

LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

TRAYECTORIA DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE UN HUMEDAL ALIMENTADO POR MANANTIALES: MANEJO A TRAVÉS DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN BIOCULTURAL, PRODUCTIVA Y BIOCÉNTRICA

INFORME ACADÉMICO POR ACTIVIDAD DE INVESTIGACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA

ESPERANZA ALEJANDRA FUENTES GUTIÉRREZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. ROBERTO ANTONIO LINDIG CISNEROS

MORELIA, MICHOACÁN

MAYO, 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD MORELIA SECRETARÍA GENERAL SERVICIOS ESCOLARES

MTRA. IVONNE RAMÍREZ WENCE DIRECTORA DIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR

PRESENTE

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la sesión ordinaria 05 del Comité Académico de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia celebrada el día 16 de mayo del 2022, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para la presentación del Trabajo Profesional de la alumna Esperanza Alejandra Fuentes Gutiérrez de la Licenciatura en Ciencias Ambientales, con número de cuenta 112002213, con el trabajo titulado: "Trayectoria de la composición florística de un humedal alimentado por manantiales: manejo a través de estrategias de restauración biocultural, productiva y biocéntrica", bajo la dirección como tutor del Dr. Roberto Antonio Linding Cisneros.

El jurado queda integrado de la siguiente manera:

Presidente:

Dr. Alejandro Casas Fernández

Vocal:

Mtra. Ana Claudia Nepote González

Secretario:

Dr. Roberto Antonio Linding Cisneros

Suplente:

Dra. Ana Isabel Moreno Calles

Suplente:

Dra. Mariela Gómez Romero

Sin otro particular, quedo de usted.

A t e n t a m e n t e "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU" Morelia, Michoacán a 01 de julio de 2022.

DRA. YUNUEN TAPIA TORRES
SECRETARIA GENERAL

Agradecimientos

Agradecimientos institucionales

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia por brindarme de formación académica de alta calidad.

A la Licenciatura en Ciencias Ambientales por el aprendizaje y las experiencias que me otorgó durante años.

A mi asesor el Dr. Roberto Lindig Cisneros por su valiosa guía para la realización de este trabajo, por su dedicación y su paciencia.

A los miembros de mi jurado el Dr. Alejandro Casas Fernández, la M. en C. Ana Claudia Nepote González, la Dr. Ana Isabel Moreno Calles y la Dr. Mariela Gómez Romero por sus valiosos comentarios y observaciones.

A la DGAPA por el apoyo a través del proyecto AG 200221.

Agradecimientos personales

A mis Padres, Julio y Alejandra por siempre brindarme de amor incondicional, por apoyarme en cada una de las decisiones que he tomado y por alentarme a cumplir mis sueños.

A mi abuis Irenita por siempre brindarme de un oído en donde depositar mis preocupaciones y de un hombro donde reconfortarme con amor cuando lo necesito.

A mi abue Luz María por siempre apoyarme cuando lo necesito, por las risas que me saca en cada momento que compartimos.

A mi abuelito Victor por todo el amor y apoyo incondicional que me brindó siempre, por sus palabras amorosas que aunque ya no puedo escucharlas, las llevo en lo más profundo de mi ser.

A Andrea por siempre encontrar en ella comprensión y complicidad.

A cada uno de los miembros de mi familia que han estado conmigo siempre que lo he necesitado.

A mis amigos, Diego y Tere por el cariño y por la compresión que he encontrado en ellos durante estos últimos 10 años.

A mis amigas, Catalina, Alicia y Alejandra por siempre encontrar en ellas una amistad sincera, por los momentos divertidos y los no tan divertidos que hemos compartido.

Contenido

Agradecimientos	6 8 9 15 16 18
Datos de programa	6
Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Métodos y materiales.	. 15
a) Área de estudio	15
b) Muestreo, análisis estadístico y análisis espacial	. 16
c) Estimación de la productividad de tule del humedal	. 18
Actividad de investigación	18
Participación	27
Literatura citada	28
Anayog	37

Datos del programa

Institución: Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES).

Laboratorio: Laboratorio de Restauración Ambiental.

Tipo de Actividad: Participación en proyecto de investigación "Evaluación de largo plazo de

la vegetación del humedal del manantial de La Mintzita".

Responsable del Proyecto: Dr. Roberto Antonio Lindig Cisneros.

Producto generado durante la actividad de investigación: Artículo científico enviado a

una revista internacional indexada.

Título del Artículo: Trayectoria de la composición florística de un humedal alimentado por

manantiales: manejo a través de estrategias de restauración biocultural, productiva y

biocéntrica.

Autores: Esperanza Alejandra Fuentes Gutierrez y Roberto Antonio Lindig Cisneros.

Fecha de inicio del proyecto y fecha de término: Marzo 2021- marzo 2022.

Año en que se envió: 2022

Revista: Ecological Restoration

Origen de la Revista: Estados Unidos

Resumen

La creciente pérdida de los humedales a escala mundial exige una respuesta inmediata. Las

prácticas de manejo como el monitoreo y la restauración ambiental son esenciales para la

recuperación y el desarrollo de estos ecosistemas de transición entre ambientes acuáticos y

terrestres. Cuando los humedales se encuentran invadidos, la restauración enfrenta barreras

bióticas y económicas de gran magnitud que en muchos casos podrían obstruir la

recuperación del sitio. Durante el año 2021, evaluamos la composición florística de un

humedal sujeto a perturbaciones antrópicas, entre las que destacan la extracción de agua, los

incendios inducidos y el sobrepastoreo, y comparamos nuestros resultados con datos

históricos (2005-2015). Los resultados de nuestra comparación revelaron que cambios

importantes en la composición florística ocurrieron durante este período de 16 años. En la

época de secas encontramos diferencias notables en la riqueza de especies entre los años 2005

y 2021, con una reducción significativa en este último año. Asimismo, en época de lluvias, el

2021 fue el año con menor riqueza de la última década. Esta pérdida de riqueza de especies

representa un cambio desfavorable en la trayectoria de la composición florística, que

explicamos como un efecto de la perturbación antrópica sostenida. Especies como Typha

domingensis, Phragmites australis y Festuca arundinacea se han visto favorecidas por los

disturbios y han aumentado sus coberturas a expensas de las especies nativas, reduciendo así

la diversidad florística del humedal, por ende con el objetivo de redirigir de manera positiva

la trayectoria de la composición florística del humedal La Mintzita, se propuso una estrategia

de manejo para el control de las especies antes mencionadas basada en tres estrategias de

restauración ambiental: Biocultural, productiva y ecocéntrica.

Palabras clave: Trayectorias; Artesanía; Tule; Carrizo; Pasto-festuca.

Abstract

The increasing loss of wetlands at the global scale demands immediate response.

Management practices like monitoring and environmental restoration are essential for the

recovery and development of these transitional ecosystems between aquatic and terrestrial

environments. When wetlands are invaded, environmental restoration faces large magnitude

biotic and economic barriers that could in many cases obstruct their restoration. During 2021,

we assessed the floristic composition of a wetland subjected to anthropic disturbances -the

most important of which are water extraction, induced fires, and overgrazing- and compared

our results with historical data from 2005 to 2015. The results of our comparison revealed

that important changes in floristic composition occurred during this 16 year16-year period. In

the dry season, we found significant differences in species richness between the years 2005

and 2021, with a significant reduction in the latter year. Likewise, 2021 was the year with the

lowest species value for richness. This loss of species richness represents an unfavorable

change in the floristic composition trajectory, which we explained as an effect of sustained

anthropic disturbance. Typha domingensis, Phragmites australis, and Festuca arundinacea

have been favored by disturbances and increased their covers at the expense of native species,

thus reducing the wetland's floristic diversity. Our objective was to redirect the floristic

composition trajectory in the La Mintzita wetland by proposing management strategies for

controlling the above-mentioned species based on three environmental restoration strategies:

biocultural, productive, and ecocentric.

Keywords: Trajectories; Handcraft; Cattail; Common-reed; Invasive-grass.

Introducción

Desde 1900, según Davidson (2014), el mundo ha perdido entre el 64% y el 71% de sus humedales. En ese mismo período, México sufrió una pérdida o deterioro similar sobre el 62% de su superfície de humedales (Landgrave y Moreno-Casasola, 2012). Los humedales, áreas en las que el agua es el principal factor de control de la vida vegetal y animal asociada a él (Ramsar, 2016), son zonas de transición entre ecosistemas terrestres y acuáticos donde el nivel freático se encuentra generalmente en o cerca de la superfície terrestre, o donde el suelo está cubierto por aguas poco profundas (Cowardin et al., 1992). Estos ecosistemas albergan una rica diversidad de plantas y animales que participan en el mantenimiento de sus procesos intrínsecos, como el suministro de agua dulce, la producción de alimentos, la filtración y limpieza del agua, la retención de sedimentos y los ciclos de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo (Tabilo, 1998[131], Mitsch y Gosselink, 2000).

Los humedales se caracterizan por ser comunidades vegetales en las que crecen especies vegetales tolerantes a las condiciones anóxicas del suelo. Con base en dicha tolerancia, los hidrófitos se clasifican en especies de humedales obligados o facultativos (Rodríguez-Arias et al., 2018). En consecuencia, las especies obligadas de los humedales son buenas indicadoras de la condición ambiental de estos ecosistemas porque son fáciles de identificar, responden a cambios en el hidroperiodo, química del agua, tipo de sustrato, conectividad del paisaje, efectos de borde y régimen de perturbación (Hernández et al., 2015). Por lo tanto, es técnicamente factible obtener información sobre el estado de conservación de los humedales a través del monitoreo a largo plazo de la vegetación. Esta información puede utilizarse para diseñar prácticas de manejo adaptativo (Sah et al., 2014).

La composición florística de los humedales determina parcialmente su funcionamiento y a su vez, la composición florística depende de condiciones ambientales como el clima, la disponibilidad de recursos y el régimen de perturbación; todos los cuales pueden verse alterados por causas antropogénicas (Brun et al., 2012). Los cambios en las condiciones ambientales a menudo conducen a cambios en la dinámica de la composición florística y su trayectoria. Las direcciones que tome la composición, también llamadas trayectorias específicas dependen de factores como la composición de especies de la comunidad inicial, el tipo de perturbación y su intensidad. En consecuencia, las modificaciones de un factor de control ambiental, como el fuego o la dinámica de la herbivoría, podrían deteriorar gradualmente la resiliencia de la comunidad y dar lugar a un cambio de dirección particular hasta que se alcance un umbral que resultará en un cambio abrupto en la composición de especies (Sah et al., 2014).

La restauración ambiental funciona como una herramienta para redireccionar las trayectorias de composición de especies y consiste en ayudar a la recuperación de ecosistemas degradados, dañados o destruidos (SER, 2004). El objetivo principal de la restauración es conservar y reponer el capital natural, así como restituir los servicios ecosistémicos (TEEB, 2010). Existen diferentes enfoques para la restauración, según el contexto socioecológico y el uso esperado del sitio restaurado, se han discutido tres categorías principales en la literatura: Restauración biocultural, productiva y ecocéntrica (Jordan y Lubick, 2011, Lyver et al., 2016, Chang et al., 2019). Juntos, estos diferentes enfoques brindan un mosaico de oportunidades para la rehabilitación de ecosistemas complejos, para lo cual deben aplicarse estratégicamente en combinación.

La restauración biocultural se basa en las relaciones recíprocas entre los humanos y la naturaleza. Las estrategias de gestión de la restauración diseñadas siguiendo el enfoque

biocultural, permiten la incorporación de relaciones históricas y contemporáneas entre las comunidades humanas locales y el ecosistema (Kimmerer, 2013, Kurashima et al., 2017, Chang et al., 2019). Más allá de la rehabilitación de paisajes degradados, la restauración biocultural también podría apoyar la renovación y el fortalecimiento de las prácticas culturales y la identidad, incluido el resurgimiento del lenguaje y las conexiones de las personas con los lugares, algo que puede ser fundamental para promover la resiliencia del sistema socioecológico (Kurashima et al., 2017, McMillen et al., 2017, Pascua et al., 2017, Bremer et al., 2018, Winter et al., 2018).

La restauración productiva consiste en la rehabilitación de algunos de los elementos de la estructura y funcionamiento del ecosistema original, acompañada de una productividad sostenible de la tierra mediante el uso de métodos agroforestales y agroecológicos. El objetivo de la restauración productiva es ofrecer productos que generen beneficios económicos para las poblaciones locales (Ceccon, 2013, Borda-niño et al., 2016).

Finalmente, la restauración ecocéntrica prioriza el beneficio a la propia naturaleza, lo que implica que los intereses humanos o incluso las necesidades tienen un carácter secundario (Ceccon y Pérez, 2016). Este enfoque se basa en el principio de respeto por el valor intrínseco de la naturaleza (Clewell, 2000, Swart et al., 2001). En este sentido, la restauración es un método para lograr una estrecha relación con el entorno natural, reduciendo parcialmente los impactos negativos sobre la naturaleza de las actividades humanas (Jordan y Lubick, 2011).

La Mintzita es un humedal alimentado por un manantial de fondo rocoso-pedregoso que ofrece diversos hábitats (Ramírez-Herrejón et al., 2013) que se ubica al sur de la ciudad de

Morelia, Michoacán, México. Aporta el 40% del agua potable que se consume en la ciudad, y sirve de refugio a especies endémicas de plantas y animales (Gámez y Lindig-Cisneros, 2014). Por su ubicación en el área periurbana de la ciudad, el humedal La Mintzita está sujeto a diversas perturbaciones antrópicas siendo las más impactantes: extracción de agua, incendios por quemas agrícolas en parcelas adyacentes y sobrepastoreo. Estas perturbaciones han generado un mosaico vegetal con áreas dominadas por especies nativas y otras áreas dominadas por invasoras (Escutia-Lara et al, 2009, Ramírez-Herrejón et al, 2013). En consecuencia, se necesita la aplicación de diferentes enfoques de restauración en diferentes áreas del complejo de humedales.

La vegetación de La Mintzita, está caracterizada por tres especies dominantes: *Typha domingensis* (tule), *Phragmites australis* (carrizo) *y Festuca arundinacea* (pasto o zacate festuca), está última es una especie exótica invasora. El tule y el carrizo predominan en sitios permanentemente inundados y el pasto festuca es dominante en áreas ocasionalmente inundadas y en el borde del humedal que se encuentra adyacente a los hábitats terrestres. El tule, el carrizo y el pasto son dominantes por la extensión que ocupan dentro del humedal, en consecuencia, esto ha derivado principalmente en el desplazamiento del resto de la vegetación nativa y en una alteración en los regímenes hidrológicos.

En las últimas décadas, *T. domingensis* ha ampliado su distribución y se ha vuelto más abundante en los humedales de todo el mundo, especialmente en América del Norte, debido a la alteración antropogénica de la hidrología y la carga de nutrientes de los humedales (Bansal et al., 2019). Algunas de las consecuencias de la invasión de *T. domingensis* van desde la pérdida de riqueza de especies hasta el aumento de la producción de metano en relación con los humedales dominados por especies nativas (Lawrence et al., 2017). De manera similar, *P.*

australis se ha convertido en un problema creciente para los humedales de América del Norte debido a su comportamiento generalista y propagación eficiente. La invasión de carrizo altera las comunidades vegetales, y por lo tanto, cambia significativamente las propiedades del suelo (Uddin y Robinson, 2017).

Según Tulbure et al. (2007), los cañaverales restringen el flujo de agua, lo que afecta la disponibilidad y la calidad del agua. Además, los cañaverales que forman pueden volverse muy espesos y densos, convirtiéndose en un hábitat inadecuado para la fauna nativa. El carrizo tiene un mecanismo en el que libera ácido gálico que luego es degradado por la luz ultravioleta para producir ácido mesoxálico, atacando así a las plantas y plántulas vulnerables con toxinas dañinas. Su abundante biomasa, ubicada muy por encima de la superfície del suelo, puede convertir un ecosistema diverso en un ecosistema monoespecífico. Por lo tanto, el carrizo supera esencialmente a las especies de plantas nativas, agotando la biodiversidad de los hábitats que invade. Junto con otros factores de perturbación, las comunidades de carrizo pueden llevar a muchas especies nativas a la extinción local.

Por otro lado, *F.. arundinacea* se convirtió en una especie invasora y se considera una maleza nociva en los pastizales y hábitats nativos de América del Norte. Festuca, se establece en áreas húmedas o alteradas, a lo largo de caminos, en parches erosionados y en depresiones húmedas. La planta festuca introducida reemplaza a los pastizales nativos en grandes extensiones, con efectos nocivos para la biodiversidad (Spyreas et al., 2001). La planta tiene efectos alelopáticos en numerosa semillas y la acumulación de gruesas capas de su biomasa muerta, ya sea por causas naturales o antropogénicas como la siega o el pastoreo, dificulta la germinación de las semillas de las plantas nativas, priva de alimento a las aves semilleras

nativas y el crecimiento continuo durante el invierno hace sombra a las plantas nativas (Cheater, 1992, Barnes et al., 1995, Henson, 2001, California Invasive Plant Council, 2019).

Es por ello que como[133] primera instancia, para contribuir al mejoramiento de las condiciones en el humedal La Mintzita, nuestros objetivos en este proyecto fueron: a) Describir el estado de la vegetación en el año 2021 y compararlo con los datos reportados por Rodríguez-Arias et al. (2018), para el período 2005-2015; b) Proponer[134] estrategias de restauración a los formuladores de políticas y a la comunidad local basadas en enfoques bioculturales, productivos y ecocéntricos de la restauración ecológica, conociendo la trayectoria de la composición florística,

En general, es posible controlar las especies dominantes mediante la cosecha y la erradicación, de esta manera, buscamos disminuir su dominancia y aumentar la diversidad de plantas nativas. Se pretende que sea un proyecto de beneficio mutuo en el que las partes interesadas, deben tener incentivos económicos para restaurar el humedal; enfocado en la cosecha tradicional de *T. domingensis* y *P. australis* para los mercados de artesanías.

Métodos y materiales

a) Área de estudio

El manantial La Mintzita está ubicado en el municipio de Morelia, Michoacán, México, a una altura de 1917 m.s.n.m. con la coordenada geográfica: Latitud, 19°38'43" N; Longitud

101°17'42" O (INEGI, 1998). El clima de la región es subhúmedo con lluvias en verano y una relación presión-temperatura (P/T) entre 55 y 43.2. Las precipitaciones invernales representan menos del 5% del total anual. La oscilación térmica es baja (13 a 34 °C), y el régimen de temperatura es del tipo Ganges (García, 1988). La vegetación terrestre que rodea el manantial es en su mayoría matorral subtropical y la vegetación acuática incluye: Vegetación sumergida (*Nymphaea mexicana, Stuckenia pectinata (syn Potamogeton pectinatum)* y *Ceratophyllum demersum*); vegetación flotante *Eichhornia crassipes* (Rodríguez y Guevara, 2000); y vegetación emergente dominada por *T. domingensis* y *P.australis*.

b) Muestreo, análisis estadístico y análisis espacial

Los muestreos se realizaron en las épocas secas y lluvias del año 2021. En la época seca se establecieron cinco transectos perpendiculares al borde del cuerpo de agua, separados cada uno por 30 m y partiendo del borde de la vegetación emergente. En cada transecto se marcaron seis cuadrantes equidistantes de 1 m². Se registraron todas las especies presentes en los cuadrantes y se evaluó su cobertura por presencia o ausencia en subcuadrados de 1 dm². Se recolectaron especímenes comprobantes de las plantas para su identificación. Este método fue modificado del "Great Lakes Environmental Indicators Project" y permite el muestreo eficiente de este tipo de comunidades y, por ser una metodología estandarizada, también la comparación entre sitios (Frieswyk y Zedler, 2006, Frieswyk y Zedler, 2007, Frieswyk et al., 2007).

Las especies de plantas se identificaron utilizando las publicaciones de Calderón y Rzedowski (2001 y 2004), Lot (2000), Lot y Novelo (2004), Lot et al. (1998, 1999), y Villaseñor y Espinosa (1998). La identidad de algunas especies fue corroborada con la colaboración del Wisconsin State Herbarium de la Universidad de Wisconsin-Madison (WIS). Los hábitats de las plantas se establecieron utilizando el Estado del indicador de humedales en la Base de datos de plantas del USDA (USDA, 2015) que clasifica las plantas hidrófitas en plantas de humedales obligados casi siempre presentes en humedales (OBL), plantas de humedales facultativos que se encuentran con frecuencia en humedales, pero también en otros ecosistemas (FACW), y plantas facultativas presentes en humedales y en otros ecosistemas (FAC). Para este estudio, se corroboró que las plantas clasificadas como facultativas también se encuentran fuera del humedal. Los resultados obtenidos se compararon con los datos reportados por Rodríguez-Arias et al. (2018), autores que siguieron la misma metodología de muestreo descrita anteriormente.

En los muestreos realizados durante la época de lluvias, los cambios observados en la cobertura vegetal y distribución espacial de las especies del humedal, hicieron poco útiles los transectos utilizados anteriormente para cuantificar la riqueza de especies, por lo que se decidió realizar una exploración exhaustiva dentro del humedal para encontrar la mayor cantidad de especies como fue posible. La riqueza de especies en los años 2005 y 2021 se comparó mediante curvas de rarefacción (esfuerzo de muestreo vs. riqueza de especies estimada) analizadas en el software Estimates 9.1.0 (Colwell 2013)

Debido a los severos cambios que ha sufrido el humedal desde el año 2015, se realizó un análisis adicional a partir de fotografías aéreas tomadas en seis vuelos utilizando un dron DJI (Mavic Mini). Las fotografías aéreas se procesaron en la aplicación Agisoft Metashape para crear un ortomosaico, que luego se analizó en el software GIS QGIS 3.16. El GIS generado

se usó para mapear tipos de cobertura, identificar perturbaciones (en particular, pastoreo) y para establecer diferentes zonas para implementar esfuerzos de restauración.

c) Estimación de la productividad de tule del humedal

Se recolectaron hojas de *Typha dominguensis* de seis cuadrantes de 1 m². Se midió y registró el peso seco y la longitud de las hojas muestreadas, y se calculó el número promedio de hojas por metro cuadrado. El número de hojas necesarias para la fabricación de canastas, cajas y tapetes de tule se estimó midiendo y pesando piezas representativas, considerando 20 cm de hoja dejada por los artesanos como material remanente durante el proceso de fabricación (observado por los autores durante un taller), de cuyos datos se calculó la productividad potencial anual del humedal bajo el plan de restauración propuesto. Para conocer los criterios que aplican los artesanos en la recolección de hojas y elaboración de piezas de tule y obtener un conocimiento detallado del proceso de elaboración, ambos autores asistimos a cursos de capacitación para la elaboración de piezas de tule y carrizo impartidos por expertos artesanos de Pátzcuaro, Michoacán, en julio y agosto de 2021.

Actividad de investigación

Cómo se llegó a la elaboración del escrito

De enero de 2021 a enero del 2022 realicé una estancia de investigación en el Laboratorio de Restauración Ambiental del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

(IIES). En un inicio, el objetivo general de la estancia era generar una herramienta de manejo del humedal La Mintzita, en específico para la especie *Typha domingensis*, que permitirá tanto la restauración del humedal como el aprovechamiento de la especie a través de la actividad artesanal.

El ayuntamiento de Morelia y la comunidad aledaña al humedal, la Comunidad Ecológica Jardines de la Mintzita (CEJM), fueron quienes pautaron el objetivo, ya que, con anterioridad estas dos organizaciones tenían la intención de aprovechar el tule del humedal, tal como lo hacen los artesanos del lago de Pátzcuaro, sin embargo, carecían de un marco ambiental y jurídico que les permitiera llevar a cabo la actividad de manera adecuada.

La herramienta generada fue el "Programa de Manejo de *Typha spp.*, para la Elaboración de Artesanías y la Restauración Ambiental del Manantial la Mintzita" (anexo 3). Este documento se desarrolló en el marco del Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Preservación Ecológica Manantial La Mintzita y su Zona de Amortiguamiento, del Municipio de Morelia, Michoacán, documento rector de la CEJM. De manera específica el programa de manejo del tule constituyó una herramienta para cumplir los objetivos expresados en los componentes "Manejo y Uso Sustentable de Ecosistemas Terrestres y Recursos Forestales", "Actividades Productivas Alternativas y Tradicionales" y "Manejo y Uso Sustentable de Agroecosistemas y Ganadería" del Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Preservación Ecológica Manantial La Mintzita.

Dicho documento fue entregado y presentado al ayuntamiento y a la comunidad en agosto del 2021. Sin embargo, conforme realizamos la petición del ayuntamiento, fueron surgiendo algunas inquietudes respecto al estado de conservación del humedal. A pesar de la

importancia que tenía realizar un programa de manejo del tule, sabíamos que no era suficiente para una restauración más integral del humedal, por esta razón desde los meses de secas hasta los de lluvias se realizó una serie de muestreos de la vegetación de todo el humedal, con la intención de tener un panorama más completo del estado del humedal.

El contar con los resultados del estado de la vegetación del humedal para el año 2021, proporcionó información para poder compararlos con algunos datos históricos (2005-2015) con los que ya contaba el laboratorio. La información se traduce en cambios importantes en la composición florística durante un período de 16 años. En la época seca encontramos diferencias significativas en la riqueza de especies entre los años 2005 y 2021, con una reducción significativa en este último año. Asimismo, se encontró que el 2021 fue el año con menor valor de especies para la riqueza.

De igual forma, con los datos obtenidos se observó que *Typha domingensis, Phragmites australis* y *Festuca arundinacea* se han visto favorecidas por los disturbios y habían aumentado sus coberturas a expensas de las especies nativas, reduciendo así la diversidad florística del humedal. De esta manera se decidió proponer una serie de estrategias de manejo, para el control de las especies antes mencionadas, basadas en tres estrategias de restauración ambiental: biocultural, productiva y ecocéntrica, esto con el objetivo de redirigir la trayectoria de la composición florística del humedal. Teniendo todos estos datos decidimos que era pertinente publicarlos y nos pareció que la revista Ecological Restoration era la más apropiada para publicar nuestros hallazgos.

Problemas

Una de las problemáticas más importantes, tuvo lugar en la fase de muestreos. Ya que, en la segunda etapa de este estudio, es decir en los muestreos realizados durante la época de lluvias, los cambios observados en la cobertura vegetal y distribución espacial de las especies del humedal, hicieron poco útil los transectos utilizados anteriormente, para cuantificar la riqueza de especies, por lo que se decidió realizar una exploración exhaustiva dentro del humedal para encontrar la mayor cantidad de especies posible. Esta fue una dificultad importante, ya que el no seguir con los mismos transectos, implicó un esfuerzo adicional en la discusión de los resultados. Sin embargo, mostró una realidad más amplia del humedal.

Por otra parte, una problemática menor se dio en algunas ocasiones cuando los muestreo no se podían llevar a cabo, debido a que de manera repentina, el nivel del agua del humedal se elevó y esto complicó el paso por este, en esas ocasiones el muestreo se realizó semanas después. Probablemente, la elevación en el nivel del agua se debía al corte en la extracción de agua por parte de la papelera.

Consideraciones críticas de los resultados

En el presente estudio se evidencia el cambio negativo en la trayectoria de la composición florística en el humedal La Mintzita, que ha estado ocurriendo a lo largo de casi dos décadas. Los cambios en la composición florística que Rodríguez-Arias et al. (2018), observaron durante el período 2005-2015, ya estaban indicando una modificación radical en la composición de la comunidad vegetal, lo que fue corroborado al comparar los resultados de años anteriores con nuestras observaciones en 2021, que mostraron una disminución en la

riqueza de especies tanto en el período seco y en las temporadas de lluvia. Lo que demuestra la urgencia para aplicar acciones en los próximos años y así, revertir la trayectoria negativa de la composición florística. Aunque el muestreo exhaustivo realizado durante la temporada de lluvias arrojó resultados menos críticos, ese muestreo requirió un esfuerzo mucho mayor que el muestreo a lo largo de transectos.

Los resultados del análisis espacial indican la expansión de las áreas dominadas por T. *domingensis, P. australis* y *F. arundinacea* a expensas de otras especies, lo que redujo la diversidad de especies de plantas del humedal. Esta observación, junto con los resultados del análisis de riqueza de especies, muestra una tendencia general hacia la degradación del humedal y una tendencia negativa en la trayectoria de la riqueza de especies.

Se requiere redireccionar la trayectoria de la composición florística para mantener el humedal (que es de alta prioridad por su importancia como principal fuente de agua para la población urbana de Morelia), al mismo tiempo que se debe mantener los múltiples servicios ecosistémicos que brinda. La propuesta de estrategia de restauración implica oportunidades futuras para el humedal La Mintzita y su puesta en práctica es fundamental para su prosperidad en los próximos años.

Por otro lado, debería prohibirse definitivamente el pastoreo de ganado en el humedal, debido a su potencial efecto degradante a través de la compactación o perforación del suelo, la dispersión de malezas, el pisoteo de la vegetación y la contaminación del agua con desechos animales, lo que conduce a la infestación de malezas, disminución de la abundancia y diversidad de la flora nativa y la mala calidad del agua (Peters et al., 2015). Rodríguez-Arias et al. (2018), demostraron previamente que la remoción de ganado del humedal se correlacionó con un aumento en la abundancia de la especie invasora *F. arundinacea*;

posiblemente porque el pisoteo expone el suelo favoreciendo su establecimiento. Por lo tanto, la remoción de la cobertura de festuca alta y del ganado debe ser concomitante porque si solo se elimina el ganado, la festuca alta ganaría terreno, y si solo se elimina la festuca alta, el ganado en pastoreo consumiría la vegetación nativa del humedal.

Una adecuada gestión del fuego, es también de primordial importancia para el futuro del humedal. Para evitar las altas temperaturas, las quemas deben realizarse en horas de la madrugada o desde octubre y febrero, antes de la llegada de los días más calurosos de la estación seca (de marzo a mayo). Siempre que sea posible, se debe evitar el uso del fuego y preferir prácticas como la siega y la extracción de hojarasca seca.

Debido a que el deterioro de los humedales está frecuentemente ligado a alteraciones del sistema hidrológico, ya sea directa o indirectamente, se deben tomar las medidas adecuadas para mejorar el régimen hidrológico de la cuenca para así prevenir cambios negativos en su composición florística y mejorar la calidad del hábitat para las especies animales (Álvarez-Cobelas et al., 2001). Sin embargo, abordar los temas hidrológicos en este sistema socioecológico es una tarea altamente compleja que requerirá un abordaje transdisciplinario.

No es suficiente diseñar buenas prácticas de gestión y restauración ambiental, estas prácticas deben ejecutarse. Conservar la biodiversidad y aprovechar las oportunidades de desarrollo económico es una ecuación de esfuerzo compartido, que requiere en particular de la participación de los diferentes sectores de la sociedad, las instituciones gubernamentales y la normativa vigente. Hasta el día de hoy, las autoridades locales han implementado la restauración biocultural mediante la recolección del tule. Habitantes del lugar participaron de

un taller para aprender a hacer artesanías. Se está realizando un seguimiento de la explotación de las especies del humedal.

En conclusión, el humedal La Mintzita, ha sido impactado por múltiples causas; sin embargo, las acciones de recuperación son técnicamente factibles, pero requieren trabajar junto con las partes interesadas incorporando diferentes enfoques de restauración simultáneamente. Este enfoque podría ser útil en otros sistemas de humedales con una larga historia de ocupación humana en todo el mundo.

Como la LCA ayudó al desempeño académico

La licenciatura en Ciencias Ambientales, me brindó de todas las herramientas necesarias para poder participar en este proyecto. Dentro de las aulas había aprendido de manera teórica acerca de la restauración ambiental, sin embargo, no fue hasta el momento de mi participación en el proyecto que pude llevar a cabo todos los conocimientos hacia la práctica.

Dentro de la práctica aprendí a formular de manera correcta las preguntas de la restauración ambiental: ¿por qué, qué, cómo, dónde y cuándo restaurar?, las cuales me fueron de mucha ayuda para el desarrollo del proyecto. Por otra parte, entendí a la restauración ambiental como un campo práctico que es necesario explorar dentro de las ciencias ambientales ya que permite asistir a la recuperación de los ecosistemas que han sido degradados, dañados o destruidos.

En este camino, comprendí que el proceso de restauración se trata de superar barreras sucesivas que impiden que procesos ecológicos se lleven a cabo para la recuperación de la estructura y función de los ecosistemas. Entendí también que las barreras a la restauración no sólo están dadas por el nivel de degradación del ecosistema, sino también de otros factores como la disponibilidad de técnicas, la capacidad financiera, y la capacidad de diálogo con los diferentes grupos involucrados durante y después del proceso de restauración.

Además, a través de este proyecto comprendí la importancia de la transdisciplina, me di cuenta que en muchas ocasiones el conocimiento académico no es suficiente para hacer un buen acercamiento a la realidad de la investigación. Entiendo la importancia de los otros sectores de la sociedad tanto en el proceso de la investigación como en el la ejecución. A lo largo de este proyecto tuve la oportunidad de trabajar en conjunto con la Comunidad Ecológica Jardines de la Mintzita lo que me permitió ver lo fundamental que es que la comunidad que vive dentro del ecosistema de interés, tenga la voluntad de trabajar por el lugar donde viven. En mi participación, me di cuenta que su entusiasmo, experiencia y compromiso es el motor principal para que el trabajo que la academia propone se lleve a cabo de la mejor manera posible.

Además de tener un acercamiento con la comunidad, también profundicé mis conocimientos de sistemas de información geográfica, de manejo de bases de datos y de ejecución de muestreos, los cuales me fueron de mucha utilidad para poder llevar a cabo el trabajo de investigación

Participación

Mi participación dentro del estudio fue desde el inicio, he participado en cada etapa de este, desde la construcción de la idea hasta la culminación del escrito. Mi participación en el proyecto de investigación se inició en Marzo del 2021 y se culminó en mayo del 2022. Sin embargo, el proceso de elaboración del artículo científico empezó hasta el mes de agosto del 2021. En la tabla 1 se muestran las actividades que realice para la elaboración del artículo.

A manera de conclusión, puedo decir que participar dentro de este proyecto tuvo mucho significado dentro de mi formación universitaria, me hizo poner en práctica todo lo que aprendí durante mis cuatro años de formación, así como aprender técnicas nuevas y generar conocimiento nuevo, el cual se ha visto reflejado en el manuscrito enviado "Trayectoria de la composición florística de un humedal alimentado por manantiales: manejo a través de estrategias de restauración biocultural, productiva y biocéntrica". Finalmente, me es grato culminar la licenciatura habiendo colaborado en la generación de nuevo conocimiento.

Tabla 1. Cronograma de actividades durante el desarrollo del proyecto de investigación y la participación de un alumno de licenciatura.

ACTIVIDADES	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Revisión de literatura relacionada al proyecto										
2.Muestreos de vegetación										
3. Vuelos de dron										
4. Clasificación de datos estadísticos										
5. Elaboración de mapas por medio de QGIS										
6. Análisis e interpretación de resultados										
7. Redacción de manuscrito										
8. Revisiones finales										
9. Salida de campo extras										
10. Trabajo de gabinete con datos preliminares										
11. Entrega del reporte final										

Literatura Citada

- Alvarez-Cobelas, M., Cirujano, S., & Sánchez-Carrillo, S. 2001. Hydrological and botanical man-made changes in the Spanish wetland of Las Tablas de Daimiel. *Biological Conservation*, 97(1), 89–98.doi:10.1016/s0006-3207(00)00102-6
- Bansal, S., Lishawa, S. C., Newman, S., Tangen, B. A., Wilcox, D., Albert, D. & Windham-Myers, L. 2019. Typha (Cattail) Invasion in North American Wetlands: Biology, Regional Problems, Impacts, Ecosystem Services, and Management. Wetlands. doi:10.1007/s13157-019-01174-7
- Barnes, T. G., Madison, L. A., Sole, J. D., & Lacki, M. J. 1995. *An assessment of habitat quality for northern bobwhite in tall fescue-dominated fields*. CABI. https://www.cabi.org/isc/abstract/19950712146

- Borda-Niño, M., Santiago, M.C., Hernández-Muciño, D. & Muciño-Muciño, M.

 2016. Restauración Productiva en la Práctica: El caso de las Comunidades Indígenas Me'phaa de la Montaña de

 Guerrero.https://www.researchgate.net/publication/309681903_Restauracio
- Bremer, L., Falinski, K., Ching, C., Wada, C. A., Burnett, K.M., Kukea-Shultz, K., Reppun, N., Chun, G., Oleson. K. L. L. & Ticktin, T. 2018. Biocultural restoration of traditional agriculture: cultural, environmental, and economic outcomes of lo'i kalo restoration in He'eia, O'ahu. *Sustainability*, *10*(12): 4502. https://doi.org/10.3390/su10124502
- Brun, A., Campanella, O., Oggero, A., & Suárez, S. 2012. Cambios en el IVN y su relación con disturbios antrópicos en la vegetación serrana de Córdoba, Argentina. *Revista de Teledetección*, 37, 34–41.
- Calderón de Rzedowski, G., & Rzedowski, J. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad/ México D.F.: Instituto de Ecología, A.C.
- Calderón de Rzedowski, G., & Rzedowski, J. 2004. *Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato*. Flora del Bajío y regiones adyacentes.
- California Invasive Plant Council. 2019. Festuca arundinacea (tall fescue). Centre for Agricultural Bioscience International. https://www.cabi.org/isc/datasheet/23983

- Ceccon, E. 2013. Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. Ediciones Díaz de Santos/UNAM, México
- Ceccon, E. & Pérez, D. R. 2016. Más allá de la ecología de la restauración:

 perspectivas sociales en América Latina y el Caribe. 1a ed. Ciudad

 Autónoma de Buenos Aires: Vázquez Mazzini Editores. cap 1, 29-31
- Chang, K., Winter, K.B. & Lincoln, N. K. 2019. Hawai'i in focus: navigating pathways in global biocultural leadership. Special issue on Biocultural Restoration in Hawai'i. *Sustainability 11*(1): 283. https://doi.org/10.3390/su11010283
- Cheater. M. 1992. Alien invasion. *Nature Conservancy*, 42(5), 24-29.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples, version 9.1.0. Retrieved on August 2nd-2018, 2018, from: http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/
- Cowardin, L.M., Carter, V., Goulet, F.C. & Laroe, E.T. 1979. *Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States*. (Informe No. FWS/OBS-79/31) Washington, DC. U.S. Department of the Interior, U.S. Fish and Wildlife Service y Office of Biological Services.
- Davidson, N. C. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, 65(10), 934. doi:10.1071/mf14173
- Escutia-Lara, Y., Lara-Cabrera, S. & Lindig-Cisneros, R. 2009. Efecto del fuego y dinámica de las hidrófitas emergentes en el humedal de La Mintzita, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 771–778.

- Frieswyk, C. B., Johnston, C., & Zedler, J. B. 2007. Quantifying and qualifying dominance in vegetation. *Journal of Great Lakes Research*, *33*, 125–135.
- Frieswyk, C. B., & Zedler, J. B. 2006. Do seed banks confer resilience to coastal wetlands invaded by Typha x glauca? *Canadian Journal of Botany*, 84, 1882–1893.
- Frieswyk, C. B., & Zedler, J. B. 2007. Vegetation change in Great Lakes coastal wetlands: Deviation from the historical cycle. *Journal of Great Lakes Research*, *33*, 366–380.
- Gámez, S., & Lindig-Cisneros, R. 2014. Efecto de la profundidad del agua en la germinación de *Typha domingensis*. *Biológicas Revista de la DES Ciencias*
- Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 15, 14–18.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen, 4^a* edición. México D.F.: CETENAL.
- Henson, J.F. 2001. Tall fescue, Lolium arundinaceum (Schreb.) S. J. Darbyshire.

 USDA-NRCS* Plant Guide.

 3.http://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_loar10.pdf
- Hernández, E. C., Reiss, K. C., & Brown, M. T. 2015. Effect of time on consistent and repeatable macrophyte index for wetland condition. *Ecological Indicators*, *52*, 558–566.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 1998. *Carta Topográfica*. Morelia, E14-1. Escala 1:250,000. Michoacán, México.
- Jordan W.R. y Lubick G.M. 2011. Making nature whole: a history of ecological restoration. Island Press. Washington D.C. EUA.

- Kimmerer, R. W. 2013. *Braiding sweetgrass: Indigenous wisdom, scientific knowlegde and the teachings of plants*. Milkweed Editions, Minneapolis, Minnesota, USA.
- Kurashima, N., Jeremiah, J. & Ticktin, T. 2017. I ka wā ma mua: the value of a historical ecology approach to ecological restoration in Hawai'i. *Pacific Science*, 71(4):437-456. https://doi.org/10.2984/71.4.4
- Köbbing, J., Thevs, N., & Zerbe, S. 2013. The utilisation of Reed (Phragmites australis) a review. *Mires and Peat*. https://www.researchgate.net/publication/258438591_The_utilisation_of_R eed_Phragmites_australis_-a_review
- Landgrave, R. & Moreno-Casasola, P. 2012. Cuantificación de la pérdida de humedales en México. *Investigación Ambiental*, 4(1), 35-51.
- Lawrence, B. A., Lishawa, S. C., Hurst, N., Castillo, B. T., & Tuchman, N. C. 2017.

 Wetland invasion by Typha×glauca increases soil methane emissions.

 Aquatic Botany, 137, 80–87. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2016.11.012
- Lot, A. 2000. Plantas acuáticas en los jardines botánicos: ideas sobre el desarrollo de las colecciones. *Boletín Amaranto*, *13*, 13–25.
- Lot, A., & Novelo, A. 2004. *Iconografia y estudio de plantas acuáticas de la ciudad de México y sus alrededores*. México, D.F.: Instituto de Biología, Dirección de Divulgación Científica, UNAM.
- Lot, A., Novelo, A., Olvera, M., & Ramírez, P. 1999. *Catálogo de Angiospermas acuáticas de México. Hidrófitas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes*. Cuadernos del Instituto de Biología, UNAM. Núm.33. México D.F.: UNAM.

- Lot, A., Novelo, A., & Ramírez-García, P. 1998. Diversidad de la flora acuática mexicana. In T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (Eds.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología UNAM. México. (563–580).
- Lyver P.O.B., A. Akins, H. Phipps, V. Kahui, D.R. Towns and M. Henrik. 2016. Key biocultural values to guide restoration action and planning in New Zealand.

 Restoration Ecology 24:314–323.
- McMillen, H., Ticktin, T. & Springer, H. K. 2017. The future is behind us: traditional ecological knowledge and resilience over time on Hawai'i Island. *Regional Environmental Change*, 17 (2), 579-592. https://doi.org/10.1007/s10113-016-1032-1
- Mitsch, W.J. & J.G. Gosselink. 2000. *Wetlands*, John Wiley & Sons: Nueva York.
- Pascua, P., McMillen, H., Ticktin, T., Vaughan, M. & Winter, K. B. 2017. Beyond services: a process and framework for incorporating cultural, genealogical, place-based, and indigenous relationships into ecosystem service
 - assessments. *Ecosystem Services*, 26, 465-475. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.03.01
- Peters, G., Morris, K., Frood, D., Papas, P., & Roberts, J. 2015. A Guide to
- Managing Livestock Grazing in Victoria's Wetlands. Decision Framework and

 Guidelines Version 1.0. Organic

 Editing.https://www.ari.vic.gov.au/__data/assets/pdf_file/0019/39241/ARIT

- echnical-Report-265-Guide-to-managing-livestock-grazing-in-wetlands-de cision-framework-V1.0.pdf
- Ramírez-Herrejón, J. P. R., Nava, M. M., Tinoco, C. I. S., & Zubieta, T. L. 2013.

 Algunos aspectos reproductivos de *Zoogoneticus quitzeoensis*; Hubbs and
- Turner (1939) (Osteichthyes-Goodeidae) en la represa La Mintzita Morelia, Michoacán, México. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, 9, 63–71.
- Ramsar. 2016. Introducción a la convención sobre los humedales. *Ramsar*, *5*, 9-10. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/handbook1_5e d_introductiontoconvention_s_final.pdf
- Rodríguez-Arias, C., Gómez-Romero, M., Páramo-Pérez, M. E., & Lindig-Cisneros,
 R. 2018. Ten-year study of vegetation dynamics in wetlands subject to human disturbance in Western Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3). https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.1771
- Rodríguez, J., & Guevara, F. 2000. *Angiospermas: catálogo de la biodiversidad en Michoacán*. Ciudad de México: SEDUE
- Sah, J. P., Ross, M., Saha, M. S., Minchin, P., & Sadle, J. 2014. Trajectories of vegetation response to water management in Taylor Slough, Everglades National Park, Florida. Wetlands, 34, 65–79.
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group.

 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona. http://www.

- ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecologic al-restoration
- Spyreas, G., Gibson, D.J. & Middleton, B.A. 2001. Effects of endophyte infection in tall fescue (*Festucaarundinacea*: Poaceae) on community diversity. *International Journal of Plant Sciences*, 162(6), 1237-1245.
- Swart, J. A. A., Van der Windt, H. J. & Keulartz, J. 2001. Valuation of Nature in Conservation and Restoration. *Restoration Ecology*, *9*(2), 230-238.
- Tabilo-Valdivieso, E. 1999. El beneficio de los humedales en Centroamérica. El potencial de los humedales para el desarrollo. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre. Heredia, WWF y Universidad Nacional de Costa Rica. www.centroneotropical. org/recsos/benef_hum_amer_centr.pdf
- The Economics of Ecosystems & Biodiversity. 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations, edited by P.Kumar. London and Washington: Earthscan. http://www.teebweb.Org
- Tulbure, M. G., Johnston, C. A., & Auger, D. L. 2007. Rapid Invasion of a Great Lakes Coastal Wetland by Non-native Phragmites australis and Typha.

 **Journal of Great Lakes Research, 33(sp3), 269–279.
- Uddin, M. N., & Robinson, R. W. 2017. Changes associated with Phragmites australis invasion in plant community and soil properties: A study on three invaded communities in a wetland, Victoria, Australia. *Limnologica*, 66, 24–30. https://doi.org/10.1016/j.limno.2017.07.006
- United States Department of Agriculture. 2015. *Plants*database. http://plants.usda.gov/index.html

Villaseñor, J. L., & Espinosa-García, F. J. 1998. *Catálogo de malezas de México*.

Mexico City: Universidad Nacional Autónoma de México/ Fondo de Cultura Económica.

Winter, K. B., Lincoln, N.K. & Berkes, K. 2018. The social ecological keystone concept: a quantifiable metaphor for understanding the structure, function, and resilience of a biocultural system. *Sustainability*, *10*(9):3294. https://doi.org/10.3390/su10093294

Anexos

Anexo 1. Manuscrito enviado: Fuentes-Gutiérrez, E. & Lindig-Cisneros, R. (2022). Trayectoria de la composición florística de un humedal alimentado por manantiales: manejo a través de estrategias de restauración biocultural, productiva y biocéntrica [Manuscrito enviado para publicación]. Laboratorio de Restauración Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.

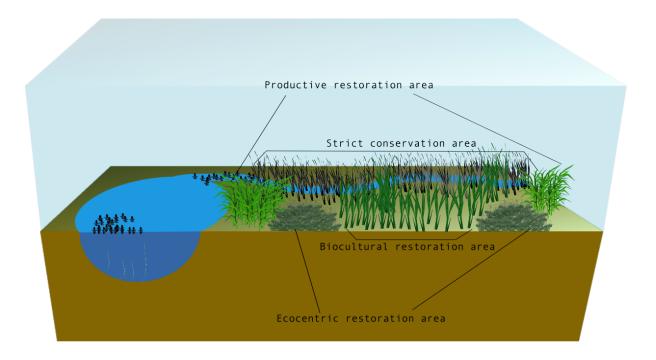
Anexo 2. Respuesta de recepción del artículo por parte de la revista.

Anexo 3. Programa de Manejo de *Typha spp.*, para la Elaboración de Artesanías y la

Restauración Ambiental del Manantial la Mintzita.

Trayectoria de la Composición Florística de un Humedal Alimentado por Manantiales: Manejo a través de Estrategias de Restauración Biocultural, Productiva y Biocéntrica

Esperanza Alejandra Fuentes Gutiérrez y Roberto Antonio Lindig Cisneros



RESUMEN

La creciente pérdida de los humedales a escala mundial exige una respuesta inmediata. Las prácticas de manejo como el monitoreo y la restauración ambiental son esenciales para la recuperación y el desarrollo de estos ecosistemas de transición entre ambientes acuáticos y terrestres. Cuando los humedales se encuentran invadidos, la restauración enfrenta barreras bióticas y económicas de gran magnitud que en muchos casos podrían obstruir la recuperación del sitio. Durante el año 2021, evaluamos la composición florística de un humedal sujeto a perturbaciones antrópicas, entre las que destacan la extracción de agua, los incendios inducidos y el sobrepastoreo, y comparamos nuestros resultados con datos históricos (2005-2015). Los resultados de nuestra comparación revelaron que cambios

importantes en la composición florística ocurrieron durante este período de 16 años. En la

época de secas encontramos diferencias notables en la riqueza de especies entre los años 2005

y 2021, con una reducción significativa en este último año. Asimismo, en época de lluvias, el

2021 fue el año con menor riqueza de la última década. Esta pérdida de riqueza de especies

representa un cambio desfavorable en la travectoria de la composición florística, que

explicamos como un efecto de la perturbación antrópica sostenida. Especies como Typha

domingensis, Phragmites australis y Festuca arundinacea se han visto favorecidas por los

disturbios y han aumentado sus coberturas a expensas de las especies nativas, reduciendo así

la diversidad florística del humedal, por ende con el objetivo de redirigir de manera positiva la

trayectoria de la composición florística del humedal La Mintzita, se propuso una estrategia de

manejo para el control de las especies antes mencionadas basada en tres estrategias de

restauración ambiental: Biocultural, productiva y ecocéntrica.

Palabras clave: Trayectorias; Artesanía; Tule; Carrizo; Pasto-festuca

ABSTRACT

The increasing loss of wetlands at the global scale demands immediate response.

Management practices like monitoring and environmental restoration are essential for the

recovery and development of these transitional ecosystems between aquatic and terrestrial

environments. When wetlands are invaded, environmental restoration faces large magnitude

biotic and economic barriers that could in many cases obstruct their restoration. During 2021,

we assessed the floristic composition of a wetland subjected to anthropic disturbances -the

most important of which are water extraction, induced fires, and overgrazing- and compared

our results with historical data from 2005 to 2015. The results of our comparison revealed

that important changes in floristic composition occurred during this 16 year period. In the dry

season, we found significant differences in species richness between the years 2005 and 2021,

with a significant reduction in the latter year. Likewise, 2021 was the year with the lowest

species value for richness. This loss of species richness represents an unfavorable change in

the floristic composition trajectory, which we explained as an effect of sustained anthropic

disturbance. Typha domingensis, Phragmites australis, and Festuca arundinacea have been

favored by disturbances and increased their covers at the expense of native species, thus

reducing the wetland's floristic diversity. Our objective was to redirect the floristic

composition trajectory in the La Mintzita wetland by proposing management strategies for

controlling the above-mentioned species based on three environmental restoration strategies:

biocultural, productive, and ecocentric.

Keywords: Trajectories; Handcraft; Cattail; Common-reed; Invasive-grass

RESUMEN DE LA RESTAURACIÓN (RESTORATION RECAP)

- Redireccionar la trayectoria es algo necesario para el mantenimiento del humedal, es

necesario por la gran importancia que tiene el humedal para la población de Morelia,

mantener el humedal implica a su vez la conservación de múltiples servicios ecosistémicos.

- La implementación estratégica de todos los diferentes enfoques de restauración ambiental

representa una oportunidad para la rehabilitación de ecosistemas complejos.

3

- Es imperativo tomar medidas para que el humedal no continúe moviéndose hacia una comunidad vegetal más parecida a los tipos de tierras altas como predicen las tendencias. Para una mejora a largo plazo del humedal, será necesario controlar directamente las principales perturbaciones del humedal (extracción de agua, incendios provocados por quemas agrícolas en parcelas adyacentes y sobrepastoreo).

1. INTRODUCCIÓN

Desde 1900, según Davidson (2014), el mundo ha perdido entre el 64% y el 71% de sus humedales. En ese mismo período, México sufrió una pérdida o deterioro similar sobre el 62% de su superficie de humedales (Landgrave y Moreno-Casasola, 2012). Los humedales, áreas en las que el agua es el principal factor de control de la vida vegetal y animal asociada a él (Ramsar, 2016), son zonas de transición entre ecosistemas terrestres y acuáticos donde el nivel freático se encuentra generalmente en o cerca de la superficie terrestre, o donde el suelo está cubierto por aguas poco profundas (Cowardin et al., 1992). Estos ecosistemas albergan una rica diversidad de plantas y animales que participan en el mantenimiento de sus procesos intrínsecos, como el suministro de agua dulce, la producción de alimentos, la filtración y limpieza del agua, la retención de sedimentos y los ciclos de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo (Mitsch y Gosselink, 2000, Tabilo, 1998).

Los humedales se caracterizan por ser comunidades vegetales en las que crecen especies vegetales tolerantes a las condiciones anóxicas del suelo. Con base en dicha tolerancia, los hidrófitos se clasifican en especies de humedales obligados o facultativos (Rodríguez-Arias et al., 2018). En consecuencia, las especies obligadas de los humedales son

buenas indicadoras de la condición ambiental de estos ecosistemas porque son fáciles de identificar, responden a cambios en el hidroperíodo, química del agua, tipo de sustrato, conectividad del paisaje, efectos de borde y régimen de perturbación (Hernández et al., 2015). Por lo tanto, es técnicamente factible obtener información sobre el estado de conservación de los humedales a través del monitoreo a largo plazo de la vegetación. Esta información puede utilizarse para diseñar prácticas de manejo adaptativo (Sah et al., 2014).

La composición florística de los humedales determina parcialmente su funcionamiento y, a su vez, la composición florística depende de condiciones ambientales como el clima, la disponibilidad de recursos y el régimen de perturbación; todos los cuales pueden verse alterados por causas antropogénicas (Brun et al., 2012). Los cambios en las condiciones ambientales a menudo conducen a cambios en la dinámica de la composición florística y su trayectoria. Las direcciones que tome la composición también llamadas trayectorias específicas dependen de factores como la composición de especies de la comunidad inicial, el tipo de perturbación y su intensidad. En consecuencia, las modificaciones de un factor de control ambiental, como el fuego o la dinámica de la herbivoría, podrían deteriorar gradualmente la resiliencia de la comunidad y dar lugar a un cambio de dirección particular hasta que se alcance un umbral que resultará en un cambio abrupto en la composición de especies (Sah et al., 2014).

La restauración ambiental funciona como una herramienta para redireccionar las trayectorias de composición de especies y consiste en ayudar a la recuperación de ecosistemas degradados, dañados o destruidos (SER, 2004). El objetivo principal de la restauración es conservar y reponer el capital natural así como restituir los servicios

ecosistémicos (TEEB, 2010). Existen diferentes enfoques para la restauración, según el contexto socioecológico y el uso esperado del sitio restaurado, se han discutido tres categorías principales en la literatura: Restauración biocultural, productiva y ecocéntrica (Jordan y Lubick, 2011, Lyver et al., 2016, Chang et al., 2019). Juntos, estos diferentes enfoques brindan un mosaico de oportunidades para la rehabilitación de ecosistemas complejos, para lo cual deben aplicarse estratégicamente en combinación.

La restauración biocultural se basa en las relaciones recíprocas entre los humanos y la naturaleza. Las estrategias de gestión de la restauración diseñadas siguiendo el enfoque biocultural permiten la incorporación de relaciones históricas y contemporáneas entre las comunidades humanas locales y el ecosistema (Kimmerer, 2013, Kurashima et al., 2017, Chang et al., 2019). Más allá de la rehabilitación de paisajes degradados, la restauración biocultural también podría apoyar la renovación y el fortalecimiento de las prácticas culturales y la identidad, incluido el resurgimiento del lenguaje y las conexiones de las personas con los lugares, algo que puede ser fundamental para promover la resiliencia del sistema socioecológico. (Kurashima et al., 2017, McMillen et al., 2017, Pascua et al., 2017, Bremer et al., 2018, Winter et al., 2018).

La restauración productiva consiste en la rehabilitación de algunos de los elementos de la estructura y funcionamiento del ecosistema original acompañada de una productividad sostenible de la tierra mediante el uso de métodos agroforestales y agroecológicos. El objetivo de la restauración productiva es ofrecer productos que generen beneficios económicos para las poblaciones locales (Ceccon, 2013, Borda-niño et al., 2016).

Finalmente, la restauración ecocéntrica prioriza el beneficio a la propia naturaleza, lo que implica que los intereses humanos o incluso las necesidades tienen un carácter secundario (Ceccon y Pérez, 2016). Este enfoque se basa en el principio de respeto por el valor intrínseco de la naturaleza (Clewell, 2000, Swart et al., 2001). En este sentido, la restauración es un método para lograr una estrecha relación con el entorno natural, reduciendo parcialmente los impactos negativos sobre la naturaleza de las actividades humanas (Jordan y Lubick, 2011).

La Mintzita es un humedal alimentado por un manantial de fondo rocoso-pedregoso que ofrece diversos hábitats (Ramírez-Herrejón et al., 2013) que se ubica al sur de la ciudad de Morelia (Michoacán, México). Aporta el 40% del agua potable que se consume en la ciudad, y sirve de refugio a especies endémicas de plantas y animales (Gámez y Lindig-Cisneros, 2014). Por su ubicación en el área periurbana de la ciudad, el humedal La Mintzita está sujeto a diversas perturbaciones antrópicas siendo las más impactantes: extracción de agua, incendios por quemas agrícolas en parcelas adyacentes y sobrepastoreo. Estas perturbaciones han generado un mosaico vegetal con áreas dominadas por especies nativas y otras áreas dominadas por invasoras (Escutia-Lara et al, 2009, Ramírez-Herrejón et al, 2013). En consecuencia, se necesita la aplicación de diferentes enfoques de restauración en diferentes áreas del complejo de humedales.

La vegetación de la Mintzita, está caracterizada por tres especies dominantes: *Typha domingensis* (tule), *Phragmites australis* (carrizo) *y Festuca arundinacea* (pasto o zacate festuca), está última es una especie exótica invasora. El tule y el carrizo predominan en sitios permanentemente inundados y el pasto festuca es dominante en áreas ocasionalmente inundadas y en el borde del humedal que se encuentra adyacente a los hábitats terrestres. El

tule, el carrizo y el pasto son dominantes por la extensión que ocupan dentro del humedal, en consecuencia esto ha derivado principalmente en el desplazamiento del resto de la vegetación nativa y en una alteración en los regímenes hidrológicos.

En las últimas décadas, *T. domingensis* ha ampliado su distribución y se ha vuelto más abundante en los humedales de todo el mundo, especialmente en América del Norte, debido a la alteración antropogénica de la hidrología y la carga de nutrientes de los humedales (Bansal et al., 2019). Algunas de las consecuencias de la invasión de *T. domingensis* van desde la pérdida de riqueza de especies hasta el aumento de la producción de metano en relación con los humedales dominados por especies nativas (Lawrence et al., 2017). De manera similar, *P. australis* se ha convertido en un problema creciente para los humedales de América del Norte debido a su comportamiento generalista y propagación eficiente. La invasión de carrizo altera las comunidades vegetales y, por lo tanto, cambia significativamente las propiedades del suelo (Uddin y Robinson, 2017).

Según Tulbure et al. (2007), los cañaverales restringen el flujo de agua, lo que afecta la disponibilidad y la calidad del agua. Además los cañaverales que forman pueden volverse muy espesos y densos, convirtiéndose en un hábitat inadecuado para la fauna nativa. El carrizo tiene un mecanismo en el que libera ácido gálico que luego es degradado por la luz ultravioleta para producir ácido mesoxálico, atacando así a las plantas y plántulas vulnerables con toxinas dañinas. Su gran biomasa, ubicada muy por encima de la superficie del suelo, puede convertir un ecosistema diverso en un ecosistema monoespecífico. Por lo tanto, el carrizo supera esencialmente a las especies de plantas nativas, agotando la biodiversidad de

los hábitats que invade. Junto con otros factores de perturbación, las comunidades de carrizo pueden llevar a muchas especies nativas a la extinción local.

F. arundinacea se convirtió en una especie invasora y se considera una maleza nociva en los pastizales y hábitats nativos de América del Norte. La festuca se establece en áreas húmedas o alteradas, a lo largo de caminos, en parches erosionados y en depresiones húmedas. La festuca introducida reemplaza a los pastizales nativos en grandes extensiones, con efectos nocivos para la biodiversidad (Spyreas et al., 2001). La planta tiene efectos alelopáticos en muchas semillas y la acumulación de gruesas capas de su biomasa muerta, ya sea por causas naturales o antropogénicas como la siega o el pastoreo, dificulta la germinación de las semillas de las plantas nativas, priva de alimento a las aves semilleras nativas y el crecimiento continuo durante el invierno hace sombra a las plantas nativas (Cheater, 1992, Barnes et al., 1995, Henson, 2001, California Invasive Plant Council, 2019).

Como primera instancia para contribuir al mejoramiento de las condiciones en el humedal La Mintzita, nuestros objetivos en este proyecto fueron: a) Describir el estado de la vegetación en el año 2021 y compararlo con los datos reportados por Rodríguez-Arias (2018) para el período 2005-2015; b) conociendo la trayectoria de la composición florística, proponer estrategias de restauración a los formuladores de políticas y a la comunidad local basadas en enfoques bioculturales, productivos y ecocéntricos de la restauración ecológica.

En general, proponemos controlar las especies dominantes mediante la cosecha y la erradicación, de manera de disminuir su dominancia y aumentar la diversidad de plantas nativas. Porque pretendemos que este sea un proyecto de ganar-ganar en el que las partes

interesadas deben tener incentivos económicos para restaurar el humedal; nos enfocamos en la cosecha tradicional de *T. domingensis* y *P. australis* para los mercados de artesanías.

2. MÉTODOS Y MATERIALES

ÁREA DE ESTUDIO

El manantial La Mintzita está ubicado en el municipio de Morelia, Michoacán, México, a una altura de 1917 m.s.n.m. con la coordenada geográfica: Latitud, 19°38'43" N; Longitud 101°17'42" O (INEGI, 1998). El clima de la región es subhúmedo con lluvias en verano y una relación presión-temperatura (P/T) entre 55 y 43.2. Las precipitaciones invernales representan menos del 5% del total anual. La oscilación térmica es baja (13 a 34 °C), y el régimen de temperatura es del tipo Ganges (García, 1988). La vegetación terrestre que rodea el manantial es en su mayoría matorral subtropical y la vegetación acuática incluye: Vegetación sumergida (*Nymphaea mexicana, Stuckenia pectinata* (syn *Potamogeton pectinatum*) y *Ceratophyllum demersum*); vegetación flotante *Eichhornia crassipes* (Rodríguez y Guevara, 2000); y vegetación emergente dominada por *T. domingensis* y *P. australis*.

MUESTREO, ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y ANÁLISIS ESPACIAL

Los muestreos se realizaron en las épocas seca y lluviosa del año 2021. En la época seca se establecieron cinco transectos perpendiculares al borde del cuerpo de agua, separados cada uno por 30 m y partiendo del borde de la vegetación emergente. En cada transecto se marcaron seis cuadrantes equidistantes de 1 m2. Se registraron todas las especies presentes en

los cuadrantes y se evaluó su cobertura por presencia o ausencia en subcuadrados de 1 dm2. Se recolectaron especímenes comprobantes de las plantas para su identificación. Este método fue modificado del "Great Lakes Environmental Indicators Project" y permite el muestreo eficiente de este tipo de comunidades y, por ser una metodología estandarizada, también la comparación entre sitios (Frieswyk y Zedler, 2006, Frieswyk y Zedler, 2007, Frieswyk et al., 2007).

Las especies de plantas se identificaron utilizando las publicaciones de Calderón & Rzedowski (2001 y 2004), Lot (2000), Lot & Novelo (2004), Lot et al. (1998, 1999), y Villaseñor y Espinosa (1998). La identidad de algunas especies fue corroborada con la colaboración del Wisconsin State Herbarium de la Universidad de Wisconsin-Madison (WIS). Los hábitats de las plantas se establecieron utilizando el Estado del indicador de humedales en la Base de datos de plantas del USDA (USDA, 2015) que clasifica las plantas hidrófitas en plantas de humedales obligados casi siempre presentes en humedales (OBL), plantas de humedales facultativos que se encuentran con frecuencia en humedales, pero también en otros ecosistemas (FACW), y plantas facultativas presentes en humedales y en otros ecosistemas (FAC). Para este estudio, se corroboró que las plantas clasificadas como facultativas también se encuentran fuera del humedal. Los resultados obtenidos se compararon con los datos reportados por Rodríguez-Arias et al. (2018), autores que siguieron la misma metodología de muestreo descrita anteriormente.

En los muestreos realizados durante la época de lluvias, los cambios observados en la cobertura vegetal y distribución espacial de las especies del humedal hicieron poco útiles los transectos utilizados anteriormente para cuantificar la riqueza de especies, por lo que se

decidió realizar una exploración exhaustiva dentro del humedal para encontrar la mayor cantidad de especies cómo fue posible. La riqueza de especies en los años 2005 y 2021 se comparó mediante curvas de rarefacción (esfuerzo de muestreo vs. riqueza de especies estimada) analizadas en el software Estimates 9.1.0 (Colwell 2013).

Debido a los severos cambios que ha sufrido el humedal desde el año 2015, se realizó un análisis adicional a partir de fotografías aéreas tomadas en seis vuelos utilizando un dron DJI (Mavic Mini). Las fotografías aéreas se procesaron en la aplicación Agisoft Metashape para crear un ortomosaico, que luego se analizó en el software GIS QGIS 3.16. El GIS generado se usó para mapear tipos de cobertura, identificar perturbaciones (en particular, pastoreo) y para establecer diferentes zonas para implementar esfuerzos de restauración.

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE TULE DEL HUMEDAL

Se recolectaron hojas de *Typha dominguensis* de seis cuadrantes de 1 m2. Se midió y registró el peso seco y la longitud de las hojas muestreadas, y se calculó el número promedio de hojas por metro cuadrado. El número de hojas necesarias para la fabricación de canastas, cajas y tapetes de tule se estimó midiendo y pesando piezas representativas, considerando 20 cm de hoja dejada por los artesanos como material remanente durante el proceso de fabricación (observado por los autores durante un taller), de cuyos datos se calculó la productividad potencial anual del humedal bajo el plan de restauración propuesto. Para conocer los criterios que aplican los artesanos en la recolección de hojas y elaboración de piezas de tule y obtener un conocimiento detallado del proceso de elaboración, ambos autores asistimos a cursos de

capacitación para la elaboración de piezas de tule y carrizo impartidos por expertos artesanos de Pátzcuaro, Michoacán, en julio y agosto de 2021.

3. RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN

Los resultados de nuestra muestra de la estación seca de 2021 mostraron una riqueza de especies menor que la reportada por Rodríguez-Arias et al. (2018) para el año 2005. Nuestra estimación a partir de las curvas de rarefacción del número esperado de especies para la estación seca difirió significativamente entre los años de muestreo (figura 1), las curvas de 2005 y 2021 no mostraron superposición en sus intervalos de confianza. Para 2005, la estimación de la riqueza de especies fue de 22 ± 2,61 y, para 2021, de 13 ± 1,54 especies, por lo que con un intervalo de confianza del 95%, el valor mínimo para 2005 fue 19.39 especies y el máximo para 2021 fue 14.54 especies.

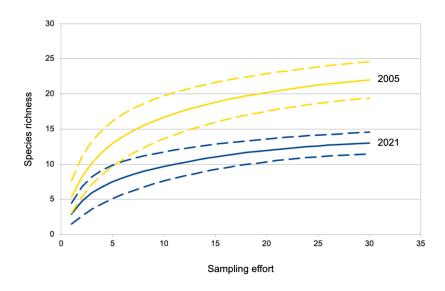


Fig. 1. Curvas de rarefacción de la riqueza de especies para las estaciones secas de 2005 y 2021 que muestran una diferencia significativa entre años.

La caída en la riqueza de especies y los cambios en la cobertura de las especies invasoras (ver más abajo) que observamos en la estación seca de 2021, nos llevó a realizar una búsqueda exhaustiva de especies durante la estación lluviosa (como se describe en la sección de materiales y métodos) eso resultó en un total de 27 especies de plantas, 15 de las cuales fueron hidrófitas obligadas del humedal, y 6 especies –en su mayoría facultativas o hidrófitas facultativas del humedal– fueron nuevos registros para el humedal. Las familias con más especies fueron Poaceae (5), Asteraceae (5) y Cyperaceae (5).

El total de especies vegetales reportadas para el humedal en el período 2005-2021 es de 67, de las cuales el 35% son hidrófitas obligadas del humedal, y para ese mismo período las familias con mayor cantidad de especies fueron Poaceae (14), Asteraceae (12) y Cyperaceae (8).

La riqueza total de especies de plantas durante la época de lluvias para cada año (período 2005-2015 y 2021) varió entre 19 y 41, 11 a 18 especies obligadas de humedales y 7 a 23 de especies facultativas y facultativas de humedales (figura 2). Entre 2005 y 2021, las especies obligadas de humedales fueron más numerosas que las facultativas y facultativas de humedales; sin embargo, en 2015 estas últimas especies se hicieron más numerosas que las primeras, tendencia que cambió en el año 2021, en el que las especies obligadas de humedales volvieron a superar en número a las facultativas y las facultativas de humedales.

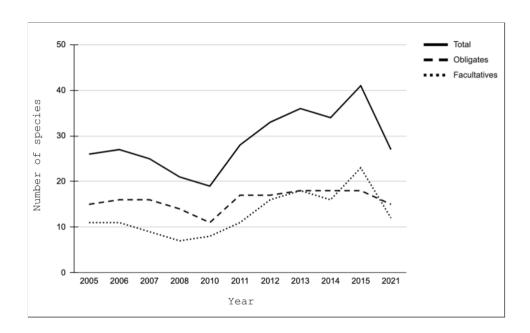


Fig. 2. Cambios observados en la riqueza de especies total, obligatoria y facultativa o facultativa de los humedales en las épocas de lluvia de los años 2005 y 2021.

ANÁLISIS ESPACIAL

Nuestro análisis del ortomosaico obtenido del humedal mostró que *T. domingensis, P. australis* y *F. arundinacea* eran las especies dominantes. Estimamos que la extensión total del humedal remanente es de 13,09 ha, de las cuales 4,2 eran de tule, 2,3 de carrizo y 1,75 de pasto festuca (figura 3).

Map of the most abundant species 261450 261600 261750 261900 262050 262200 2174250 Mintzita wetland boundary Cattail Reed Grass 2173950 2173800

Fig. 3. Distribución espacial de las especies más abundantes en el humedal La Mintzita. Tule (*T. domingensis*), carrizo (*P. australis*) y pasto festuca (*F. arundinacea*).

2173650

Los resultados de nuestro análisis espacial mostraron que el pastoreo ha tenido el impacto negativo más severo en el humedal en los últimos años, incluso más que los incendios. El número de cabezas de ganado (principalmente bovinos) pastando en el área de estudio durante el año 2021 fue de 60, lo que corresponde a 4,6 por ha. Observamos una extensa área de vegetación impactada negativamente por el pastoreo en dos modalidades: pastoreo lineal a lo largo de 1,8 km (que consideramos como pastoreo de baja intensidad) y pastoreo sobre un polígono de 0,68 ha (pastoreo de alta intensidad; figura 4).

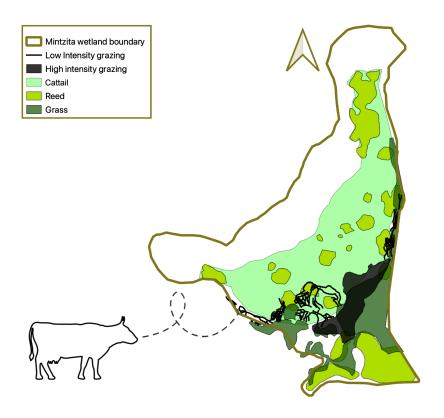


Fig. 4. Áreas impactadas por pastoreo de baja y alta intensidad en las áreas de cobertura de las especies más abundantes. Tule (*T. domingensis*), carrizo (*P. australis*) y pasto festuca (*F. arundinacea*).

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD POTENCIAL DE TULE DEL HUMEDAL LA MINTZITA

Los resultados de las estimaciones de peso seco promedio de hoja de tule, longitud de hoja y número de hojas útiles por metro cuadrado arrojaron promedios de 5,4 g por hoja, 201,4 cm de longitud de hoja y 39 hojas/m2. Nuestra estimación del material remanente calculado como la longitud de la hoja no utilizada se muestra en la tabla 1.

La Tabla 1 muestra los resultados de nuestra evaluación de la productividad potencial de las hojas de *T. domingensis* en el área de estudio. De la extensión total del humedal (13,09 ha), 3,64 ha están cubiertas por *T. domingensis* aprovechable, de las cuales 1,20 ha (33%) podrían aprovecharse anualmente para evitar impactos negativos sobre la vegetación nativa. Nuestros resultados muestran que el humedal La Mintzita podría potencialmente producir un suministro anual de hojas de *T. domingensis* suficiente para producir cerca de diecisiete mil piezas de artesanía por hectárea cosechada, dando un total de casi veintiuna mil piezas por año en todo el humedal (Cuadro 1).

	Baúl	Cajón	Tapete	Canasto cuadrado	Soplador	Canasto circular	Tortillero
				Wind of the last o			
Peso (gramos)	895.71	355.41	246.3	160.1	87.4	73.3	31.3
Hojas requeridas por artesanía	164.77	65.38	45.3	29.45	16.07	13.48	5.75
Material remanente (longitud de hoja no utilizada en cm)	4080	2720	680	1440	430	620	370
Número de hojas necesarias para el material remanente	20.25	13.5	3.37	7.14	2.13	03.07	1.83
Número total de hojas necesarias para la artesanía	185.02	78.88	48.68	36.6	18.21	16.56	7.59
Área de cubierta de tule necesaria para artesanía (m2)	4.74	02.02	1.24	0.93	0.46	0.42	0.19

Producción potencial unitaria de artesanía por área (unidades/ha)	2,107.79	4,944.01	8,010.73	10,655.67	21,413.75	23,547.92	51,351.89
Producción potencial total de unidades artesanales por área (unidades/ha)	2,529.35	5,932.80	9,612.87	12,786.80	25,696.49	28,257.50	61,622.26
Producción artesanal potencial total por área (unidades/ha)	17,433						
Producción artesanal potencial total del humedal por año (unidades/año)	20,919						

Tabla. 1. Estimación de la productividad potencial de unidades artesanales elaboradas con hojas de *T. domingensis* en la Mintzita por tipo de pieza, hectárea y año.

4. PROPUESTA DE RESTAURACIÓN DEL HUMEDAL LA MINTZITA

En los siguientes párrafos justificamos nuestra estrategia propuesta para la restauración ambiental del humedal del manantial La Mintzita con base en el mosaico de oportunidades que brindan los enfoques de restauración biocultural, productiva y ecocéntrica, cada uno de los cuales aborda una de las tres especies dominantes en el humedal.

RESTAURACIÓN BIOCULTURAL- MANEJO DE TYPHA DOMINGENSIS

El manejo de *T. domingensis* debe seguir un enfoque biocultural de restauración ambiental que permita tanto la rehabilitación del paisaje degradado como la renovación y fortalecimiento de las prácticas culturales locales y la identidad, que a su vez favorezca la resiliencia del sistema socioecológico.

La historia de la recolección de tule por parte de las culturas locales en los humedales de la región del Altiplano Central Mexicano apoya fuertemente la aplicación del enfoque de restauración biocultural para su manejo. Varios pueblos, incluidos los purhépechas (Reyes 1992) y los mexicas (Heyden 1983), tejían hojas de tule para crear utensilios y cosechaban la planta para usarla como fertilizante y material de construcción para los sistemas agrícolas lacustres (chinampas) y, desde la conquista española, como alimento para animales (West 1948, Heyden 1983, Albores Zárate 1995). En Michoacán, se cosechan grandes extensiones de tule y se utilizan para tejer artesanías (Reyes 1992). El control de *T. domingensis* en La Mintzita a través de la cosecha podría proporcionar una estrategia de manejo sostenible y un incentivo económico para la conservación de su biodiversidad.

La cosecha de tule disminuye tanto el dominio como la abundancia de la especie, permite la penetración de la luz y aumenta la diversidad y riqueza de especies de plantas y animales (Hall et al. 2008, Lishawa et al. 2015, Lishawa et al. 2020). Si además de cosechar plantas invasoras de tule también se elimina su hojarasca, la efectividad del manejo para aumentar la diversidad filogenética y la riqueza de especies se mejora en comparación con cortar las plantas invasoras pero dejando su biomasa in situ (Lishawa et al., 2019).

RESTAURACIÓN PRODUCTIVA- MANEJO DE PHRAGMITES AUSTRALIS

En nuestra propuesta para la restauración de La Mintzita, el manejo de *P. australis* sigue un enfoque de restauración productiva para recuperar algunos de los atributos estructurales y funcionales originales del humedal y generar un manejo sostenible de la tierra orientado a la provisión de beneficios económicos para los habitantes locales (Ceccon 2013, Borda-Niño et al. 2016).

El manejo del carrizo bajo la restauración productiva se justifica por el potencial económico del aprovechamiento de la planta para la creación de artesanías, generando energía a través del aprovechamiento de su biomasa, ya sea directamente por combustión (Barz et al. 2007), o a través de su procesamiento para producir biogás y biocombustible (Köbbing et al. 2013). Además de ser un recurso de producción de energía, *P. australis* tiene múltiples aplicaciones industriales y agrícolas (Köbbing et al. 2013).

Escutia-Lara et al. (2012) probaron el efecto del aprovechamiento de *P. australi*s sobre la riqueza de especies nativas y la composición de especies en el humedal La Mintzita. El principal hallazgo fue que hasta nueve especies nativas colonizaron parcelas donde el carrizo era removido totalmente cada dos meses. Este estudio demuestra que la cosecha del carrizo puede ser una alternativa al uso de herbicidas –y el consecuente impacto ambiental negativo de esta práctica– brindando una estrategia de manejo eficiente para controlar el crecimiento invasivo de la planta en el occidente de México, incluyendo el humedal La Mintzita (Escutia- Lara et al. 2012).

RESTAURACIÓN ECOCÉNTRICA- MANEJO DE FESTUCA ARUNDINACEA

Proponemos el manejo de F. arundinacea aplicando un enfoque de restauración ecocéntrico porque los beneficios de su control serían principalmente para el propio humedal y porque la comunidad no percibe ningún incentivo económico proveniente de la especie. La invasión del humedal La Mintzita por F. arundinacea es de particular preocupación debido al desplazamiento de todas las especies nativas y los problemas conocidos para su control, requiriendo incluso el uso de herbicidas agresivos (Washburn y Barnes 2000). En un experimento para probar métodos para la erradicación del pasto festuca de campos agrícolas abandonados para favorecer la biodiversidad y fortalecer la salud de las poblaciones de especies silvestres, Marushia y Allen (2011) encontraron que la solarización invernal de plástico negro superó el uso de herbicidas, siega y disco, e incrementó la cobertura de especies nativas en parcelas experimentales sembradas con especies nativas. La solarización plástica es útil para la restauración en regiones con veranos frescos y húmedos o durante los períodos de crecimiento invernal, y a pesar de que su aplicación está limitada por la extensión del terreno que se está restaurando, es factible a pequeña escala para el rápido establecimiento de comunidades anuales (Marushia y Allen 2011), como es el caso del humedal La Mintzita.

ZONIFICACIÓN

Hicimos una propuesta de zonificación basada en las estrategias de restauración descritas anteriormente, los informes históricos y los resultados de este estudio, que divide el área de estudio en seis zonas (figura 5), para cada una de las cuales definimos estrategias de restauración y manejo como se describe a continuación.

Zona de laguna y canal. Las áreas de la laguna y el canal requieren el control del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y de elodea (*Egeria densa*), medidas de control ya emprendidas por las autoridades ambientales del municipio y del estado.

Zona de conservación. La zona de conservación tiene una extensión de 1.30 ha ubicada paralela a la subzona del cauce con un ancho de 20 m. La única actividad permitida en esta zona es la recolección-control de carrizo realizada exclusivamente fuera de la temporada de nidificación de las aves acuáticas.

Zona de restauración biocultural (*T. domingensis*). La zona de restauración biocultural se extiende sobre 3.64 ha ubicadas entre los límites de la zona de conservación y el límite del área de distribución de *T. domingensis* lejos de la subzona del cauce. La superficie máxima anual cosechada recomendada aproximada es el 33% del total de la zona.

Zona de restauración productiva (*P. australis*). La zona de restauración productiva corresponde a las 2.3 ha de parches ocupados por *P. australis* que representan una amenaza para el humedal.

Zona de restauración ecocéntrica (*F. arundinacea*). Corresponde a la parte sur del humedal inundada estacionalmente, donde si se lograra la restauración de la dinámica hídrica del suelo se podrían incorporar 1.75 ha de especies nativas del humedal.

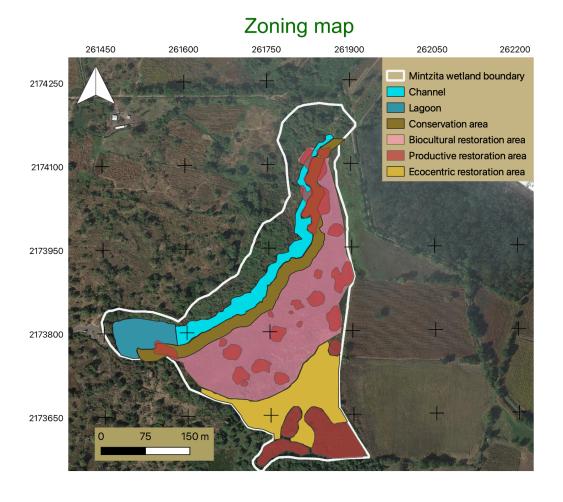


Fig. 5. Zonificación propuesta para la restauración ambiental del humedal La Mintzita.

5. DISCUSIONES

Nuestro estudio evidenció el cambio negativo en la trayectoria de la composición florística en el humedal La Mintzita que ha estado ocurriendo a lo largo de casi dos décadas. Los cambios en la composición florística que Rodríguez-Arias et al. (2018) observó durante el período 2005-2015 ya estaban indicando una modificación radical en la composición de la comunidad vegetal, lo que fue corroborado al comparar los resultados de años anteriores con nuestras observaciones en 2021, que mostraron una disminución en la riqueza de especies tanto en el período seco y en las temporadas de lluvia. Nuestros hallazgos demostraron la urgencia con la

que se deben aplicar acciones en los próximos años para revertir la trayectoria negativa de la composición florística. Aunque nuestro muestreo exhaustivo realizado durante la temporada de lluvias arrojó resultados menos críticos, ese muestreo requirió un esfuerzo mucho mayor que el muestreo a lo largo de transectos.

Los resultados de nuestro análisis espacial indicaron la expansión de las áreas dominadas por T. *domingensis*, *P. australis* y *F. arundinacea* a expensas de otras especies de humedales, lo que redujo la diversidad de especies de plantas del humedal. Esta observación, junto con los resultados de nuestro análisis de riqueza de especies, muestra una tendencia general hacia la degradación del humedal y una tendencia negativa en la trayectoria de la riqueza de especies.

Se requiere redireccionar la trayectoria de la composición florística para mantener el humedal (que es de alta prioridad por su importancia como principal fuente de agua para la población urbana de Morelia) al mismo tiempo que se debe mantener los múltiples servicios ecosistémicos que brinda. Nuestra propuesta de estrategia de restauración implica oportunidades futuras para el humedal La Mintzita y su puesta en práctica es fundamental para su prosperidad en los próximos años.

Debe prohibirse definitivamente el pastoreo de ganado en el humedal por su potencial efecto degradante a través de la compactación o perforación del suelo, la dispersión de malezas, el pisoteo de la vegetación y la contaminación del agua con desechos animales, lo que conduce a la infestación de malezas, disminución de la abundancia y diversidad de la flora nativa y la mala calidad del agua (Peters et al., 2015). Rodríguez-Arias et al. (2018)

demostraron previamente que la remoción de ganado del humedal se correlacionó con un aumento en la abundancia de la especie invasora *F. arundinacea*. Por lo tanto, la remoción de la cobertura de pasto festuca y del ganado debe ser concomitante porque si solo se elimina el ganado, el pasto festuca ganaría terreno, y si solo se elimina el pasto, el ganado en pastoreo consumiría la vegetación nativa del humedal.

Una adecuada gestión del fuego es también de primordial importancia para el futuro del humedal. Para evitar las altas temperaturas, las quemas deben realizarse en horas de la madrugada o desde octubre y febrero antes de la llegada de los días más calurosos de la estación seca (de marzo a mayo). Siempre que sea posible, se debe evitar el uso del fuego y se deben preferir prácticas como la siega y la extracción de hojarasca seca.

Debido a que el deterioro de los humedales está frecuentemente ligado a alteraciones del sistema hidrológico, ya sea directa o indirectamente, se deben tomar las medidas adecuadas para mejorar el régimen hidrológico de la cuenca para así prevenir cambios negativos en su composición florística y mejorar la calidad del hábitat para las especies animales (Álvarez-Cobelas et al., 2001). Sin embargo, abordar los temas hidrológicos en este sistema socioecológico es una tarea altamente compleja que requerirá un abordaje transdisciplinario.

No es suficiente diseñar buenas prácticas de gestión y restauración ambiental, estas prácticas deben ejecutarse. Conservar la biodiversidad y aprovechar las oportunidades de desarrollo económico es una ecuación de esfuerzo compartido, que requiere en particular de la participación de los diferentes sectores de la sociedad, las instituciones gubernamentales y

la normativa vigente. Hasta el día de hoy, las autoridades locales han implementado la restauración biocultural mediante la recolección del tule. Habitantes del lugar participaron de un taller para aprender a hacer artesanías. Se está realizando un seguimiento de la explotación de las especies del humedal.

En conclusión, el humedal La Mintzita ha sido impactado por múltiples causas; sin embargo, las acciones de recuperación son técnicamente factibles, pero requieren trabajar junto con las partes interesadas incorporando diferentes enfoques de restauración simultáneamente. Este enfoque podría ser útil en otros sistemas de humedales con una larga historia de ocupación humana en todo el mundo.

REFERENCES

- Albores Zárate, B. 1995. *Tules y sirenas: el impacto ecológico y cultural de la industrialización en el Alto Lerma*. El Colegio Mexiquense, Gobierno del Estado de México, Toluca, México.
- Alvarez-Cobelas, M., S. Cirujano, y S. Sánchez-Carrillo. 2001. Hydrological and botanical man-made changes in the Spanish wetland of Las Tablas de Daimiel. *Biological Conservation*, 97(1), 89–98. doi:10.1016/s0006-3207(00)00102-6
- Bansal, S., S.C. Lishawa, S. Newman, B.A. Tangen, D. Wilcox, D. Albert y L. Windham-Myers. 2019. Typha (Cattail) Invasion in North American Wetlands: Biology, Regional Problems, Impacts, Ecosystem Services, and Management. Wetlands. doi:10.1007/s13157-019-01174-7
- Barnes, T. G., L.A. Madison, J.D. Sole y M.J. Lacki. 1995. *An assessment of habitat quality for northern bobwhite in tall fescue-dominated fields*. CABI. https://www.cabi.org/isc/abstract/19950712146

- Barz, M., W. Wichtmann, M. Ahlhaus y T. Timmermann. 2007. Utilisation of common reed as an energy source. Proceedings of the 15th European Biomass Conference and Exibition 2007, Berlin, Germany, 527–531.
- Borda-Niño, M., M.C. Santiago, D. Hernández-Muciño y M. Muciño-Muciño. 2016.

 *Restauración Productiva en la Práctica: El caso de las Comunidades Indígenas Me'phaa de la Montaña de Guerrero.https://www.researchgate.net/publication/309681903_Restauracio n_productiva_en_la_practica_el_caso_de_las_comunidades_indigenas_Me_Phaa_de_La_Montana_de_Guerrero_Mexico/citations
- Bremer, L., K. Falinski, C. Ching, C.A. Wada, K.M. Burnett, K. Kukea-Shultz, N. Reppun, G. Chun, K.L.L. Oleson y T. Ticktin. 2018. Biocultural restoration of traditional agriculture: cultural, environmental, and economic outcomes of lo'i kalo restoration in He'eia, O'ahu. *Sustainability*, *10*(12): 4502. https://doi.org/10.3390/su10124502
- Brun, A., O. Campanella, A. Oggero, y S. Suárez. 2012. Cambios en el IVN y su relación con disturbios antrópicos en la vegetación serrana de Córdoba, Argentina. *Revista de Teledetección*, *37*, 34–41.
- Calderón de Rzedowski, G., y J. Rzedowski. 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad/ México D.F.: Instituto de Ecología, A.C.
- Calderón de Rzedowski, G., y J. Rzedowski. 2004. *Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato*. Flora del Bajío y regiones adyacentes.
- California Invasive Plant Council. 2019. Festuca arundinacea (tall fescue). Centre for Agricultural Bioscience International. https://www.cabi.org/isc/datasheet/23983
- Ceccon, E. 2013. Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. Ediciones Díaz de Santos/UNAM, México
- Ceccon, E. y D.R. Pérez. 2016. Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe. 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Vázquez Mazzini Editores. cap 1, 29-31
- Chang, K., K.B. Winter y N.K. Lincoln. 2019. Hawai'i in focus: navigating pathways in global biocultural leadership. Special issue on Biocultural

- Restoration in Hawai'i. *Sustainability 11*(1): 283. https://doi.org/10.3390/su11010283
- Cheater. M. 1992. Alien invasion. *Nature Conservancy*, 42(5), 24-29.
- Clewell, A. F. (2000). Restoration of natural capital. *Restoration Ecology* 8(1): 1.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples, version 9.1.0. Retrieved on August 2nd, 2018, from: http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/
- Cowardin, L.M., V. Carter, F.C. Goulet y E.T. Laroe. 1979. *Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States*. (Informe No. FWS/OBS-79/31) Washington, DC. U.S. Department of the Interior, U.S. Fish and Wildlife Service y Office of Biological Services.
- Davidson, N. C. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, 65(10), 934. doi:10.1071/mf14173
- Escutia-Lara, Y., S. Lara-Cabrera y R. Lindig-Cisneros. 2009. Efecto del fuego y dinámica de las hidrófitas emergentes en el humedal de La Mintzita, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 771–778.
- Escutia-Lara, Y., S. Lara-Cabrera, M. Gómez-Romero y R. Lindig-Cisneros. 2012.

 Common reed (*Phragmites australis*) harvest as a control method in a Neotropical wetland in Western México. *Hidrobiológica*, 22, 125–131.
- Frieswyk, C. B., y J.B. Zedler. 2006. Do seed banks confer resilience to coastal wetlands invaded by Typha x glauca? *Canadian Journal of Botany*, 84, 1882–1893.
- Frieswyk, C. B., C. Johnston y J.B. Zedler. 2007. Quantifying and qualifying dominance in vegetation. *Journal of Great Lakes Research*, *33*, 125–135.
- Frieswyk, C. B., y J.B. Zedler. 2007. Vegetation change in Great Lakes coastal wetlands: Deviation from the historical cycle. *Journal of Great Lakes Research*, *33*, 366–380.
- Gámez, S., y R. Lindig-Cisneros. 2014. Efecto de la profundidad del agua en la germinación de *Typha domingensis*. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, 15, 14–18.

- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen, 4^a* edición. México D.F.: CETENAL.
- Hall, S. J., R. Lindig-Cisneros y J.B. Zedler. 2008. Does harvesting sustain plant diversity in central Mexican wetlands? Wetlands, 28(3), 776–792. https://doi.org/10.1672/07-231.1
- Henson, J.F. 2001. Tall fescue, Lolium arundinaceum (Schreb.) S. J. Darbyshire.

 *USDA-NRCS** Plant** Guide. 3.

 http://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_loar10.pdf
- Hernández, E. C., K.C. Reiss y M.T. Brown. 2015. Effect of time on consistent and repeatable macrophyte index for wetland condition. *Ecological Indicators*, 52, 558–566.
- Heyden, D. 1983. *Mitología y Simbolismo de la Flora en el México Prehispánico*.

 Universidad Nacional Autónoma de México.
- INEGI. 1998. *Carta Topográfica*. Morelia, E14-1. Escala 1:250,000. Michoacán, México.
- Jordan W.R. y G.M. Lubick. 2011. Making nature whole: a history of ecological restoration. Island Press. Washington D.C. EUA.
- Kimmerer, R. W. 2013. Braiding sweetgrass: Indigenous wisdom, scientific knowledge and the teachings of plants. Milkweed Editions, Minneapolis, Minnesota, USA.
- Kurashima, N., J. Jeremiah y T. Ticktin. 2017. I ka wā ma mua: the value of a historical ecology approach to ecological restoration in Hawai'i. *Pacific Science*, 71(4):437-456. https://doi.org/10.2984/71.4.4
- Köbbing, J., N. Thevs and S. Zerbe. 2013. The utilisation of Reed (Phragmites australis) a review. *Mires and Peat*. https://www.researchgate.net/publication/258438591_The_utilisation_of_R eed_Phragmites_australis_-_a_review
- Landgrave, R. y P. Moreno-Casasola. 2012. Cuantificación de la pérdida de humedales en México. *Investigación Ambiental*, 4(1), 35-51.
- Lawrence, B. A., S.C. Lishawa, N. Hurst, B.T. Castillo y N.C. Tuchman. 2017. Wetland invasion by Typha×glauca increases soil methane emissions. *Aquatic Botany*, 137, 80–87. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2016.11.012

- Lindig Cisneros, R. 2018. Invasiveness of Phragmites australis in communities dominated by native species after fire disturbance under controlled conditions. *Hidrobiológica*, 28(2), 201–207. https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2018v28n2/lindig
- Lishawa, S. C., B.A. Lawrence, D.A. Albert, D.J. Larkin y N.C. Tuchman 2015.

 Biomass harvest of invasive Typha promotes plant diversity in a Great

 Lakes coastal wetland. *Restoration Ecology*, 23(3), 228–237.

 https://doi.org/10.1111/rec.12167
- Lishawa, S. C., B.A. Lawrence, D.A. Albert, D.J. Larkin y N.C. Tuchman. 2019.

 Invasive species removal increases species and phylogenetic diversity of wetland plant communities. *Ecology and Evolution*. https://doi.org/10.1002/ece3.5188
- Lishawa, S. C., E.M. Dunton, D.R. Pearsall, A.M. Monks, K.B. Himmler, B. D. Carson, B. Loges y D.A. Albert. 2020. Wetland Waterbird Food Resources Increased by Harvesting Invasive Cattails. *The Journal of Wildlife Management*, 84(7), 1326–1337. https://doi.org/10.1002/jwmg.21912
- Lot, A., A. Novelo y P. Ramírez-García. 1998. Diversidad de la flora acuática mexicana. In T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (Eds.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología UNAM. México. (563–580).
- Lot, A., A. Novelo, M. Olvera, y P. Ramírez. 1999. *Catálogo de Angiospermas acuáticas de México. Hidrófitas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes*. Cuadernos del Instituto de Biología, UNAM. Núm.33. México D.F.: UNAM.
- Lot, A. 2000. Plantas acuáticas en los jardines botánicos: ideas sobre el desarrollo de las colecciones. *Boletín Amaranto*, *13*, 13–25.
- Lot, A. y A. Novelo. 2004. *Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la ciudad de México y sus alrededores*. México, D.F.: Instituto de Biología, Dirección de Divulgación Científica, UNAM.
- Lyver P.O.B., A. Akins, H. Phipps, V. Kahui, D.R. Towns y M. Henrik. 2016. Key biocultural values to guide restoration action and planning in New Zealand. *Restoration Ecology* 24:314–323.

- Marushia, R. G. y E.B. Allen. 2011. Control of Exotic Annual Grasses to Restore Native Forbs in Abandoned Agricultural Land. *Restoration Ecology*, *19*(1), 45–54. https://doi.org/10.1111/j.1526-100x.2009.00540.x
- McMillen, H., T. Ticktin, H.K. Springer. 2017. The future is behind us: traditional ecological knowledge and resilience over time on Hawai'i Island. *Regional Environmental Change*, 17 (2), 579-592. https://doi.org/10.1007/s10113-016-1032-1
- Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink. 2000. Wetlands, John Wiley & Sons: Nueva York.
- Pascua, P., H. McMillen, T. Ticktin, M. Vaughan y K.B. Winter. 2017. Beyond services: a process and framework for incorporating cultural, genealogical, place-based, and indigenous relationships into ecosystem service assessments. *Ecosystem Services*, 26, 465-475. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.03.01
- Peters, G., k. Morris, D. Frood, P. Papas y J. Roberts. 2015. *A Guide to Managing Livestock Grazing in Victoria's Wetlands. Decision Framework and Guidelines Version 1.0.* Organic Editing. https://www.ari.vic.gov.au/__data/assets/pdf_file/0019/39241/ARI-Technic al-Report-265-Guide-to-managing-livestock-grazing-in-wetlands-decision-f ramework-V1.0.pdf
- QGIS.org, 2021. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. http://www.qgis.org
- Ramírez-Herrejón, J. P. R., M.M. Nava, C.I.S. Tinoco y T.L. Zubieta. 2013. Algunos aspectos reproductivos de *Zoogoneticus quitzeoensis*; Hubbs and Turner (1939) (Osteichthyes-Goodeidae) en la represa La Mintzita Morelia, Michoacán, México. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, 9, 63–71.
- Ramsar. 2016. Introducción a la convención sobre los humedales. *Ramsar*, *5*, 9-10.https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/handbook 1_5ed_introductiontoconvention_s_final.pdf

- Reyes, J. 1992. La producción artesanal. In Toledo, V. M., Argueta, A., & Ávila, P. (eds.), Plan Pátzcuaro 2000. Fundación Freidrich Representación en México, Mexico City, (159–179).
- Rodríguez-Arias, C., M. Gómez-Romero, M.E. Páramo-Pérez y R. Lindig-Cisneros. 2018. Ten-year study of vegetation dynamics in wetlands subject to human disturbance in Western Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3). https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.1771
- Rodríguez, J. y F. Guevara. 2000. *Angiospermas: catálogo de la biodiversidad en Michoacán*. Ciudad de México: SEDUE
- Sah, J. P., M. Ross, M.S. Saha, P. Minchin y J. Sadle. 2014. Trajectories of vegetation response to water management in Taylor Slough, Everglades National Park, Florida. *Wetlands*, *34*, 65–79.
- Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group.

 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona. http://www.ser.org/resources/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration
- Spyreas, G., D.J. Gibson y B.A. Middleton. 2001. Effects of endophyte infection in tall fescue (*Festuca arundinacea*: Poaceae) on community diversity. *International Journal of Plant Sciences*, 162(6), 1237-1245.
- Swart, J. A. A., H.J. Van der Windt y J. Keulartz. 2001. Valuation of Nature in Conservation and Restoration. *Restoration Ecology*, 9(2), 230-238.
- Tabilo-Valdivieso, E. 1999. El beneficio de los humedales en Centroamérica. El potencial de los humedales para el desarrollo. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre. Heredia, WWF y Universidad Nacional de Costa Rica. www.centroneotropical. org/recsos/benef_hum_amer_centr.pdf
- The Economics of Ecosystems & Biodiversity. 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations, edited by P.Kumar. London and Washington: Earthscan. http://www.teebweb.Org
- Tulbure, M. G., C.A. Johnston y D.L. Auger. 2007. Rapid Invasion of a Great Lakes Coastal Wetland by Non-native Phragmites australis and Typha. *Journal of Great Lakes Research*, 33(sp3), 269–279.

- Uddin, M. N. y R.W. Robinson. 2017. Changes associated with Phragmites australis invasion in plant community and soil properties: A study on three invaded communities in a wetland, Victoria, Australia. *Limnologica*, 66, 24–30. https://doi.org/10.1016/j.limno.2017.07.006
- United States Department of Agriculture. 2015. *Plants database*. http://plants.usda.gov/index.html
- Villaseñor, J. L. y F.J. Espinosa-García. 1998. Catálogo de malezas de México. Mexico City: Universidad Nacional Autónoma de México/ Fondo de Cultura Económica.
- Washburn, B. E. y T.G. Barnes. 2000. Postemergence tall fescue (Festuca arundinacea) control at different growth stages with glyphosate and AC 263,222. *Weed Technology*, *14*, 223–230.
- West, R. C. 1948. *Cultural Geography of The Modern Tarascan Area*. The Smithsonian Institution, Washington, DC.
- Winter, K. B., N.K. Lincoln y K. Berkes. 2018. The social ecological keystone concept: a quantifiable metaphor for understanding the structure, function, and resilience of a biocultural system. *Sustainability*, 10(9):3294. https://doi.org/10.3390/su10093294

APÉNDICE

APÉNDICE 1. Peso seco promedio de hojas de *T. domingensis*.

Número de hoja	Peso seco (g)
1	4.5
2	7.9
3	4.3
4	7
5	7.3
6	4.3
7	4.2
8	3.2
9	5.8
10	5.8
11	2.2
12	6.1
13	3.6
14	3.7
15	8.2
16	6.9
17	4.6

18	7
19	8.7
20	5.9
21	9.3
22	4.1
23	3.5
24	4.5
25	3.3
Peso seco promedio de la hoja (g)	5.4

Peso seco promedio de hojas de *T. domingensis*.

APÉNDICE 2. Largo medio de hoja y número de hojas por metro cuadrado de T. domingensis.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
1	120	230	120	190	233
2	190	220	240	210	255
3	140	240	180	160	192
4	270	250	240	130	248
5	260	200	240	180	241
6	290	220	180	230	210

7	170	130	200	130	215
8	270	220	200	120	214
9	320	260	260	140	215
10	310	240	230	220	216
11	130	230	210	230	213
12	230	190	220	200	200
13	280	230	260	150	202
14	130	220	180	290	215
15	170	280	180	210	233
16	170	300	240	270	215
17	110	260	230	250	216
18	260	100	260	180	218
19	260	150	160	220	258
20	240	180	140	110	215
21	290	230	170	170	275
22	270	280	210	150	188
23	180	210	250	240	195
24	140	220	240	120	208
25	260	200	160	250	202
26	210	140	150	260	

27	180	300	180	260
28	160	110	110	170
29	150	230	190	170
30	230	150	160	140
31	190	180	120	200
32	180	220	240	110
33	230	160	180	150
34	210	170	240	180
35	240	130	190	
36	250	200	180	
37	110	130	120	
38	230	220	130	
39	210	190	180	
40	130	110		
41	140			
42	140			
43	230			
44	220			
45	220			
46	160			

47	220	
48	200	
49	240	
50	140	
51	140	
52	210	
53	140	
54	210	
55	190	
56	230	
57	160	
58	170	
Longitud media (cm)	201.4	
Número medio de hojas por metro cuadrado	39	ro de hoias por metro cuadrado de <i>T. domi</i> s

Largo medio de hoja y número de hojas por metro cuadrado de *T. domingensis*.

APÉNDICE 3. Especies de plantas identificadas por estudios realizados en el humedal la Mintzita clasificadas en plantas de hábitat de humedal obligado y humedal facultativo.

Especies	Familia	Hábitat
Acacia farnesiana (L.) Willd.	Fabaceae	facultative
Acmella repens (Walter) Rich.	Asteraceae	facultative
Arenaria paludicola B.L. Robins	Caryophyllaceae	obligate
Asclepias curassavica L.	Asclepiadaceae	facultative
Berula erecta (Huds.) Couille	Apiaceae	obligate
Bidens aurea (Ait.) Sherff	Asteraceae	facultative
Bidens cernua L.	Asteraceae	obligate
Bromus carinatus Hook. & Arn.	Poaceae	facultative
Bromus diandrus Roth	Poaceae	facultative
Carex comosa Boott	Cyperaceae	obligate
Carex longii Mack.	Cyperaceae	facultative
Commelina diffusa Burm. f.	Commelinaceae	facultative
Cosmos bipinnatus Cav.	Asteraceae	facultative
Cosmos sulphureus Cav.	Asteraceae	facultative
Cyperus eragrostis Lam.	Cyperaceae	facultative
Cyperus niger R. y P.	Cyperaceae	facultative
Distichlis spicata (L.) Greene.	Poaceae	facultative

Eichhornia crassipes (C. Martius) Sol Ms-Laub.	Pontederiaceae	obligate
Eleocharis densa Benth.	Cyperaceae	obligate
Eleocharis montevidensis Kunth	Cyperaceae	facultative
Eleusine indica (L.) Gaertn.	Poaceae	facultative
Epilobium ciliatum Raf.	Onagraceae	facultative
Erigeron scaberrimus Gardner	Asteraceae	facultative
Eupatorium rugosum Houtt.	Asteraceae	facultative
Festuca arundinacea Schreb.	Poaceae	facultative
Fraxinus uhdei (Wenz.) Lingelsh.	Oleaceae	facultative
Galium trifidum L.	Rubiaceae	facultative
Gnaphalium americanum (P. Mill.) Wedell	Asteraceae	facultative
Hydrocotyle ranunculoides L. f.	Apiaceae	obligate
Hydrocotyle verticillata Thunb.	Apiaceae	obligate
Lemna gibba L.	Lemnaceae	obligate
Lepidium virginicum L.	Brassicaceae	facultative
Lobelia laxiflora Kunth	Campanulaceae	facultative
Ludwigia octovalvis (Jacq.) Raven	Onagraceae	obligate
Ludwigia peploides (Kunth) P.H. Raven	Onagraceae	obligate
Lythrum vulneraria L.	Lythraceae	obligate

Melinis repens (Willd.) Zizka	Poaceae	facultative
Mimulus glabratus Kunth	Scrophulariaceae	obligate
Oenothera rosea L'Hér. ex Ait.	Onagraceae	facultative
Panicum hallii Vasey	Poaceae	facultative
Panicum sucosum Hitch. and Chase	Poaceae	facultative
Passiflora subpeltata Ortega	Passifloraceae	facultative
Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud. (ITIS).	Poaceae	obligate
Plantago major L.	Plantaginaceae	facultative
Poaceae sp.	Poaceae	facultative
Polygonum hydropiperoides Michx.	Polygonaceae	obligate
Polygonum lapathifolium L.	Polygonaceae	obligate
Polypogon interruptus Kunth	Poaceae	facultative
Polypogon monspeliensis (L.) Desf.	Poaceae	facultative
Psilactis asteroides A. Gray	Asteraceae	facultative
Rorippa palustris (L.) Besser	Brassicaceae	obligate
Rubus fruticosus L.	Rosaceae	facultative
Sagittaria latifolia Willd.	Alismataceae	obligate
Salix bonplandiana Kunth	Salicaceae	obligate
Schoenoplectus americanus (Pers.) Volkart ex Schinz and Keller	Cyperaceae	obligate

Schoenoplectus tabernaemontani (C.C. Gmeling) Palla	Cyperaceae	obligate
Setaria parviflora (Poir.) M.Kerguelen	Poaceae	facultative
Sida rhombifolia L.	Malvaceae	facultative
Solanum americanum P. Mill.	Solanaceae	facultative
Solidago velutina DC.	Asteraceae	facultative
Sonchus asper (L.) Hill.	Asteraceae	facultative
Spirodela polyrhiza (L.) Schleid	Lemnaceae	obligate
Tithonia tubiformis (Jacq.) Cass.	Asteraceae	facultative
Tripogandra purpurascens (Schauer) Handlos.	Commelinidae	obligate
Typha domingensis Presl.	Typhaceae	obligate
Urochloa maxima (Jacq.) R. Webster	Poaceae	facultative
Verbena carolina L.	Verbenaceae	facultative

Ecological Restoration

MANUSCRIPT HOME	AUTHOR INSTRUCTIONS	REVIEWER INSTRUCTIONS	HELP	JOURNAL HOME	LOGOUT
-----------------	---------------------	-----------------------	------	--------------	--------

Manuscript # Current Revision # Submission Date Current Stage Title Initial Quality Control Started
BIOCULTURAL, PRODUCTIVE, AND ECOCENTRIC RESTORATION IN A SPRING-FED WETLAND Manuscript Type Corresponding Author Contributing Author Research Article/Review Dr. Roberto Lindig-Cisneros (Univesidad Nacional Autonoma de Mexico)
Ms. Esperanza Fuentes-Gutiérrez
The increasing loss of wetlands at the global scale demands immediate response. Management practices like monitoring The increasing loss of wetlands at the global scale demands immediate response. Management practices like monitoring and environmental restoration are essential for the recovery and development of these transitional ecosystems between aquatic and terrestrial environments. When people degrade wetlands, environmental restoration has to overcome biotic and economic barriers that can be considerable. During 2021, we assessed the floristic composition of a wetland subjected to anthropic disturbances -the most important of which are water extraction, induced fires, and overgrazing-and compared our results with historical data from 2005 to 2015. The result revealed that important changes in floristic composition occurred during this 16 year period. In the dry season, we found significant differences in species richness between the years 2005 and 2021, with a significant reduction in species richness in the latter year. This loss of species richness perpresents an unfavorable change in the floristic composition trajectory, which we explained as an effect of sustained anthropic disturbance. Typha domingensis, Phragmites australis, and Festuca arundinacea have been favored by disturbances and increased their cover at the expense of other wetland species, thus reducing the wetland's floristic diversity. Our objective was to redirect the floristic composition trajectory in the La Mintzita wetland by proposing management strategies for controlling the above-mentioned species based on three ecological restoration strategies: biocultural, productive, and ecocentric.

Not Assigned Abstract Not Assigned
Trajectories, Common-reed, Cattail, Handcraft, Invasive-grass
No, there is no conflict of interest that I should disclose, having read the above statement. **Associate Editor**

Manuscript Items

- Author Cover Letter PDF (48KB) Source File (PDF) 49KB
 Article File PDF (3174KB) Source File (DOCX) 13032KB

More Manuscript Info and Tools

Check Status

PROGRAMA DE MANEJO DE TYPHA SPP., PARA LA ELABORACIÓN DE ARTESANÍAS Y LA RESTAURACIÓN AMBIENTAL DEL MANANTIAL LA MINTZITA





ESPERANZA FUENTES GUTIÉRREZ ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES, UNIDAD MORELIA

ROBERTO LINDIG CISNEROS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS
Y SUSTENTABILIDAD

Programa de Manejo de *Typha* spp., para la Elaboración de Artesanías y la Restauración Ambiental del Manantial la Mintzita.

Esperanza Fuentes Gutiérrez Roberto Lindig Cisneros Elaboración

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad- Laboratorio de Restauración Ambiental, UNAM

Instituciones

Esperanza Fuentes Gutiérrez Diseño

Agosto del 2021

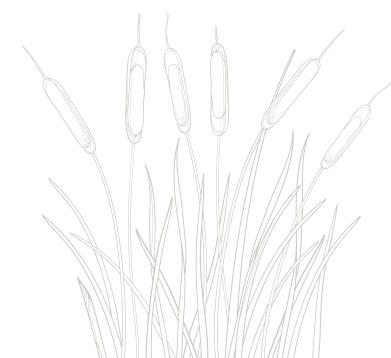
En la cubierta: Manantial la Mintzita





PRESENTACIÓN

El Programa de Manejo de *Typha* spp., para la Elaboración de Artesanías y la Restauración Ambiental del Manantial la Mintzita se desarrolla en el marco del Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Preservación Ecológica Manantial La Mintzita y su Zona de Amortiguamiento, del Municipio de Morelia, Michoacán, documento rector de la Comunidad Ecológica Jardines de la Mintzita. El presente documento constituye una herramienta para cumplir los objetivo expresados en los componentes "Manejo y Uso Sustentable de Ecosistemas Terrestres y Recursos Forestales", "Actividades Productivas Alternativas y Tradicionales" y "Manejo y Uso Sustentable de Agroecosistemas y Ganadería" del Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Preservación Ecológica Manantial La Mintzita.





La conservación de la biodiversidad y el aprovechamiento de oportunidades para el desarrollo económico, son una ecuación de esfuerzo compartido, singularmente necesita de la participación de diversos sectores de la sociedad, entidades gubernamentales y de los marcos normativos vigentes (A. Delfín-Alfonso, 2014).



I.INTRODUCCIÓN

Los humedales son tierras de transición entre los sistemas terrestres y acuáticos, donde el manto o nivel freático está generalmente en o cerca de la superficie o bien la tierra está cubierta por aguas poco profundas (Cowardin et al., 1992). Son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él (Ramsar, s.f.). Los humedales sostienen una rica diversidad de plantas y animales que ayuda a mantener los procesos inherentes a estos ecosistemas, tales como el abastecimiento de agua dulce, la producción de alimentos, la filtración y limpieza del agua, la retención de sedimentos y el ciclo de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo (Mitsch & Gosselink, 2000; Tabilo, 1998).

En un contexto mexicano, el panorama de los humedales es preocupante, se han perdido o degradado el 62 por ciento de estos (Landgrave & Moreno-Casasola, 2012), esta cifra demuestra lo urgente que es establecer medidas de conservación y restauración.

En el estado de Michoacán, al sur de la ciudad de Morelia se encuentra un complejo de manantiales que forma un humedal llamado La Mintzita (19°38'46.5"N, 101°16'18.5"W) este humedal está declarado desde 2005 como Área Natural Protegida (ANP) bajo la categoría de Zona Sujeta a Preservación Ecológica con 419.6 hectáreas (Bahena-Fraga, 2010) y como sitio Ramsar con 57 hectáreas desde 2009 (Ramsar, 2009).

La Mintzita proporciona cerca del 36% del agua que consume la ciudad de Morelia (OOAPAS, 2017), sin embargo sufre de múltiples impactos negativos como: incendios provocados, pastoreo y la invasión de algunas especies, esto a consecuencia de los factores de disturbio anteriores sumados a la sequía de los últimos tres años.

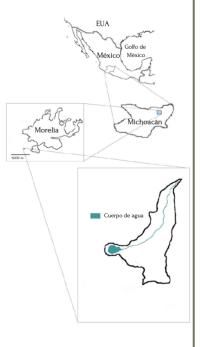


Figura 1. Ubicación del humedal La Mintzita al sur de la ciudad de Morelia, capital del estado de Michoacán, México.

Además, el humedal está altamente poblado por *Typha* spp. (tule o chuspata) a causa de cargas elevadas de nutrientes e hidroperiodos alterados, lo que da como resultado una reducción en la biodiversidad. Esta planta potencialmente malezoide es económicamente útil, en el centro de México, las plantas de los humedales son cosechadas para ser usadas como tejidos, forrajes y fertilizantes (Hall et al., 2008), *Typha* spp. (tule) ha sido utilizada para tejer por múltiples grupos culturales, incluidos los purépechas (Reyes, 1992) y mexicas (Heyden, 1983) por lo que como medida de restauración se propone en este documento un esquema de manejo que permitirá obtener materia prima para la elaboración de tejidos que puedan ser comercializados como artesanías.

En la Mintzita, la cosecha del tule podría proporcionar una estrategia de gestión sostenible y económicamente atractiva para la conservación de la biodiversidad en este sistema, mientras que el cese de la cosecha podría conducir a la pérdida de especies (Hall et al., 2008).

Las acciones mencionadas se encuentran provistas en los objetivos del Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Preservación Ecológica "Manantial La Mintzita" y su Zona de Amortiguamiento, del Municipio de Morelia, Michoacán del 2010, dentro de la sección "Subprograma Uso Sustentable de los Recursos Naturales":

- Promover entre los ejidatarios la realización de proyectos productivos alternativos como la producción de conservas, <u>artesanías</u> o la instalación de apiarios.
- Promover oportunidades para que las comunidades y/o grupos vulnerables conozcan y desarrollen actividades productivas alternativas como la elaboración de artesanías.
- Implementar y fortalecer programas que fomenten el uso sustentable de especies nativas, principalmente la vegetación acuática, para la elaboración de artesanías.

2. ANTECEDENTES

2.1 AMBIENTALES

La Mintzita tiene al menos tres tipos de vegetación: matorral subtropical, bosque de galería, y vegetación acuática, de estas tres la más abundante es la acuática. Esta está compuesta por tulares como *Typha* spp. (tule) y *Phragmites australis* (carrizo) (Bahena, 2010). La vegetación acuática es uno de los principales factores que determina la estructura de las comunidades de peces, ya que alberga una gran diversidad de organismos como copépodos, cladóceros, rotíferos, insectos (huevos y larvas) y peces pequeños. Asimismo, los peces la utilizan como fuente de alimento directo o indirecto, les brinda refugio contra los depredadores y les permite realizar la puesta de sus huevecillos (Bahena, 2010).

Durante la última década la Mintzita ha tenido una tendencia hacia un cambio radical en la composición de la comunidad vegetal como resultado de múltiples eventos de perturbación humana (Rodriguez-Arias et al., 2018) como la quema incontrolada, el libre pastoreo de ganado y la agricultura de temporal (Bahena, 2010).

En la distribución inicial de especies del sitio, *Schoenoplectus americanus* ocupaba las áreas más alejadas de la laguna del manantial y *Typha domingensis* las más cercanas a ella con un área intermedia donde conviven ambas especies, esta distribución se modificó como resultado de perturbaciones humanas, y ahora una gran área está dominada por el pasto introducido *Festuca arundinacea*. Esta tendencia sugiere que el humedal está siguiendo una trayectoria que podría conducir a una comunidad vegetal más similar a los tipos de tierras altas. (Rodriguez-Arias et al., 2018).

2.2 SOCIALES

La población alrededor del manantial la Mintzita es la Comunidad Ecológica Jardines de la Mintzita, ellos a lo largo de los años se han encargado de mantener el humedal. Como comunidad su principal objetivo es construir una comunidad ecológica que sirva de referente obligado para el crecimiento urbano y para toda aquella persona, comunidad, pueblo, organización, etc., que aspire a contribuir en un cambio social.

Siguiendo con su objetivo, en múltiples reuniones han expresado un gran interés en participar en las actividades descritas en este documento. Algo que ayuda bastante para esto, es la relación que tienen con la población de la rivera del lago de Pátzcuaro, comunidad que se especializa en la creación de tejidos hechos de tule. Los artesanos expertos de Pátzcuaro están dispuestos a impartir cursos de capacitación para la elaboración de artesanías que sean atractivas para los turistas. Esto supondría una mejora en los ingresos económicos de la comunidad.



2.3 JURÍDICOS

A continuación se mencionan algunas de las leyes y normas que regulan la cuestión ambiental a nivel nacional e internacional y que se encuentran estrechamente relacionadas con los temas de interés: artesanías, medio ambiente y recursos naturales.

Constitución de los Estados Unidos Mexicanos Artículo 2, apartado A, fracción VI

Acceder con respeto a las formas y modalidades de propiedad y tenencia de la tierra establecidas en esta Constitución y a las leyes de la materia, así como a los derechos adquiridos por terceros o por integrantes de la comunidad, al uso y disfrute preferente de los recursos naturales de los lugares que habitan y ocupan las comunidades, salvo aquellos que corresponden a las áreas estratégicas, en términos de esta Constitución. Para estos efectos, las comunidades podrán asociarse en términos de ley.

Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente Artículo 1 (a modo de resumen, aunque se considera toda la ley)

La presente ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases que se encuentran para consulta en los artículos que constituyen esta ley.

Ley General de Vida Silvestre (3/07/2000)

Regula todo lo relativo al uso, explotación, protección y conservación de la vida silvestre. La norma (NOM-059) velará por el cuidado y buen manejo de la flora y fauna silvestre.

Marco jurídico forestal

En materia de aprovechamiento de productos no maderables (los descritos en este documento), se establece que se requerirá un permiso y que deberán formularse programas de manejo, además deberá haber un responsable técnico.

Convenio sobre Diversidad Biológica Artículo 8, cláusula J, Respeto a los conocimientos, innovaciones y prácticas de carácter tradicional

Cada parte contratante, en la medida de lo posible y según proceda, con arreglo a su legislación nacional, respetará, preservará y mantendrá los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades indígenas y locales que entrañen estilos tradicionales de vida pertinentes para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica y promoverá su aplicación más amplia, con la aprobación y la participación de quienes posean esos conocimientos, innovaciones y prácticas, y fomentará que los beneficios derivados de la utilización de esos conocimientos, innovaciones y prácticas se compartan equitativamente.



3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las medidas de manejo de *Typha* spp. que permitan tanto la restauración del humedal como el aprovechamiento de la vegetación a través de la actividad artesanal.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Promover el desarrollo integral de la Comunidad Ecológica Jardines de la Mintzita y su zona de influencia, a través del uso sustentable y racional de los recursos naturales.
- Recuperar y restaurar zonas deterioradas que lo requieran a través de la cosecha de la *Typha spp.* para la preservación de ecosistemas y especies presentes en el área.

4. METODOLOGÍA

Para la elaboración de este documento se consultaron diferentes fuentes bibliográficas, tales como artículos, informes, bases de datos digitales y libros, estos permitieron la obtención de información sustantiva para los apartados de introducción, antecedentes y descripción del sitio.

Parte de esta información fue corroborada en campo a través de recorridos, mapas de Google Earth y vuelos de dron. Se realizaron al menos tres vuelos a 100 m de altura con un dron DJI Mavic mini, en los cuales se tomaron fotos en distintos puntos del humedal para después procesarlas en la aplicación Agisoft Metashape para la creación de una ortofoto. Este producto final fue analizado en QGIS versión 3.16, en el cual se obtuvieron elementos espaciales útiles para el manejo del humedal expresados en los mapas de este documento. Esta información dio paso a la creación de la zonificación y en general a las medidas de manejo que se expresan aquí.

5. DESCRIPCIÓN DEL SITIO

El complejo de humedales La Mintzita está ubicado al sur de la ciudad de Morelia, capital del estado de Michoacán (101°16′18.5″W, 19°38′46.5″N), a una altitud de 1917 metros sobre el nivel del mar (Escutia et al., 2012). La región tiene un clima templado subhúmedo con lluvias en verano (julio a septiembre), con una temperatura media anual de 18 a 21°C (SIGEM, 2018) y una precipitación acumulada anual de 750 mm (SIGEM, s.f.).



La Mintzita forma parte de la microcuenca del Río Grande (SIGEM, s.f.), tributaria de la sub-cuenca de Cuitzeo y de la cuenca Lerma-Chapala (Bahena-Fraga, 2010). Desde 2005 está declarada como Área Natural Protegida (ANP) bajo la categoría de Zona Sujeta a Preservación Ecológica con 419.6 ha (Bahena-Fraga, 2010) y como sitio ramsar desde 2009 con 57 ha (Ramsar, 2009).

La presencia de manantiales originados por la infiltración de agua en las corrientes de lava basáltica circundantes promueve la existencia de un humedal con flora acuática flotante, sumergida y de hidrófitas emergentes además de una importante zona de refugio y anidación de aves y peces (Ramsar, 2009). La riqueza biológica de este cuerpo de agua es de gran interés, se han identificado: 107 especies de aves (Soto & Villaseñor, 2003), 13 de peces, de las cuales nueve son nativas y cuatro introducidas (Medina et al., 2003), y 61 de plantas (Rodriguez-Arias et al., 2018).

La vegetación acuática está constituida por 37 especies dominantes, entre las que destacan los pastos sumergidos como el nenúfar (*Nymphaea mexicana*) y la cola de zorra (*Potamogeton pectinatus*); la vegetación flotante está representada por el lirio acuático (*Eichrornia crassipes*) que es una especie invasora y la lentejilla (*Lemna minor*); mientras que la vegetación arraigada ocupa una mayor extensión y está conformada por tule (*Typha domingensis*), *Schoenoplectus tabernaemontani*, *Schoenoplectus americanus*, *Carex comosa*, carrizo (*Phragmites australis*), entre otras (Ramsar, 2009).

El bosque de galería se localiza en las orillas del humedal y solamente está representado por el sauce (*Salix bonplandiana*). Fuera del espejo de agua y la zona de humedales, existe una zona de afloramientos basálticos que presenta una vegetación de bosque tropical caducifolio perturbado por actividades antrópicas (asentamientos humanos y agricultura de temporal) (Ramsar, 2009).

6. DIAGNÓSTICO Y PROBLEMÁTICA

El humedal sufre de múltiples impactos negativos como: incendios provocados, pastoreo y la invasión de algunas especies, esto a consecuencia de los factores de disturbio anteriores sumados a la sequía de los últimos tres años.

Además, la Mintzita está altamente poblada por tule a causa de cargas elevadas de nutrientes e hidroperiodos alterados. Esto da como resultado una reducción en la diversidad de plantas, aves e insectos. Esta planta potencialmente malezoide es económicamente útil por lo que se propone un esquema de manejo que permitirá obtener materia prima para la elaboración de artesanías. Este control supondría el establecimiento de especies previamente reportadas en el sitio y con esto un alza en la biodiversidad vegetal y animal. El tener una biodiversidad más alta, ayudará de manera significativa a la restauración del humedal, el sistema sería más sustentable y habrá beneficios directos para los artesanos y para un 36% de la población de Morelia.



7. MANEJO DEL SITIO

Los manantiales asociados al humedal cubren un área de 13.099 ha, de las cuales en el año 2017, 4.245 ha estaban cubiertas por tule y 2.308 ha carrizo. Hacia la parte sur del humedal, en la colindancia con el balneario de Cointzio hay 1.162 ha que solían estar dominadas por tule y actualmente están dominadas por árboles de talla considerable de *Salix bonplandiana* y el pasto invasor *Festuca arundinacea* con 1.75 ha (Figura 1). En el año 2021, como consecuencia de incendios ocurridos el año anterior y en ese mismo año, en la temporada seca del mes de abril, hacia el noreste había un área de 1.43 ha donde la vegetación del humedal no se ha recuperado plenamente. Adicionalmente, hay 1.79 Km de senderos de ganado y una área de 0.68 ha severamente dañada por el pastoreo (Figura 2).

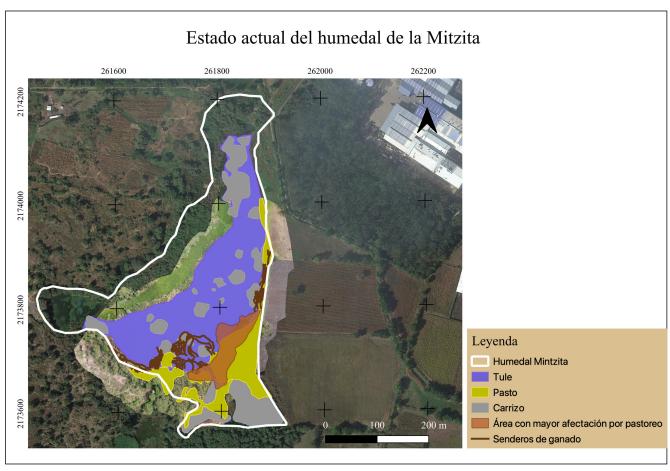


Figura 2. Mapa del estado del humedal la Mintzita para el año 2021. Elaboración propia.

Del párrafo anterior se desprende que el humedal sufre el impacto negativo de incendios provocados, pastoreo y la invasión de *Festuca arundinacea*. Para poder resolver esto se propone una zonificación que no solo permita la cosecha del tule, sino también el control de los incendios provocados y de la eliminación del pastoreo.

8. ZONIFICACIÓN DEL HUMEDAL

- I.Área de conservación estricta paralela al canal de 20 metros de ancho, donde solamente la extracción de carrizo como medida de control está permitida fuera de la temporada de anidación de aves acuáticas. Esto representa un área de 1.30 ha.
- 2. Área de aprovechamiento desde el borde del área de conservación hasta el límite de distribución del tule hacia las partes más alejadas del canal. Representa un área aproximada de 3.64 ha.
- 3. Laguna y canal, esta zona no es apropiada para el aprovechamiento del tule dado que la profundidad es mayor que la requerida para estas especies, sin embargo, el control de el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y de elodea (*Egeria densa*) es necesaria para mantener la integridad del humedal.
- 4. Área de restauración de tular. En la zona sur que se ha secado, si fuera posible restaurar la dinámica hídrica del suelo, se podrían reincorporar 1.17 ha al humedal que hasta hace aproximadamente 6 años aún estaban dominadas por tule.
- 5. Area de eliminación de carrizo. A lo largo del humedal se encuentran manchones de carrizo que suponen un peligro para la conservación del humedal, por lo que se propone la remoción de estos de manera parcial para un mejor manejo del humedal.

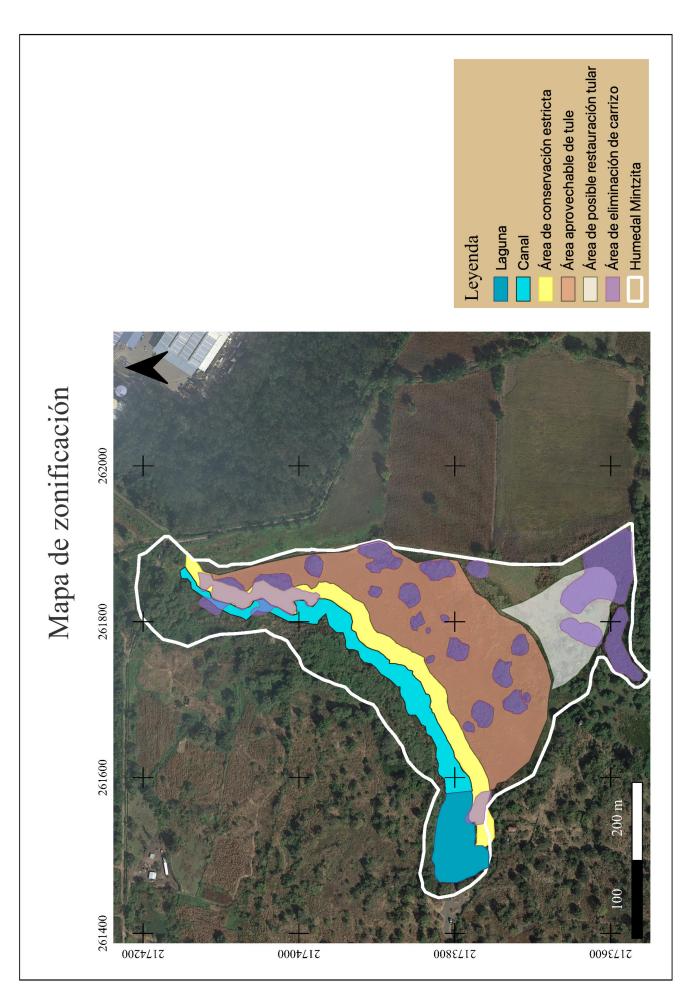


Figura 3. Mapa de zonificación del humedal la Mintzita. Elaboración propia.



9. RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO

En atención a la necesidad de cosechar tule en condiciones óptimas para la elaboración de artesanías, se pueden llevar a cabo cortas y quemas controladas para reducir la cantidad de hojas secas. En particular el uso de fuego debe hacerse de tal forma que se eviten altas temperaturas. El riesgo de altas temperaturas se reduce quemando temprano en la mañana, o en los meses de octubre a febrero; antes de los meses más calurosos de la temporada de estiaje (es decir marzo, abril y mayo). Siempre que sea posible se debe de evitar el uso del fuego privilegiando el chaponeo y extracción del material seco.

Se recomienda que no se extraigan hojas de más del 33% de la superficie del área de aprovechamiento por año, que corresponde a 1.20 ha. Esto no implica que tenga que ser un área contigua de esta extensión dado que cada año se pueden seleccionar los mejores sitios considerando la calidad de las hojas en las dos temporadas de cosecha, abril-mayo (antes de las lluvias) y en noviembre (antes de las heladas).

IO. MONITOREO

Como parte del manejo del humedal es necesario el monitoreo del área aprovechada cada año y del estado de conservación general del humedal. Se recomienda llevar a cabo transectos para cuantificar la riqueza y dominancia de especies vegetales para contar con información multianual que permita evaluar el impacto del aprovechamiento. Se recomienda seguir la técnica de monitoreo utilizada por Arias-Rodríguez et al. (2018), que consiste en muestrear el sitio en la temporada de lluvias (agosto-septiembre) ubicando cinco transectos de longitud variable (30 a 50 cm) perpendiculares al borde del cuerpo de agua a 30 m de distancia entre sí. Cada transecto debe comenzar en el bordo de la vegetación hidrófita emergente. En cada transecto se deben marcar 6 cuadrantes equidistantes de 1 m2. Todas las especies presentes en cada cuadrante deben ser registradas, la cobertura de cada una se debe evaluar por presencia/ausencia en subcuadrantes de 1 dm2, lo que va a permitir calcular el porcentaje de cobertura en los cuadrantes de 1 m2. Se deben recolectar ejemplares para su identificación. Los datos de cobertura para cada especie se deben promediar para cada año de monitoreo, presentan como porcentajes de cobertura.



II. BIBLIOGRAFÍA

- Bahena-Fraga, A. (2010). Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Preservación
 Ecológica "Manantial La Mintzita" y su Zona de Amortiguamiento, del Municipio de
 Morelia, Michoacán. Gobierno de Michoacán. http://laipdocs.michoacan.gob.mx/?
 wpfb_dl=36353
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [México]. (1917). https://www.refworld.org.es/docid/57f795a52b.html
- Cowardin, L.M., Carter, V., Goulet, F.C. & Laroe, E.T. (1979). Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. (Informe No. FWS/ OBS-79/31)
 Washington, DC. U.S. Department of the Interior, U.S. Fish and Wildlife Service y Office of Biological Services.
- Delfín-Alfonso, C. (2014). Elaboración de un proyecto de manejo de fauna silvestre: un acercamiento a su diseño y evaluación. En S. GALLINA & C. LOPEZ-GONZALEZ (Eds.), Manual de técnicas para el estudio de la fauna (2.a ed., p. 315). UAQ-INECC
 - http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/717/cap14.pdf
- Escutia-Lara, Y., Lara-Cabrera, S., Gómez-Romero, M., & Lindig-Cisneros, R.
 (2012). Common reed (Phragmites australis) harvest as a control method in a Neotropical wetland in Western México. Hidrobiológica, 22, 125–131.
- Hall, S. J., Lindig-Cisneros, R., & Zedler, J. B. (2008). Does harvesting sustain plant diversity in central Mexican wetlands? Wetlands, 28(3), 776–792. https://doi.org/10.1672/07-231.1
- Heyden, D. (1983). Mitología y Simbolismo de la Flora en el México Prehispánico.
 Universidad Nacional Autónoma de México.
- Landgrave, R. y Moreno-Casasola, P. (2012). Cuantificación de la pérdida de humedales en México. Investigación Ambiental 4(1), pp. 35-51.

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente DOF 04-06-2012, Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988.
- Ley General de Vida Silvestre DOF 19-01-2018, Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000.
- Medina, M., Zubieta, T., & Ramírez, J. P. (2003). Estructura de la comunidad de peces de La Mintzita, Morelia Michoacán, Cuenca Lerma-Chapala. Biológicas. Fac. de Biología U.M.S.N.H, 5, 19–29.
- Meneses-Murillo, L.(s.f.). El marco jurídico forestal. INECC.
 http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/398/meneses.html
- OAPAS. (2017). Informe anual 2017 del director general.
 http://morelos.morelia.gob.mx/ArchTranspOOAPAS/Art35/InfPub/XXVIII/Informe%20Director%20OOAPAS%202017.pdf
- ONU. (1992). Convenio sobre Diversidad Biológica.
 https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf
- Ramsar. (2009). Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) –Versión 2009–2012. https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX1919RIS.pdf
- Ramsar. (s. f.). Documento informativo Ramsar No. 1 ¿Qué son los humedales? Ramsar. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/info2007sp-01.pdf
- Reyes, J. (1992). La producción artesanal. p. 159–79. In V. M. Toledo, A. Argueta, and P. Ávila (eds.) Plan Pátzcuaro 2000. Fundación Freidrich, Representación en México
- Rodríguez-Arias, C., Gómez-Romero, M., Páramo-Pérez, M. E., & Lindig-Cisneros, R. (2018). Ten-year study of vegetation dynamics in wetlands subject to human disturbance in Western Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad, 89(3), 910–920. https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.1771

- SIGEM- Mapa Interactivo de Morelia. (2018). *IMPLAN Morelia*. https://www.sigemorelia.mx
- SIGEM Mapa Interactivo de Morelia. (s. f.). *IMPLAN Morelia*. https://www.sigemorelia.mx
- Soto, O., & Villaseñor, L. E. (2003). Avifauna de la presa La Mintzita municipio de Morelia, Michoacán, México. Memorias del XVII Congreso Nacional de Zoología. Puebla, Puebla. MC8.
- Tabilo-Valdivieso, E. (1999). El beneficio de los humedales en Centroamérica. El potencial de los humedales para el desarrollo. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre. Heredia, WWF y Universidad Nacional de Costa Rica. www.centroneotropical.org/recsos/benef_hum_amer_centr.pdf

