un muro vertical con ocochal como sustrato.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Orquídeas en la UMA “El torito”

<i>Arundina graminifolia</i>	<i>Encyclia sp.</i>	<i>Mormodes maculata</i>
<i>Barkeria uniflora</i>	<i>Epidendrum polyanthum</i>	<i>Myrmecophila sp</i>
<i>Brassia verrucosa</i>	<i>Epidendrum ciliare</i>	<i>Paphiopedilum sp.</i>
<i>Brassovola maculata</i>	<i>Epidendrum ibaguense</i>	<i>Phalaenopsis sp.</i>
<i>Catasetum sp.</i>	<i>Epidendrum parkisonianum</i>	<i>Prosthechea citrina</i>
<i>Cattleya sp.</i>	<i>Epidendrum raniferum</i>	<i>Prosthechea cochleata</i>
<i>Chysis bractenses</i>	<i>Epidendrum uniforme</i>	<i>Prosthechea vitellina</i>
<i>Chysis leavis</i>	<i>Gongora aff. casidia</i>	<i>Rhyncholaelia sp.</i>
<i>Coaelia triptera</i>	<i>Gongora galeata</i>	<i>Rhynchostelle rossii</i>
<i>Cymbidium sp.</i>	<i>Isochilus sp.</i>	<i>Stanhopea sp.</i>
<i>Cyrtopodium puntactum</i>	<i>Laelia automnalis</i>	<i>Trichocentrum sp.</i>
<i>Dendrobium nobile</i>	<i>Laelia anceps subsp. anceps</i>	<i>Vanda sp.</i>
<i>Dichaea glauca</i>	<i>Leochilus carinatus</i>	<i>Vanilla planifolia</i>
<i>Dinema bootti</i>	<i>Lycaste aromatica</i>	

Fuente: Elaboración propia.

c) “El Mayito”

Esta UMA se localiza en “La gallera”, Tlaola, Puebla a una altitud promedio de 1,300 msnm, 20° 14´ 17.1" latitud norte y 98° 06´ 4.4" longitud oeste. El propietario es el señor Alberto.



Figura 4. a) Dueños de la UMA “El Mayito”. b) Algunos ejemplares de orquídeas creciendo en macetas. c) Orquídeas creciendo sobre “maquique” (tallo de un helecho arborescente).

Fuente: Elaboración propia.

Las orquídeas se encuentran creciendo bajo malla sombra o a cielo abierto, el número de especies es bajo debido a que está en proceso de ampliación. Las orquídeas se encuentran sembradas en macetas con ocochal o tepojal, también

existen algunos ejemplares en canastas como soporte. En la Tabla 3 se presenta la lista de las orquídeas que tiene la UMA.

Tabla 3. Lista de géneros y especies de orquídeas en la UMA “El mayito”

<i>Brassia verrucosa</i>	<i>Isochilus sp.</i>	<i>Pleurotalis sp.</i>
<i>Brassovola cucullata</i>	<i>Laelia anceps</i>	<i>Prosthechea citrina</i>
<i>Chysis sp.</i>	<i>Lokartia sp.</i>	<i>Prosthechea cochleata</i>
<i>Dinema bootti</i>	<i>Lycaste sp.</i>	<i>Prosthechea radiata</i>
<i>Epidendrum ciliare</i>	<i>Maxillaria tenuifolia</i>	<i>Prosthechea vitellina</i>
<i>Epidendrum difusons</i>	<i>Myrmecophila sp.</i>	<i>Rhyncholaelia glauca</i>
<i>Epidendrum ibaguense</i>	<i>Oncidium sphacelatum</i>	<i>Sobralia sp.</i>
<i>Gongora sp.</i>	<i>Paphiopedilum sp.</i>	<i>Sobralia xantholeuca</i>
<i>Hellianthus cyneracephalus</i>	<i>Phalaenopsis sp.</i>	<i>Stanhopea sp.</i>

Fuente: Elaboración propia.

d) “Don Quiroz”

Unidad de Manejo Ambiental localizada a una altitud de 2,247 msnm, 20° 12´ 36.1" latitud norte y 97° 59´ 35.6" longitud oeste. El dueño es el señor Jorge, fue creada en el año 2007 con el objetivo de conservar las distintas especies de orquídeas que existen en la región.



Figura 5. a) Dueño de la UMA “Quiroz”. b) Algunos ejemplares de orquídeas creciendo al aire libre, nótese el apoyo de una mallasombra para evitar el sol directo. Fuente: Elaboración propia.

Las plantas se encuentran bajo malla sombra en una superficie pequeña, por ello las macetas y los soportes se encuentran sujetadas a troncos horizontales y en árboles aledaños para optimizar el espacio. Esta UMA cuenta con aproximadamente 30 especies (Tabla 4).

Tabla 4. Lista de géneros y especies de orquídeas en la UMA “Don Quiroz”

<i>Brassia verrucosa</i>	<i>Epidendrum diforme</i>	<i>Maxillaria tenuifolia</i>	<i>Rhynchostele áptera</i>
<i>Coelia triptera</i>	<i>Isochilus sp.</i>	<i>Oncidium sphacelatum</i>	<i>Rhynchostele rossii</i>
<i>Cymbidium sp.</i>	<i>Laelia anceps</i>	<i>Paphiopedilum insigne</i>	<i>Sobralia sp.</i>
<i>Dichaea glauca</i>	<i>Laelia autumnalis</i>	<i>Prostechea vitellina</i>	<i>Stanhopea sp.</i>
<i>Dinema bootti</i>	<i>Leochilus carinatus</i>	<i>Prostechea cochleata</i>	<i>Stelis sp.</i>
<i>Elleanthus cynarocephalus</i>	<i>Lycaste sp.</i>	<i>Prostechea radiata</i>	<i>Trichocentrum sp.</i>
<i>Encyclia candollei</i>	<i>Maxillaria densa</i>		

Fuente: Elaboración propia.

e) “El Zapatito”

Esta UMA está localizada a una altitud promedio de 1285 msnm, 20° 12' 28.5" latitud norte y 97° 59' 10.2" longitud oeste. Las orquídeas se encuentran un pequeño bosque de *Cupressus*, muchas de ellas están sujetadas a estos mismos y otras están en bolsas de plástico y distintos contenedores. En la Tabla 5 se presenta la lista de las orquídeas que tiene la UMA.

Tabla 5. Lista de géneros y especies de orquídeas en la UMA “El Zapatito”

<i>Arcophilum</i>	<i>Epidendrum raniferum</i>	<i>Leuchilus carinatus</i>	<i>Oncidium sphacelatum</i>
<i>Brassia verrucosa</i>	<i>Epidendrum verustrptum</i>	<i>Lycaste sp.</i>	<i>Prostechea cochleata</i>
<i>Chysis leavis</i>	<i>Gongora galeata</i>	<i>Maxillaria tenuifolia</i>	<i>Stanhopea sp.</i>
<i>Coelia triptera</i>	<i>Ellianthus cynarocephalus</i>	<i>Mormodes maculata</i>	<i>Trichocentrum</i>
<i>Isochilus sp.</i>	<i>Elaboración propia</i>		

Fuente: Elaboración propia.

UMAs de Xicotepec de Juárez

f) “El Lirio”

Esta UMA, ubicada en el municipio de Xicotepec de Juárez, a una altitud promedio de 1183 msnm, 20° 17' 12.6" latitud norte y 97° 57' 31.5" longitud oeste. La

propietaria es la señora Asunción. Las plantas se encuentran sembradas en diferentes presentaciones de contenedores y soportes, la mayor parte de las orquídeas tienen de sustrato ocochal. En la Tabla 6 se presenta la lista de las orquídeas que tiene la UMA.



Figura 6. Diferentes géneros de orquídeas bajo cultivo: a) *Brassavola* con ocochal. b) *Maxillaria* sobre “maquique”. c) *Eleanthus* in situ. d) *Oncidium* con corteza y ocochal.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Lista de géneros y especies de orquídeas en la UMA “El Lirio”

<i>Acineta</i> sp.	<i>Gongora</i> sp.	<i>Paphiopedilum</i> <i>insigne</i>
<i>Brassia</i> <i>verrucosa</i>	<i>Isochilus</i> sp.	<i>Prosthechea</i> <i>chondylobulbon</i>
<i>Brassovola</i> <i>cucullata</i>	<i>Laelia</i> <i>anceps</i>	<i>Prosthechea</i> <i>citrina</i>
<i>Chysis</i> <i>leavis</i>	<i>Laelia</i> <i>autumnalis</i>	<i>Prosthechea</i> <i>cochleata</i>
<i>Cuitlauzina</i> <i>pendula</i>	<i>Laelia</i> <i>speciosa</i>	<i>Prosthechea</i> <i>radiata</i>
<i>Cymbidium</i> sp.	<i>Lycaste</i> <i>aromatica</i>	<i>Prosthechea</i> <i>varicosa</i>
<i>Cyrtopodium</i> <i>punctatum</i>	<i>Maxillaria</i> <i>eliator</i>	<i>Prosthechea</i> <i>vitellina</i>
<i>Dichaea</i> <i>glauca</i>	<i>Maxillaria</i> <i>tenuifolia</i>	<i>Rhyncholelia</i> <i>glauca</i>
<i>Epidendrum</i> <i>ciliare</i>	<i>Miltonia</i> sp.	<i>Rhyncholelia</i> <i>bictoniensis</i>
<i>Epidendrum</i> <i>diffusum</i>	<i>Oncidium</i> <i>sotoanum</i>	<i>Sobralia</i> <i>xantholeuca</i>
<i>Epidendrum</i> <i>ibaguense</i>	<i>Oncidium</i> <i>sphacelatum</i>	<i>Stanhopea</i> sp.

Fuente: Elaboración propia.

g) “Ojo De Agua”

La UMA se localiza en el municipio de Xicotepéc de Juárez, a una altitud promedio de 1127 msnm, 20° 16' 6.9" latitud norte y 97° 59' 29.7" longitud oeste. El encargado es el señor Epifanio. Esta UMA surgió a raíz de la construcción de la autopista México-Tuxpan, la cual destruyó el hábitat de mucha flora y fauna de la región, entonces hubo personas que se dieron a la tarea de recolectarlas y reunir las en un espacio en común. Algunas de las especies se sembraron en contenedores y otras se colocaron en trozos de madera, las cuales se encuentran protegidas bajo una malla sombra, también existen orquídeas sujetadas a los árboles aledaños. Esta UMA es 100 % de conservación. La Tabla 7 muestra la lista de las orquídeas que tiene la UMA.

Tabla 7. Lista de géneros y especies de orquídeas en la UMA “Ojo de agua”

<i>Brassia verrucosa</i>	<i>Epidendrum aff. diforme.</i>	<i>Oncidium sphacelatum</i>
<i>Dichaea glauca</i>	<i>Lycaste sp.</i>	<i>Prosthechea cochleata</i>
<i>Coelia triptera</i>	<i>Gongora sp</i>	<i>Prosthechea pseudopygmaea</i>
<i>Dinema bootti</i>	<i>Maxillaria cucullata</i>	<i>Rhynchostele rossii</i>
<i>Dinema polybulbon</i>	<i>Maxillaria densa</i>	<i>Sobralia sp.</i>
<i>Elleanthus cynarocephalus</i>	<i>Maxillaria tenuifolia</i>	<i>Stanhopea sp.</i>
<i>Elleanthus sp.</i>	<i>Maxillaria variabilis</i>	
<i>Encyclia aff. candollei</i>	<i>Mormodes sp.</i>	

Fuente: Elaboración propia.

h) “Cuatro caminos”

Esta UMA se localiza a una altitud promedio de 1490 msnm, 20° 17' 12.6" latitud norte y 97° 57' 31.5" longitud oeste. La propietaria es la señora Estela, la cual ya lleva 10 años trabajando en este proyecto. Entre las orquídeas que cultiva se encuentra *Bletia sp.*, *Chysis leavis*, *Cymbidium*, *Gongora galeata*, *Prosthechea cochleata*, *Prosthechea vitellina*, *Stanhopea sp.*, y *Maxillaria sp.* Las plantas cultivadas se encuentran bajo malla sombra o plásticos. Entre los principales contenedores que utiliza son las cajas y bolsas de plástico, y soportes como el maquique, mientras que el ocochal es el principal sustrato. En la Tabla 8 se presenta la lista de las orquídeas que tiene la UMA.



Figura 7. Diferentes géneros de orquídeas. a) *Encyclia* creciendo sobre árboles. b) d) *Oncidium* en macetas con corteza y ocochal. **Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 8. Lista de géneros y especies de orquídeas en la UMA “Cuatro caminos”

<i>Bletia sp.</i>	<i>Epidendrum raniferum</i>	<i>Oncidium karwinskii</i>
<i>Brassia verrucosa</i>	<i>Gongora galeata</i>	<i>Oncidium sphacelatum</i>
<i>Brassovola cucullata</i>	<i>Isochilus sp.</i>	<i>Prosthechea cochleata</i>
<i>Chysis leavis</i>	<i>Laelia anceps sunsp. anceps</i>	<i>Prosthechea pseudopygmaea</i>
<i>Coelia macrostachya</i>	<i>Laelia autumnalis</i>	<i>Prosthechea radiata</i>
<i>Coelia triptera</i>	<i>Lycaste sp.</i>	<i>Prosthechea varicosa</i>
<i>Cymbidium sp.</i>	<i>Maxillaria aff. Hematoglosa</i>	<i>Prosthechea vitellina</i>
<i>Cyrtopodium punctatum</i>	<i>Maxillaria densa</i>	<i>Rhynchostele sp.</i>
<i>Encyclia adenocaula</i>	<i>Maxillaria tenuifolia</i>	<i>Sobralia macrantha</i>
<i>Epidendrum aff. diforme</i>	<i>Maxillaria variabilis</i>	<i>Stanhopea aff. oculata</i>
<i>Epidendrum aff. veroscriptum</i>	<i>Mormodes maculata</i>	<i>Stanhopea tigrina</i>
<i>Epidendrum ciliare</i>	<i>Oncidium incurvum</i>	<i>Stelis sp.</i>

Fuente: Elaboración propia.

i) “Santa Cruz de Mayo”

Este es un orquidiario en proceso de consolidación en UMA. Se localiza en Naupan, Puebla, a una altitud promedio de 1465 msnm, 20° 17’ 12.6” latitud norte y 97° 57’ 31.5” longitud oeste. Su propietario es el señor Alejandro. Las orquídeas se encuentran a cielo abierto, algunas están sembradas en contenedores, pero la mayor parte están en soportes como es en trozos de madera, maquique o cascara de coco y otras están en arboles de cupressus o en ailes. En la Tabla 9 se presenta la lista de las orquídeas que tiene la UMA.

Tabla 9. Lista de géneros y especies de orquídeas en la UMA “Santa cruz de mayo”

<i>Brassia verrucosa</i>	<i>Epidendrum ibaguense</i>	<i>Maxillaria variabilis</i>
<i>Chysis sp.</i>	<i>Maxillaria variabilis</i>	<i>Maxillaria tenuifolia</i>
<i>Coelia macrostachya</i>	<i>Mormodes maculata var. Unicolor</i>	<i>Oncidium sphacelatum</i>
<i>Cuitlauzina pendula</i>	<i>Epidendrum raniferum</i>	<i>Paphiopedilum sp.</i>
<i>Cymbidium sp.</i>	<i>Gongora sp.</i>	<i>Prosthechea citrina</i>
<i>Dichaea sp.</i>	<i>Govenia sp.</i>	<i>Prosthechea ochracea</i>
<i>Dinema polybulbon</i>	<i>Guarianthe skinneri</i>	<i>Prosthechea pseudopygmaea</i>
<i>Encyclia sp.</i>	<i>Laelia anceps</i>	<i>Prosthechea radiata</i>
<i>Epidendrum aff. diforme</i>	<i>Laelia speciosa</i>	<i>Prosthechea vitellina</i>
<i>Epidendrum ciliare</i>	<i>Lycaste sp.</i>	<i>Stanhopea sp.</i>

Fuente: Elaboración propia.

Curso de capacitación

En el curso de capacitación (Fig. 8): “Estrategias de conservación y aprovechamiento sustentable de orquídeas de la zona de Tenango de las Flores, Puebla”.



Figura 8. Evidencia fotográfica del curso de capacitación. Fuente: Elaboración propia.

Durante la capacitación se abordaron temas como: importancia de las UMA's en la conservación y aprovechamiento sustentable de orquídeas, problemática actual de las UMA's de la zona de Tenango de las flores, formas alternativas de aprovechamiento sostenible, manejo-cultivo (sustratos, reproducción, fertilización, etc.), polinización y pruebas de viabilidad en semillas, reproducción *in vitro*, bancos de germoplasma (colección de plantas madre) y su importancia, manejo postcosecha de macetas y flores cortadas y comercialización. Como resultado de este curso, los participantes decidieron conformar una asociación de productores, misma que se consolidó en 2018. Además de eso, los asistentes junto con la fundación Rafael Alpizar organizaron la primera expo-feria de orquídeas, misma que permitió un mayor alcance y visualización a quienes se dedican a la conservación y venta de la familia Orchidaceae. Dentro de las actividades del evento, académicos de la Universidad Autónoma Chapingo impartieron el taller de "Arreglos florales, para mostrar otra manera de utilizar esta flora.

Panorama general de la orquideoflora en las UMA's y curso de capacitación

Las UMA's de la zona de Tenango de las flores, Puebla tienen la característica de utilizar estructuras de protección rústicas y en su mayoría hay ausencia de infraestructura, esto se puede explicar al considerar que se encuentran estratégicamente inmersas en los remanentes de ecosistemas (primordialmente Bosque Mesófilo de Montaña) autóctonos de las especies bajo cultivo. Con ello los días suelen ser nublados y con presencia de lluvias en todo el año, favoreciendo su adaptación de forma rápida y adecuada, propagándose fácilmente mediante reproducción asexual (formación de pseudobulbos, keikis, etc).

El cultivo y producción de orquídeas se basa en un sistema convencional. En todas las UMA's los contenedores y soportes suelen ser similares, se basa en el uso de materiales naturales propios de la región, desde árboles de diferentes especies hasta pedazos de troncos o ramas que sirven para colocar las plantas o el uso de tallos secos de bambú y maquique (pedazos del tallo de una especie de helecho en peligro de extinción) para trasplantar las diferentes especies. También emplean otros materiales como bolsas de plástico, canastas o macetas de distintos tamaños, sin embargo, se utilizan en menor proporción debido a que suelen tener un costo mayor en comparación de los de origen natural. En cuanto a sustratos, el que se emplea en mayor proporción y más frecuentemente son las hojas secas de los pinos, comúnmente conocidas como ocochal, seguido de la corteza (capa externa de los árboles que generalmente no tiene importancias en la industria maderable), aserrín y maquique, obtenidos de los mismos ecosistemas. Estos insumos no son suficientes, pues al cultivar una gran cantidad de géneros y especies, los requerimientos suelen

ser diferentes, por ello se complementan con otros como cáscaras de coco, tepojal, tezontle provenientes de otros estados. Dentro de la información analizada, llamó la atención el uso de maquique como sustrato, evidenciando que los productores ignoraban su estatus de riesgo y su importancia biológica, en ese sentido la capacitación sirvió para contextualizar y valorar la importancia ecosistémica de esa especie, así como promover su conservación.

La mayoría de las UMA's cuenta con orquídeas nativas de la región como, por ejemplo, *Catasetum* sp., *Encyclia* sp., *Epidendrum* sp., *Laelia anceps*, *Maxillaria* sp.; y algunas especies introducidas, como es *Brassavola cucullata*, *Epidendrum parkinsonianum*, *Myrmecophila* sp., *Rhynchostele rossii*. También se encuentran algunas orquídeas de la NOM-059 como es *Mormodes maculata* var. *unicolor*, *Prosthechea citrina*, *Rhynchostele rossii* y *Vanilla planifolia*. Mientras que *Cattleya* sp., *Cymbidium* sp., *Miltonia* sp., *Paphiopedilum* sp., *Phalaenopsis* sp. y *Vanda* sp, son de las pocas orquídeas que sobresalen en el ámbito comercial.

Por su parte el curso de capacitación fue necesario para reforzar y ampliar su conocimientos en esta temática, enfatizando su valor biológico para concientizar a los productores en el uso racional y ordena, sin poner en riesgo a esta familia vegetal y a la vez poder obtener recursos económicos para el sustento de sus familias. A pesar de que los productores han cultivado a las orquídeas con base a su conocimiento empírico, es notorio que su observación *in situ* les ha permitido tener un buen manejo de los ejemplares y esto se puede constatar en la calidad y cantidad de producción. Desde el año 2006 al 2016, se nota un impacto importante en la comunidad de Tenango de las flores, ahora los pobladores protegen uno de los recursos vegetales más diversos e importantes del mundo. Pasaron de extraer los ejemplares de su hábitat natural a reproducirlos y aprovecharlos de diferentes formas, ya sea como planta hortícola, como flor de corte para arreglos florales o generando algunos souvenirs que les permita generar un ingreso monetario. Finalmente, la generación de UMA's y la constante capacitación han permitido un impacto ecológico positivo al dejar a los organismos continuar con sus procesos biológicos y evolutivos.

Conclusión

Este trabajo sirvió como base para reconocer el espacio físico donde se cultivan las orquídeas. El curso permitió planificar de manera adecuada los siguientes cursos de capacitación para fortalecer y mejorar la producción de orquídeas, sin olvidar temas en educación ambiental que permitan a los productores establecer mecanismos de autogestión en pro de un crecimiento como organización productiva

que deberá tener como objetivo la obtención de ingresos de las familias campesinas a través de un aprovechamiento sustentable de las orquídeas cuidando al mismo tiempo las especies silvestres en su hábitat natural y mediante UMA's y bancos de germoplasma.

Referencias

- Dressler, R. (2005). *How Many Orchid Species? Selbyana*, 26, 155-158.
- Espejo-Serna A., y López-Ferrari, A.R. (1997). *Las monocotiledóneas mexicanas, una sinopsis florística*. 1. Lista de referencia. Parte VII. Orchidaceae 1. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- Espejo-Serna, A., y López-Ferrari, A.R. (1998). *Las monocotiledóneas mexicanas, una sinopsis florística*. 1. Lista de referencia. Parte VIII. Orchidaceae 2. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- Govaerts, R., Bernet, P., Kratochvil, K., Gerlach, G., Carr, G., Alrich, P., Pridgeon, A. M., Pfahl, J., Campacci, M. A., Holland, B. D., Tigges, H., Shaw, J., Cribb, P., George A, Kreuz, K., and Wood, J.J. (2017). *World checklist of Orchidaceae*. Kew: Facilitated by the Royal Botanic Gardens.
- Hágsater, E., Soto-Arenas, M.A., Salazar, G.A., Jiménez, R., López, M.A., y Dressler, R.L. (2005). *Las orquídeas de México*. Instituto Chinoín, A.C., México, D.F.
- Mora, G.E. (2004). *Orquídeas de la región de Apulco, perteneciente a los municipios de Xochiapulco y Zacapoaxtla, Puebla*. Reporte de servicio social, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México, D.F. pp. 40.
- Morales, A.G. (2008). *Diversidad de la familia Orchidaceae en el municipio de Jalpan, Puebla, México*. Tesis de licenciatura, Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. pp. 88.
- NOM-059-ECOL-2010. (2010). *Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Diario oficial de la federación 2da edición.
- Romero-Giordano, C. (2000). *Orquídeas de la Sierra Norte de Puebla*. En: Sarmiento-Fradera, M., y Romero-Giordano, C. (Eds.). *Orquídeas mexicanas*, pp.12.

- Salazar, G.A. (2005). *Orquídeas. Diversidad Biológica e inventarios*. Departamento de Botánica Instituto de Biología UNAM. México.
- Soto-Arenas, M.A., Hágsater, E., Jiménez, R., Salazar, G.A., Solano, R., Flores, R., y Contreras, E.I. (2007). *Las orquídeas de México: catálogo digital*. Instituto Chinoin, A.C., México, D.F.
- Villaseñor, J. L. (2003). Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia*, 28, 160-167.

Editado en el Departamento de Preparatoria
Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo
km 38.5 carretera México-Texcoco
C.P. 56230 Chapingo, Estado de México,
diciembre de 2021

Acerca de los coordinadores

Oswaldo Rahmses Castro Martínez, es Biólogo por la Universidad Autónoma Metropolitana, maestro en procesos educativos y doctorando en Educación Agrícola Superior por la Universidad Autónoma Chapingo, México, imparte diversos cursos relacionados con el área de biología en la misma Universidad. Ha participado como organizador, ponente y presentador de libros en eventos científicos a nivel nacional e internacional en la temática de Educación Ambiental. Coordinador de tres libros y autor o coautor de diversos capítulos.

Alejandra Villafuerte Salazar, es Bióloga por la Universidad Nacional Autónoma de México, maestrante en Biotecnología Agrícola por la Universidad Autónoma Chapingo y profesora-investigadora de la misma institución. Sus líneas de investigación son el cultivo de tejidos, micropropagación y conservación de especies de orquídeas. Ha participado en diversos eventos científicos y también colaborado en proyectos sustentables y la capacitación que involucra a productores en el cultivo de orquídeas.