



Universidad Autónoma  
del Estado de México



# Recursos forestales no maderables en el Nevado de Toluca

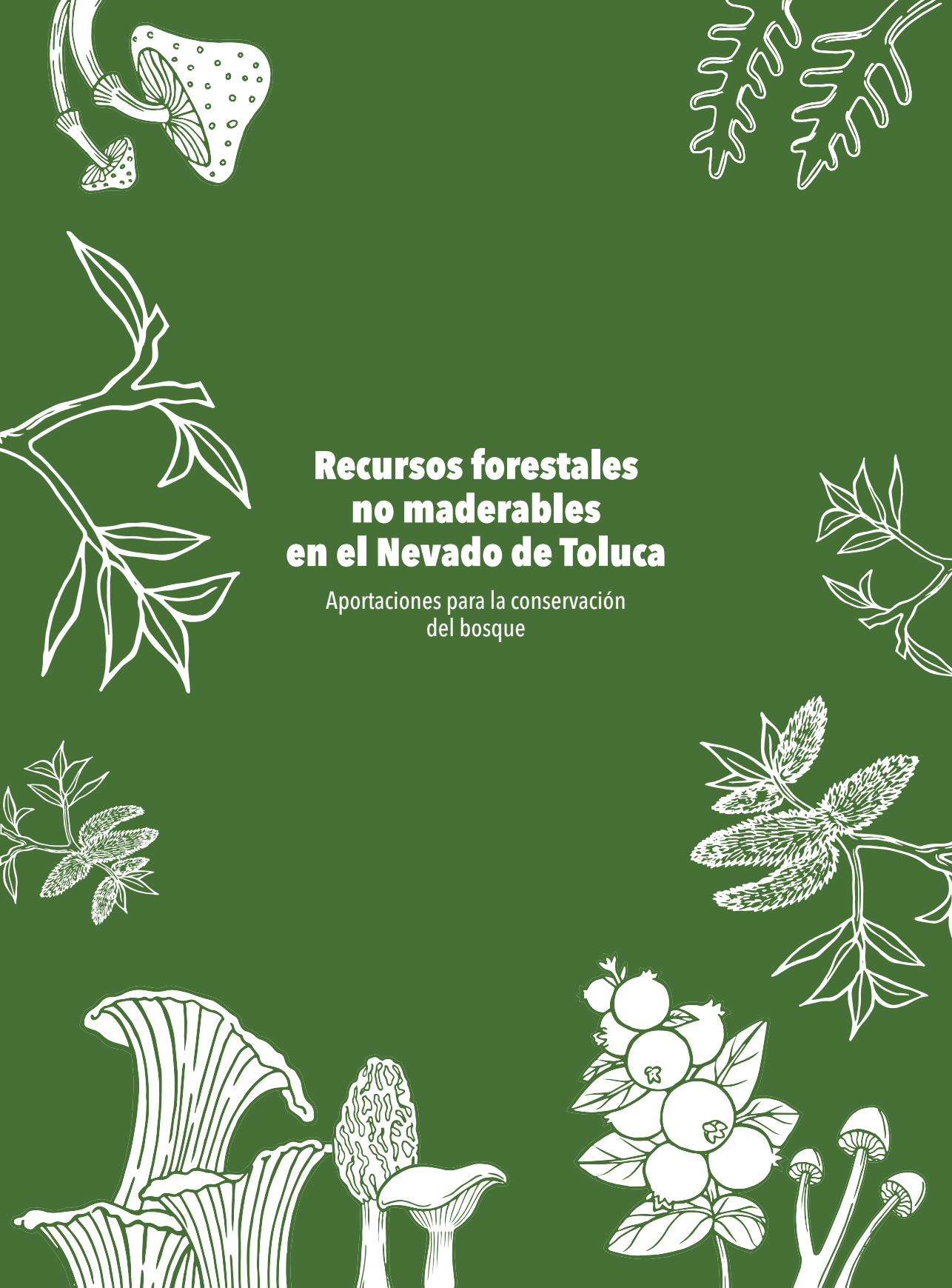
Aportaciones para la conservación  
del bosque

Angel Rolando Endara Agramont ◦ Humberto Thomé Ortiz

Coordinadores







# Recursos forestales no maderables en el Nevado de Toluca

Aportaciones para la conservación  
del bosque



Universidad Autónoma  
del Estado de México

Doctor en Ciencias e Ingeniería Ambientales  
Carlos Eduardo Barrera Díaz  
*Rector*

Doctora en Ciencias Sociales  
Martha Patricia Zarza Delgado  
*Secretaria de Investigación y Estudios Avanzados*

Doctor en Ciencias Agrarias  
Humberto Thomé Ortiz  
*Director del Instituto de Ciencias  
Agropecuarias y Rurales*

Maestra en Administración  
Susana García Hernández  
*Directora de Difusión y Promoción  
de la Investigación y los Estudios Avanzados*



# **Recursos forestales no maderables en el Nevado de Toluca**

Aportaciones para la conservación  
del bosque

Angel Rolando Endara Agramont ◦ Humberto Thomé Ortiz  
Coordinadores

Universidad Autónoma del Estado de México  
Toluca, 2023

Recursos forestales no maderables en el Nevado de Toluca : aportaciones para la conservación del bosque / Angel Rolando Endara Agramont, Humberto Thomé Ortiz, coordinadores.

1ª ed.

Toluca, Estado de México : Universidad Autónoma del Estado de México, 2023.

172 p. : il. ; 17 × 23 cm.

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978-607-633-596-3 (impreso)

ISBN 978-607-633-597-0 (PDF)

1. Conservación de bosques - México (Estado).
2. Nevado de Toluca -- Aspectos ambientales.
3. Recursos forestales - México (Estado).

I. Endara Agramont, Angel Rolando, coord.

II. Thomé Ortiz, Humberto, coord.

SD414.M6 M4874 2023

Recursos forestales  
no maderables  
en el Nevado de Toluca

Aportaciones para la conservación  
del bosque

Libro sometido a sistema antiplagio y publicado con la previa revisión y aprobación de pares doble ciego externos que forman parte del Sistema Nacional de Investigadores, ambos con nivel I. Expediente de obra 332/05/2022, Dirección de Difusión y Promoción de la Investigación y los Estudios Avanzados, adscrita a la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Primera edición: 8 de mayo de 2023

ISBN 978-607-633-596-3 (impreso)

ISBN 978-607-633-597-0 (PDF)

D.R. Universidad Autónoma del Estado de México

Instituto Literario núm. 100 Ote. Col. Centro

C.P. 50000, Toluca, Estado de México

[www.uaemex.mx](http://www.uaemex.mx)

Imagen de portada: José Jonathan Aguirre Zúñiga

Esta edición y sus características son propiedad de la Universidad Autónoma del Estado de México.

El contenido de esta publicación es responsabilidad de los autores y coordinadores.



Esta obra queda sujeta a una licencia *Creative Commons* Atribución-No comercial-Sin derivadas 4.0 Internacional. Puede ser utilizada con fines educativos, informativos o culturales, ya que los autores permiten sólo descargar sus obras y compartirlas, siempre y cuando les den crédito, pero no se pueden cambiar de forma alguna ni usarse de manera comercial. Disponible para su descarga en acceso abierto en: [ri.uaemex.mx](http://ri.uaemex.mx)

Hecho e impreso en México

# CONTENIDO

<b>Agradecimientos</b>	13
------------------------	----

<b>Presentación</b>	15
---------------------	----

## Hongos comestibles silvestres

### Capítulo 1

<b>Aprovechamiento de hongos comestibles silvestres: perspectiva desde la etnomicología hasta la biotecnología</b>	21
--	----

Cristina Burrola Aguilar Yolanda Arana Gabriel Lorena López Rodríguez Azucena González Morales

INTRODUCCIÓN	21
--------------	----

Conocimiento etnomicológico como motor de la conservación y aprovechamiento de los HCS	23
---	----

Aprovechamiento de hongos comestibles silvestres	24
--	----

Conservación <i>ex situ</i> : cultivo de hongos comestibles silvestres	25
--	----

Conservación <i>in situ</i> (especies micorrizógenas)	26
---	----

Valoración nutricional y medicinal de los HCS y la obtención de compuestos bioactivos	27
---	----

MÉTODOS	28
---------	----

Conocimiento tradicional	28
--------------------------	----

Conservación <i>ex situ</i>	30
-----------------------------	----

Conservación <i>in situ</i>	32
-----------------------------	----

Obtención de compuestos bioactivos	35
------------------------------------	----

Conocimiento tradicional	36
--------------------------	----



Conservación <i>ex situ</i>	44
Conservación <i>in situ</i>	45
Obtención de compuestos bioactivos	45
CONCLUSIONES	46
REFERENCIAS	47
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Abundancia de hongos comestibles silvestres en ecosistemas forestales del Nevado de Toluca</b>	53
Luis Antonio García Almaraz Rebeca Dennise Varo Rodríguez Alma Abigail Luna Gil Santiago Vázquez Lozada Sergio Franco Maass José Jonathan Aguirre Zúñiga	
INTRODUCCIÓN	53
Ecosistemas forestales y recursos forestales no maderables	53
Importancia de los hongos comestibles silvestres	55
METODOLOGÍA	58
Área de estudio	58
Vegetación	58
Recorridos de colecta	60
Instalación de sitios temporales de muestreo (STM)	60
RESULTADOS	60
Recorridos de colecta	60
Sitios temporales de muestreo	62
Bosque de <i>Abies religiosa</i>	62
Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	62
<i>Pinus pseudostrobus-Abies religiosa</i>	62
<i>Abies religiosa-Pinus pseudostrobus</i>	62
CONCLUSIONES	67
REFERENCIAS	67
ANEXOS	71

# Uso recreativo de recursos forestales no maderables

## Capítulo 3

### Aprovechamiento recreativo de los hongos comestibles silvestres, una mirada al micoturismo en México desde los Sistemas de Información Geográfica

Humberto Thomé Ortiz

81

#### INTRODUCCIÓN

81

#### ANTECEDENTES

83

¿Cómo pueden ayudar los Sistemas de Información Geográfica a la planificación y gestión del turismo?

83

Los Sistemas de Información Geográfica como herramientas de planificación y diseño para el turismo micológico

85

Algunas claves para el uso de los Sistemas de Información Geográfica en el turismo micológico

87

Desarrollo de información útil para el turismo micológico

88

Inventario de recursos turísticos

89

La integralidad de los datos en los Sistemas de Información icológica

90

Proyección espacial del micoturismo

91

Diálogo de saberes a través del enfoque participativo

92

#### ESTUDIO DE CASO

93

La Laguna, Texcaltitlán: estudio de caso de una comunidad recolectora

93

Primera aproximación a un Sistema de Información Micológica

96

#### RESULTADOS

98

Evaluación de los hongos comestibles silvestres del ejido Venta Morales (La Laguna), Texcaltitlán, Estado de México

98

De los datos a la conformación de un producto de turismo micológico

102

#### CONCLUSIONES

106

#### REFERENCIAS

108

# Aprovechamiento de arbustos

## Capítulo 4

### Distribución espacial y aprovechamiento de perilla

#### (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K)

#### en el bosque de aile del Nevado de Toluca

113

Luis Daniel Carbajal Romero Angel Rolando Endara Agramont José Jonathan Aguirre Zúñiga

Luis Antonio García Almaraz Humberto Thomé Ortiz Ana Tarín Gutiérrez Ibáñez

Miriam Alejandra Rosas Sánchez

#### INTRODUCCIÓN

113

Caracterización ecológica

116

Uso y aprovechamiento de la perilla

118

Criterios para la corta

119

#### CASO DE ESTUDIO

119

Bosque de *Alnus jorullensis* en el ejido Santiago Tlacotepec

119

Estrato arbóreo, ejido de Tlacotepec

121

Bosque de aile

122

#### MATERIALES Y MÉTODOS

124

Determinación de la distribución espacial de vara de perilla

124

Instalación de sitios temporales de muestreo

124

Colección de vara de perilla

126

#### RESULTADOS

128

Rangos de abundancia y extracción

128

Abundancia y extracción de perilla

129

Implicaciones del aprovechamiento de perilla en bosque de aile

132

#### CONCLUSIONES

132

#### REFERENCIAS

133

## Capítulo 5

### Aprovechamiento de vara blanca (*Salix paradoxa*)

#### en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

137

Angel Rolando Endara Agramont   José Jonathan Aguirre Zúñiga   Stephanie Miranda Rodríguez

Luis Daniel Carbajal Romero

INTRODUCCIÓN	137
Vara blanca	138
Caracterización ecológica	141
Descripción	142
Fenología y colecta	143
CASO DE ESTUDIO	143
Área de estudio	143
Trabajo de campo	145
Entrevistas con actores clave	145
Determinación del estado de conservación del bosque	145
Muestreo dirigido	145
Instalación de sitios temporales de muestreo	145
Recolección de vara blanca	146
Trabajo de laboratorio	146
RESULTADOS	148
Determinación del tipo de aprovechamiento de vara blanca	148
Criterios para la corta	149
Determinación del estado de conservación del bosque	151
Estructura horizontal del bosque	151
Estructura vertical del bosque	152
Aprovechamiento de vara blanca	153
CONCLUSIONES	153
REFERENCIAS	154
<b>Reflexiones finales</b>	<b>157</b>
<b>Fichas curriculares</b>	<b>161</b>



## Agradecimientos

A la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMEX), al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la misma institución educativa, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), proyecto de investigación: Identificación, Evaluación y Manejo Integrado de Plantas Parásitas en Cuatro Regiones de México: noroeste (Durango), centro-occidente (Michoacán y Jalisco), oriente (Puebla y Veracruz) y centro-sur (Estado de México y Tlaxcala) con número de registro A3-S-130105.

Esta publicación es derivada del proyecto de investigación UAEMEX 4300/2017/CI: Manejo y Conservación de Productos Forestales No Maderables en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.

A las autoridades y actores clave de los bienes comunales de Santiago Tlacotepec, comunidad de San Román.

A la Lic. en CA Miriam Alejandra Rosas Sánchez, al equipo de investigación de alta montaña ICAR-UAEMEX:

Mtra. en ARDT y TA Stephanie Miranda Rodríguez

Mtro. en ARDT y TA José Jonathan Aguirre Zúñiga

Mtro. en ARDT y TA Luis Daniel Carbajal Romero

Mtra. en CA y RN Rebeca Dennise Varo Rodríguez

Mtra. en CA y RN Alma Abigail Luna Gil

Lic. en Geo. Luis Antonio García Almaraz

Lic. en Geo. Santiago Vázquez Lozada



## Presentación

Los bosques de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de México están sujetos a una presión antrópica constante, tanto por la demanda de recursos forestales maderables como por el cambio de uso suelo, transformando aquellos bosques en tierras de cultivo, pastoreo y nuevas zonas urbanas. Por lo anterior, el presente libro analiza el estudio del bosque desde una perspectiva poco explorada, se enfatiza en los recursos forestales no maderables (RFNM). Entre ellos se pueden encontrar los hongos comestibles silvestres, arbustos, productos alimentarios y plantas medicinales, por citar a los más comunes.

Los RFNM son susceptibles de ser aprovechados de diversas formas, destacando la función de aprovisionamiento que cumplen en el contexto de los servicios ecosistémicos que brindan los espacios forestales a la sociedad. En este sentido, estos recursos se han aprovechado como comida, medicina, objetos decorativos, recursos rituales y elementos constructivos, ya que juegan un papel esencial en la vida de las comunidades rurales, quienes los aprovechan a partir de la aplicación de conocimientos tradicionales ecológicos. Recientemente, se ha dado un importante énfasis al papel de estos recursos en términos de la prestación de servicios culturales, a través de las actividades turísticas como pueden ser el micoturismo, el turismo contemplativo y el de salud.

En este sentido, consideramos importante desarrollar su análisis dentro de los nuevos modelos de gestión integral de los bosques, desde una perspectiva robusta, donde el eje de la sustentabilidad (económica, ambiental y social) sea el punto de partida para pensar en estrategias de desarrollo que impacten positivamente en la economía de las familias rurales y en reducir la presión sobre los recursos forestales maderables.

Desde esta lógica, es importante recalcar la centralidad que los RFNM han jugado en la adaptación biocultural de las sociedades rurales, tratando de esbozar cuál es la proyección de este patrimonio de cara a un complejo siglo XXI. Con este argumento, podemos destacar el papel central que estos



recursos pueden jugar para la consecución de los Objetivos del Desarrollo Sostenible, detectándose una importante contribución en muchos de estos aspectos estratégicos, entre los que podemos destacar los siguientes: son recursos endógenos importantes que contribuyen a generar ingresos complementarios para las familias rurales; además de ser fuente de alimentos que complementan la dieta rural, especialmente durante la temporada de lluvia; su aprovechamiento involucra de manera central el trabajo de las mujeres y los jóvenes; su producción se asocia exclusivamente a fuentes de energía natural; su cuidado y conocimiento son un indicador de la sustentabilidad, resiliencia y bienestar de los bosques; cumplen un papel fundamental en los ciclos de regulación forestal, ya que contribuyen de manera significativa a la mitigación de los efectos del cambio climático.

Con base en la reflexión planteada, el objetivo de la presente obra fue delinear los retos, oportunidades y perspectivas que los RFNM presentan de cara a la gestión integral forestal en el siglo XXI. Para ello, se desarrollaron estudios de caso con una sólida base empírica que permitiera, por un lado, documentar las características y usos de algunos RFNM representativos en sus contextos socioculturales originales y, por otro, generar una reflexión sobre la importancia e implicaciones de su aprovechamiento sustentable.

Se trata de un trabajo transdisciplinario y colaborativo que se estructuró en función de una lógica secuencial, basada en la presentación de recursos representativos de los espacios forestales. De esta manera, la obra se divide en tres apartados: 1. Hongos comestibles silvestres; 2. Aprovechamiento recreativo de los RFNM; y, finalmente, 3. Arbustos. A través de estos tres ejes, se buscó dar representatividad a los recursos emblemáticos de nuestra zona de estudio, redactados en cinco capítulos en los que se abordan la oscilación del conocimiento micológico entre la biotecnología y la etnomicología, una perspectiva de la abundancia de los hongos comestibles silvestres, el uso del conocimiento ecológico tradicional como recurso turístico, el turismo micológico, la distribución espacial, así como el aprovechamiento sustentable de perillilla y vara blanca como recursos diferentes de la madera y la leña.

La zona de estudio de la presente obra es el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT),<sup>1</sup> la cual es un caso de estudio

<sup>1</sup> El 19 de enero de 1937 se decretó como Parque Nacional Nevado de Toluca; a partir del 29 de enero de 2013 dejó esta denominación para tener la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna (DOF, 2013).

paradigmático, en la medida que presenta muchos antecedentes de aprovechamiento de RFNT, en particular, hongos comestibles silvestres, vara de perilla y musgo. Este libro hace mención a su aprovechamiento sustentable, asociado con el estado de conservación actual de sus bosques, en particular los de pino (*Pinus hartwegii*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus montezumae*), oyamel (*Abies religiosa*) y encino (*Quercus laurina*). Además, por primera vez, se recaba información de la vara blanca o guajote (*Salix paradoxa*), como un RFNM de importancia socioeconómica para la región.

Es conocido que los bosques secundarios han tomado notoriedad, ya que la gran mayoría de los espacios forestales en el ámbito mundial, hoy en día, son residuales. La extracción selectiva de especies de pino, oyamel y encino en el APFFNT está generando la aparición de bosques dominados por especies pioneras, como el aile (*Alnus jorullensis*) y guajote, donde se desarrollan, con mucho éxito, RFNM que tienen un importante arraigo sociocultural en la vida cotidiana de las comunidades locales.

Por lo anterior, este libro busca documentar la disponibilidad e importancia, económica, social y cultural, que tienen los RFNM en APFFNT con la finalidad de plantear estrategias integrales de gestión forestal en las ANP. En este sentido, es importante distinguir los retos y oportunidades que presenta el aprovechamiento de los recursos endógenos, con la finalidad de incidir directamente en la economía local, sin perder de vista los objetivos comunes y los retos compartidos que presenta el mundo contemporáneo para estos escenarios naturales, que serán clave en la determinación de la calidad de vida de la sociedad futura.

*Humberto Thomé Ortiz*  
*Angel Rolando Endara Agramont*





# Hongos

## comestibles silvestres



# Capítulo 1

## Aprovechamiento de hongos comestibles silvestres: perspectiva desde la etnomicología hasta la biotecnología

Cristina Burrola Aguilar Yolanda Arana Gabriel Lorena López Rodríguez Azucena González Morales

### INTRODUCCIÓN

Los hongos comestibles silvestres (HCS) son considerados un producto forestal no maderable (PFNM), de importancia para el desarrollo sustentable de los bosques. Los HCS tienen un rol primordial en la “conservación de la biodiversidad, salud de los bosques, diversificación de mercados y promoción de la seguridad alimentaria, así como el descubrimiento de nuevos productos farmacéuticos, agroquímicos y biotecnológicos” (Burrola-Aguilar *et al.*, 2018: 33), los cuales pueden contribuir a cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por la ONU (2015): (Objetivo 2: Poner fin al hambre, Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles y 15: Gestionar sosteniblemente los bosques).

Diversos estudios, por una parte, han permitido contar con estrategias para el aprovechamiento de los HCS en comunidades rurales del Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca (APFFNT). Al respecto, los habitantes de las comunidades estudiadas muestran gran conocimiento tradicional sobre las especies, su hábitat, fenología y estrategias de conservación, donde mencionan que las especies fúngicas son apreciadas debido a su aporte nutricional, medicinal y económico. En relación con el aprovechamiento, se han aislado cepas e inóculo de especies con alto potencial de cultivo como *Flammulina mexicana*, *Cordyceps* spp. y *Lyophyllum* spp. Para dichas especies ya se cuenta con la metodología para el cultivo experimental.

Por otra parte, también se ha evaluado la actividad antibacteriana y la concentración mínima inhibitoria de extractos acuosos, hexánicos, acetílicos

y metanólicos de especies de HCS como *Russula aff. brevipes*, *Boletus edulis* y *Helvella lacunosa*, los cuales han mostrado resultados satisfactorios. El presente capítulo muestra algunas estrategias que permiten fomentar el aprovechamiento de los HCS en el APFFNT desde las perspectivas biológica, ecológica, social y biotecnológica. Con su implementación, se pretende aportar, a los habitantes de las comunidades rurales, alternativas de obtención de recursos y la valoración de los HCS.

Los hongos forman parte fundamental de la biodiversidad de los ecosistemas forestales (Pérez-Moreno *et al.*, 2021). Son muy comunes en la naturaleza y se distribuyen en diversos ecosistemas, comunidades vegetales, zonas agrícolas y comunidades urbanas.

Su presencia es vital en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, ya que desempeñan diversas funciones ecológicas y fisiológicas. Por ejemplo, en su carácter de saprótrofos degradan los restos orgánicos, además de que las hifas que se desarrollan en el suelo modifican su permeabilidad y estructura. También proporcionan alimento a algunos vertebrados e invertebrados. Otros son hábitat de invertebrados, algas y otros hongos, o bien establecen asociaciones mutualistas con diversos organismos (Herrera y Ulloa, 1999). Aquellos micorrizógenos establecen una simbiosis que aporta nutrientes y agua a las plantas (Egli, 2011). Algunos son parásitos y controlan el tamaño de las poblaciones de plantas, insectos, arácnidos o hasta otros hongos, lo cual permite su utilización como controladores de plagas o vectores de enfermedades (Sung *et al.*, 2007; García-García *et al.*, 2008).

Los hongos, además de ser importantes por las funciones que desarrollan dentro de los ecosistemas, también influyen en las actividades humanas (Mueller *et al.*, 2004). Para el hombre, la recolecta de los cuerpos fructíferos ha sido popular desde tiempos remotos y en la actualidad son una fuente de alimento e ingresos en diversas regiones del planeta (Egli, 2011), con gran expansión en el ámbito comercial, lo que conduce a reflexionar sobre el posible daño ante la sobreexplotación del recurso fúngico.

Los HCS son recolectados durante la temporada de lluvias por “hongueros” que viven en zonas cercanas a los bosques y son utilizados principalmente como alimento, en la medicina tradicional, combustibles, lúdicos, cosméticos o en rituales (Montoya *et al.*, 2004).

Por lo anterior, se necesitan acciones de conservación de los hongos en las zonas boscosas, ya que su conocimiento se está perdiendo paulatinamente debido a la destrucción de los bosques y al proceso de transculturación

al que están siendo sometidos los grupos étnicos (Villarreal y Pérez-Moreno, 1989; Herrera y Ulloa, 1999; Burrola *et al.*, 2012).

### Conocimiento etnomicológico como motor de la conservación y aprovechamiento de los HCS

México está posicionado como la segunda región biocultural más importante del planeta, debido a su alta diversidad biológica y cultural (Pérez-Moreno *et al.*, 2021). Esta riqueza biocultural es producto del legado de culturas ancestrales presentes en el país (Moreno-Fuentes y Garibay-Orijel, 2014), lo cual ha sido estudiado a partir del conocimiento tradicional.

El conocimiento micológico es considerado un conjunto de saberes adquiridos a lo largo del tiempo mediante la experiencia de los pobladores de una región (Martínez-Carrera *et al.*, 2005) y es tan importante que su estudio permite conocer la diversidad, ecología, usos y aprovechamiento de los hongos. En la actualidad, este conocimiento se está perdiendo, debido a diversos factores como la urbanización, migración y pérdida de los ecosistemas forestales (Burrola-Aguilar *et al.*, 2012).

En el APFFNT se ha registrado una alta diversidad fúngica mediante estudios ecológicos, taxonómicos y etnomicológicos. Franco-Maass y colaboradores (2012) describieron 77 especies de HCS en dicha zona, donde la mayor diversidad la presentan los basidiomicetos con 66 especies, y los ascomicetos con 11 especies, entre las que destacan los generos *Helvella* y *Morchella* que presentan alta importancia cultural.

López-Rodríguez (2014) registró el conocimiento tradicional de los hongos comestibles silvestres (HCS) de Temascaltepec, localidad que forma parte del Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca (APFFNT), donde menciona que los “hongueros” tienen un conocimiento ecológico profundo acerca de los hongos que crecen en los bosques aledaños a sus viviendas, ya que designan al menos un nombre común a los hongos comestibles, y éstos los aprovechan como “alimento sano” para autoconsumo o comercialización en mercados o tianguis.

Martínez-Hernández y colaboradores (2019) registraron las especies de HCS y su conocimiento tradicional en la localidad Agua Blanca dentro del APFFNT, con 57 especies. En este poblado, los hongos recolectados forman parte de la dieta y de la comercialización en los mercados como actividad complementaria para su sustento económico.



El estudio etnomicológico de los hongos permite conocer y preservar la biodiversidad cultural, así como vislumbrar estrategias de conservación y aprovechamiento de estos recursos forestales no maderables. Es importante considerar que el APFFNT presenta vulnerabilidad debido a fuerzas internas y externas de carácter ambiental, social, económico y cultural. Por lo que con el saber tradicional se pretende conocer las especies fúngicas con importancia cultural, el aprovechamiento que le dan a estos recursos e identificar los factores ambientales y sociales que perturban los ecosistemas forestales (Jasso-Arriaga *et al.*, 2019).

### **Aprovechamiento de hongos comestibles silvestres**

La importancia de los hongos, en términos de conservación, biodiversidad, salud de los bosques y materia prima para la producción de farmacéuticos, químicos y biotecnólogos (Burrola-Aguilar *et al.*, 2018), ha aumentado la demanda de este recurso; sin embargo, no todas las regiones en donde se encuentran cuentan con un manejo adecuado.

El aprovechamiento de los HCS en México se lleva a cabo de manera tradicional, es decir, que las personas que viven en las zonas boscosas son quienes recolectan, lo que constituye una actividad productiva estacional. Dicho uso está íntimamente ligado al conocimiento sobre los hongos que tienen las etnias y comunidades campesinas, el cual puede incluso estar relacionado con los sistemas de clasificación tradicional, sus relaciones ecológicas y propiedades como elementos de la naturaleza (Villarreal y Gómez, 1997; Franco-Mass *et al.*, 2012).

Se considera que este tipo de aprovechamiento de hongos mantiene un equilibrio con los ecosistemas, ya que la cantidad que se extrae sólo se utiliza para satisfacer las necesidades inmediatas y elementales de las personas, además de que el proceso productivo es artesanal, poco tecnificado y fundamentalmente la actividad tiene un sentido familiar o comunitario (Toledo *et al.*, 1985). A pesar de ello, en los últimos años, en la región del APFFNT, se ha incrementado la explotación de los HCS, lo cual puede tener un impacto ecológico severo si se permite la sobreexplotación (Franco-Maass *et al.*, 2012).

Por lo que “de no implementarse un programa nacional de uso sustentable del bosque, que incluya a los hongos como parte del manejo de multirecursos, podría propiciarse la sobreexplotación o explotación inadecuada de las especies con alto valor comercial. Esto tendría un impacto

ecológico y socioeconómico severo, debido a la alteración de la tasa de recuperación natural de las poblaciones” (Villarreal-Ruiz, 1996: 18).

En este contexto, también la modificación de los patrones tradicionales de uso del recurso pueden cambiar los hábitos de los recolectores y revertir el esquema de apropiación tradicional de la naturaleza (Villarreal y Pérez-Moreno, 1989). Este aspecto requiere la implementación de cooperativas que regulen la recolección y los procesos de comercialización.

Existen algunas estrategias que pueden implementarse para aprovechar y conservar los recursos fúngicos, muchos de los cuales tienen gran importancia para las personas que habitan las zonas boscosas, quienes los usan como parte de sus actividades cotidianas y de sobrevivencia. Entre estas estrategias se distinguen aquellas relacionadas con el cultivo de hongos *ex situ* e *in situ* (de acuerdo con su condición ecológica), así como la obtención de alimentos funcionales y compuestos bioactivos.

### **Conservación *ex situ*: cultivo de hongos comestibles silvestres**

De acuerdo con Boa (2005) existen 92 especies de hongos comestibles silvestres y medicinales que pueden llegar a ser cultivados. En la actualidad, se están desarrollando estudios enfocados en la optimización de los parámetros de cultivo que permitan sembrar nuevas especies de HCS y con ello obtener cuerpos fructíferos para consumo humano con propiedades nutricionales y medicinales (Uhart, Piscera y Albertó, 2008).

El uso de cepas silvestres y nativas de la región resalta el potencial genético, con el empleo de germoplasma de especies de importancia cultural. Con lo cual se promueve una mayor demanda e interés por el consumo de hongos, permitiendo satisfacer el desarrollo y las necesidades comunitarias. Además de aprovechar los recursos locales, como los desechos agrícolas, forestales o agroindustriales y condiciones ambientales específicas que requiere cada especie. Dicha implementación permite reducir la dependencia de cepas extranjeras, diversificar el número de especies ya cultivadas, desarrollar métodos novedosos de cultivo a partir de la tecnología que se tenga disponible y obtener alimentos con alto valor nutritivo, con propiedades funcionales y medicinales.

El cultivo de HCS contribuye al resguardo del germoplasma y a la conservación de especies, no sólo de interés comercial, sino también de importancia ecológica (Morales *et al.*, 2010; Mata y Savoie, 2012). Para el cultivo

de hongos existen dos vertientes dependiendo de su condición ecológica, ya sea micorrizógena o saprótrofa. En cuanto al cultivo de hongos micorrizógenos, se han obtenido cuerpos fructíferos a partir de la inoculación directa en campo o con el uso de plantas micorrizadas, como es el caso de *Tuber*, *Tricholoma* y *Lactarius*, lo que propicia la conservación forestal (Alvarado-Castillo, Mata y Benítez-Badillo, 2015). En el caso del cultivo de hongos saprótrofos, éste se realiza en condiciones controladas en invernadero sobre diferentes residuos agrícolas, forestales y agroindustriales.

### **Conservación *in situ* (especies micorrizógenas)**

Alrededor del mundo, muchos hongos se encuentran formando asociaciones simbióticas con 95 % de las plantas terrestres, acuáticas o epífitas, dicha asociación es indispensable para el establecimiento y crecimiento de las plantas y, por lo tanto, para el mantenimiento de los ecosistemas (Tedersoo, Way y Smith, 2010; Garibay-Orijel *et al.*, 2013). Al formarse esta simbiosis, ambos participantes se benefician, las plantas obtienen agua y nutrientes de difícil acceso, y además las protegen de patógenos radiculares, por su parte los hongos reciben carbohidratos, aminoácidos y otros compuestos derivados del metabolismo de las plantas, lo cual promueve a que completen su ciclo de vida (Camargo-Rigalde *et al.*, 2012).

Se reconocen siete tipos de simbiosis micorrízica que incluyen la arbuscular, ectomicorriza, ectendomicorriza, arbutoide, monotropoide, ericoide y de orquídeas (Smith y Read, 1997). La micorriza arbuscular y la ectomicorriza son las más extendidas, esta última considerada una de las más importantes desde el punto de vista ecológico y biogeográfico (Pérez-Moreno y Read, 2004), ya que es la que se encuentra en los bosques de zonas templadas y boreales de todo el mundo (Horton y Bruns, 2001), influyendo en la productividad, el restablecimiento de la vegetación, la dinámica y sucesión de las comunidades de plantas, en la estabilidad del hábitat, así como también se ha demostrado que optimizan el crecimiento de los árboles y benefician diferencialmente el crecimiento de las plántulas (Bonfante y Genre, 2010).

En los bosques, los sistemas radiculares de las plantas se conectan por el micelio de los hongos formando una extensa red que permite el intercambio de azúcares y nutrientes entre las distintas especies vegetales que habitan en el ecosistema, facilitando el establecimiento de plántulas nuevas y permitiendo su crecimiento (Pérez-Moreno y Read, 2004).

A la fecha, se han descrito 7 mil 950 especies de hongos ectomicorrizógenos pertenecientes a los Phyla Ascomycota y Basidiomycota, aunque se estima que existen entre 20 mil y 25 mil especies (Comandini *et al.*, 2012), muchas de las cuales además tienen importancia comestible y medicinal, lo que da un valor extra al estudio, cuidado y preservación tanto de las micorrizas como de los ecosistemas que albergan esta simbiosis.

Los estudios de hongos ectomicorrizógenos requieren del empleo de tres metodologías distintas para determinar la diversidad y correcta asociación de los hongos con su hospedero específico. Éstas son: la colecta de esporomas, la caracterización macro y microscópica de morfotipos ectomicorrizógenos y finalmente corroborar la identidad de los morfotipos por técnicas moleculares. De esta manera, al conocer la especificidad de la asociación árbol-hongo se pueden introducir estrategias de inoculación de plántulas en invernadero, que garanticen el establecimiento y sobrevivencia de las especies forestales en programas de reforestación y restauración de sitios degradados.

Las zonas boscosas del APFFNT tienen las condiciones ecológicas ideales para el establecimiento de la simbiosis ectomicorrizógena; sin embargo, ésta depende del grado de conservación que tengan los bosques, ya que las ectomicorrizas tienen una estrecha relación con las raíces de su árbol hospedero y con el suelo en el cual viven y se desarrollan, por lo que su distribución y abundancia se ve afectada por ambos factores, y un desequilibrio en el ecosistema por la actividad de los humanos pone en riesgo tan importante interacción hongo-planta que es vital para la vida en el planeta.

### **Valoración nutricional y medicinal de los HCS y la obtención de compuestos bioactivos**

Durante siglos, en muchas partes del mundo, los hongos silvestres han sido valorados como una fuente de alimento y medicina. En México, 350 especies de hongos silvestres son usados en la medicina tradicional de pueblos originarios para el tratamiento de más de 150 enfermedades (Bautista-González y Herrera-Campos, 2019).

Además, nutricionalmente, son una buena fuente de proteínas, fibra dietética, vitaminas y minerales, son bajos en grasas y en carbohidratos digeribles y no tienen colesterol (Toledo *et al.*, 1985). Aunado con su aporte nutricional, los hongos son una fuente de compuestos biológicamente activos con propiedades terapéuticas, tales como: polisacáridos (especialmente

$\beta$ -glucanos), proteínas, compuestos fenólicos, alcaloides, polisacáridos, esteroides, triterpenos, saponinas, lignanos, entre otros.

Los hongos, medicinalmente, pueden ser usados como “antimicrobianos, antifúngicos, antivirales, antiinflamatorios, antioxidantes, antihipertensivos, antitumorales, citostáticos, cardiotónicos, reductores de los niveles de colesterol y estimulantes del sistema inmunitario” (Brizuela *et al.*, 1998 y Pérez-Moreno *et al.*, 2010, en Bautista-González, 2013: 14), razón por la cual actualmente son considerados como alimentos funcionales, ya que, además de su efecto nutritivo, ayuda en las funciones del organismo, de modo que mejora el estado de salud o bienestar o reduce el riesgo de enfermedades (Sánchez y Royse, 2017).

En el APFNT se tiene el reporte de comestibilidad para 77 especies de hongos silvestres (Franco-Maass *et al.*, 2012), los cuales son usados para autoconsumo y venta en los mercados más cercanos a la zona, razón por la cual resulta primordial el estudio de las características nutricionales y propiedades medicinales que pudieran tener estas especies de hongos comestibles silvestres y considerar su aprovechamiento como una alternativa para el desarrollo regional, con el fin de enriquecer la dieta de los pobladores y ofrecer una alternativa terapéutica, “e integrar a las comunidades a mercados regionales, nacionales e internacionales. Esta alternativa de desarrollo depende en gran medida de que los conocimientos fúngicos locales se mantengan en el tiempo, al igual que la cultura del consumo de hongos silvestres” (Garibay-Orijel *et al.*, 2009; Bautista-González, 2013: 10).

## MÉTODOS

Debido a la diversidad de estrategias que se pueden desarrollar para el aprovechamiento de los hongos, en este capítulo se describen aquellos métodos relacionados con los aspectos de conocimiento tradicional y biotecnológicos, en estos últimos se incluyen el cultivo de especies saprobias y micorrizógenas, así como la obtención de compuestos bioactivos.

### Conocimiento tradicional

De acuerdo con información obtenida de la literatura (Franco-Maass *et al.*, 2012; López-Rodríguez, 2014; Jasso-Arriaga *et al.*, 2016; Martínez-Hernández *et al.*, 2019, entre otros), de entrevistas y recolecta en campo, se realiza un

listado de los hongos conocidos en el APFFNT, donde se describe su nomenclatura tradicional, hábito, uso y aprovechamiento a través de su cultivo y se destacan las especies con mayor importancia cultural.

La metodología de campo que se ha utilizado en los estudios en las diferentes localidades dentro del APFFNT se ha basado en la aplicación de entrevistas. Éstas se han dirigido a Sistemas Rurales Familiares (SRF), que consideran al núcleo familiar como la unidad de desarrollo de las actividades agrícolas y extragrícolas (Martínez-Carrera *et al.*, 2002). Los entrevistados (figura 1) se han seleccionado mediante el método de Bola de Nieve principalmente. Las entrevistas han sido informales y estructuradas, enfocadas al conocimiento micológico tradicional. Los cuestionarios presentan información sociodemográfica del informante, un listado libre de los hongos conocidos, preguntas sobre los parámetros ecológicos percibidos y preguntas sobre el aprovechamiento que le dan a este recurso. El listado libre se obtiene mediante una lista libre de 10 a 20 hongos. La importancia cultural se obtiene mediante la elaboración de una matriz de redes semánticas (Montoya, 2005; Burrola-Aguilar *et al.*, 2012).



**FIGURA 1**

**Entrevista a persona de la comunidad de San Mateo Almomoloa, Temascaltepec.**

**Entrevistadora: Lorena López Rodríguez. Fecha de la entrevista: 1 de junio de 2014**

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de Lorena López Rodríguez.

### Conservación *ex situ*

A partir de un muestreo dirigido en diferentes sitios de vegetación de *Abies religiosa* y *Abies religiosa-Pinus* spp., se recolectan los HCS dentro del APFFNT (figura 2).



**FIGURA 2**

#### Recolección de HCS en el APFFNT

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de José Jonathan Aguirre Zúñiga.

Los cuerpos fructíferos (figura 3) son caracterizados, herborizados y determinados taxonómicamente conforme a Franco-Maass y colaboradores (2012). Los hongos en fresco se llevan al laboratorio para el aislamiento y obtención de cepas.



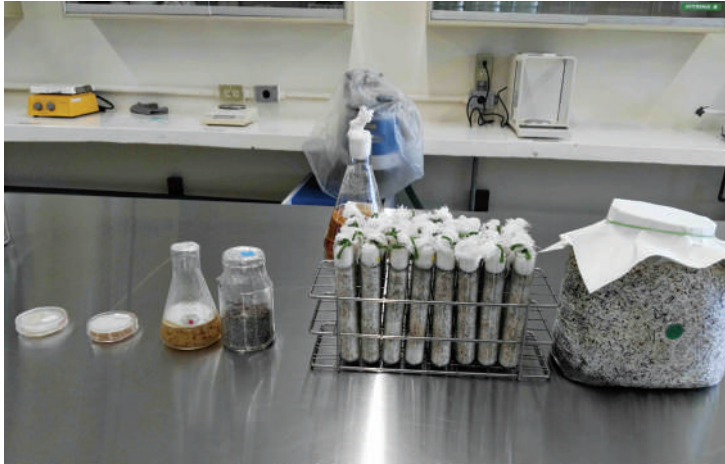
**FIGURA 3**

**Cuerpos fructíferos de *Flammulina mexicana* cultivados en laboratorio**

Fuente: Trabajo de laboratorio. Fotografía de Yolanda Arana Gabriel.

Las cepas se obtienen en medios generalistas: Agar Papa Dextrosa (PDA) y Agar Extracto Malta (EMA) (figura 4). Una vez obtenidas las cepas, se prueban diferentes medios comerciales y no convencionales para la evaluación de su desarrollo. Después se prepara el inóculo primario y secundario con granos de trigo siguiendo la metodología propuesta por Gaitán-Hernández (2006).





**FIGURA 4**

**Proceso de cultivo**

Fuente: Trabajo de laboratorio. Fotografía de Yolanda Arana Gabriel.

Para la inducción de fructificaciones se preparan sustratos como rastrojo de maíz, aserrín de maderas duras y paja de trigo. Los sustratos se hidratan al 70 % y se les adiciona 0.1 % de cal y 0.1 % de yeso. Se colocan dos kilos de sustrato en bolsas de polipapel y se esterilizan durante una hora a 121 °C y 15 lb de presión. Posteriormente se inoculan con 5 % (peso húmedo del sustrato) de inóculo secundario. Las bolsas se trasladan a un cuarto de incubación en ausencia de luz. Una vez invadidos los sustratos, las bolsas se ubican en un cuarto de fructificación donde se hacen intercambios de aire abriendo las puertas dos veces al día por una hora, con una intensidad de luz de 70-100 lux, temperatura de 18 °C y humedad relativa de 90-100 %.

**Conservación *in situ***

Este tipo de estudios se ha llevado en las zonas boscosas, mediante la implementación de cuadrantes de donde se han obtenido muestras de suelo. Esto con ayuda de una barrena, con la cual se toman los primeros 30 cm de suelo para la obtención de raíces, las cuales son transportadas al laboratorio para su evaluación (figura 5).



**FIGURA 5**  
**Plántula de *Abies religiosa* inoculada con HCS**

Fuente: Trabajo de laboratorio. Fotografía de Cristina Burrola Aguilar.

Las raíces son separadas del suelo con un tamiz con malla de 1 mm, se lavan con agua y se separan en cajas de Petri con agua destilada fría. Se observan bajo microscopio estereoscópico en búsqueda de ensanchamientos y cambios de coloración lo que indica la presencia de ectomicorrizas (figura 6).

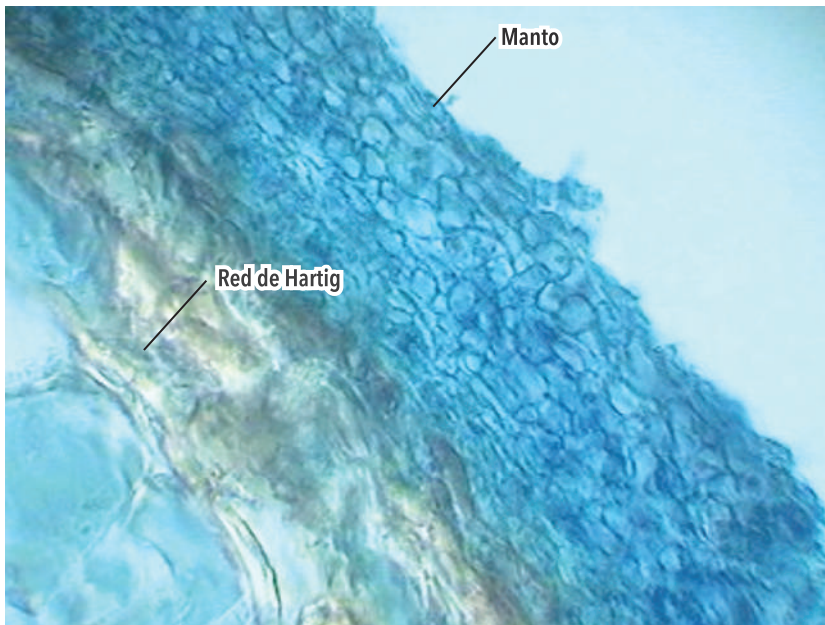


**FIGURA 6**  
**Ectomicorriza**

Fuente: Trabajo de laboratorio. Fotografía de Azucena González Morales.

Las raíces micorrizadas se seleccionan reconociendo su morfotipo (color, textura, tipo de ramificación) de acuerdo con Agerer (1991; 2001), Ingleby y colaboradores (1990) y DEEMY (2016).

El estudio microscópico, por una parte, se realiza sobre preparaciones de cortes transversales (figura 7) y longitudinales de sus puntas para identificar estructuras como la Red de Hartig, el manto interno y externo, hifas emergentes del manto, presencia de cistidios y la penetración de las hifas en las capas de las células de la raíz (Agerer, 1991). Por otra parte, se recomienda llevar a cabo el análisis molecular de las secuencias de las regiones ITS (por sus siglas en inglés, Internal Transcribed Spacer) para el reconocimiento de los taxones y la identificación de especies en un mismo género (Gardes y Bruns, 1993; Schoch *et al.*, 2012; Garibay-Orijel *et al.*, 2013).



**FIGURA 7**

**Corte transversal de micorriza mostrando el manto y la Red de Hartig**

Fuente: Trabajo de laboratorio. Fotografía de Azucena González Morales.

Para la inoculación de plántulas en invernadero, se prepara el inóculo a partir de esporas provenientes del secado de esporomas recolectados en la zona de estudio y adicionalmente se utiliza el inóculo comercial Ecto-Rhyza® elaborado a base de *Pisolithus tinctorius* y *Trichoderma harzianum* como testigo. Después de la inoculación, se evalúan las micorrízicas que consisten en la cuantificación de raíces ectomicorrizadas y en la medición de variables dasométricas como indicadores de crecimiento y desarrollo de las plántulas.

### Obtención de compuestos bioactivos

La identificación de compuestos bioactivos y la evaluación de su actividad antioxidante se adquieren a partir de extractos crudos. Éstos se logran a partir de esporomas deshidratados y molidos, micelio fresco obtenido de la fermentación en estado líquido y medio líquido agotado liofilizado. Los métodos de extracción son diversos, aunque el más común es a partir de maceración directa de una muestra de hongo (esporoma, micelio o medio líquido agotado) con el solvente a probar (polar o no polar) y partir de éste, se obtienen fracciones hasta encontrar los compuestos de interés farmacológico.

Para la determinación de compuestos bioactivos en los extractos obtenidos se realiza un ensayo preliminar micoquímico, el cual utiliza pruebas específicas para detectar alcaloides, fenoles, glucósidos cianogénicos, azúcares reductores, saponinas, taninos, quinonas, cumarinas, glicósidos cardiacos y sesquiterpenlactonas siguiendo el método fitoquímico de Domínguez (1988) modificado por Valencia del Toro y colaboradores (2008). Posteriormente los compuestos bioactivos se aíslan e identifican por métodos tradicionales de cromatografía en columna y resonancia magnética nuclear o bien por métodos más robustos como la cromatografía de líquidos acoplada a la espectrometría de masas (LC-MS) y la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) que detectan grupos químicos para la búsqueda e identificación de compuestos bioactivos con potencial medicinal.

La evaluación de la actividad antioxidante se realiza mediante el método de eliminación de la actividad de radicales libres en DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil). La actividad antimicrobiana se determina mediante el método de difusión en agar con discos de papel filtro siguiendo los procedimientos recomendados por el Laboratorio Internacional de Referencia:

Clinical Laboratory Standard Institute (CLSI). Adicionalmente, pueden emplearse los métodos de cilindro-placa (método de difusión en agar) y turbidimétrico, siguiendo el procedimiento propuesto por la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (FEUM).

También se puede evaluar la actividad anticancerígena en líneas celulares como la MDA-MB-231 de cáncer de mama. Esto poniendo en contacto el extracto crudo con los cultivos celulares y evaluando la viabilidad celular después de 16-24 h (Ma *et al.*, 2013).

### Conocimiento tradicional

En el APFFNT hasta el momento se ha registrado una diversidad de 108 especies fúngicas comestibles, las cuales al menos presentan un nombre común por especie de hongo (tabla 1). Los nombres algunas veces se mantienen en diferentes especies de un mismo género como es el ejemplo del “champiñón de monte”, nombre designado a diferentes especies del género *Agaricus*. Sin embargo, en algunos casos ocurre lo contrario, las personas han designado otros nombres a especies diferentes que pertenecen al mismo género, por ejemplo, los “gachupines”, los cuales presentan un adjetivo dependiendo de la especie: “gachupín café” a *Helvella compressa*, “gachupín blanco” a *Helvella crispa* y “gachupín negro” a *Helvella lacunosa*; esto indica que los hongos son bien diferenciados por sus características extrínsecas.

Los géneros o especies con mayor importancia cultural son *Lyophyllum* spp. (“clavitos”), *Agaricus* spp. (“champiñón de monte, juanitos, san juanero, cuije, güila”), *Amanita* sp. (“tecomate”), *Helvella* spp. (*Helvella* aff. *griseoalba*, *Helvella compressa*, *Helvella crispa*, *Helvella elastica*, *Helvella lacunosa*, *Helvella pithyophila* y *Helvella* spp.) (“gachupines”), *Gomphus* spp. (“cornetas o trompetas”), *Ramaria* spp. (“pata de pájaro”), *Morchella* spp. (“elotitos o mazorquitas”), *Infundibulicybe gibba* (“tejamaliner”) y *Boletus* spp. (“panzas o pancitas”). Estas especies presentan alta valoración debido a diferentes factores como su sabor, consistencia, valor nutricional y remuneración económica, ya que su venta forma parte de la economía familiar en temporada de lluvias.

**TABLA 1**  
**Diversidad fúngica, nomenclatura tradicional, hábito,**  
**uso antrópico e investigaciones sobre su cultivo**

Especie	Nombre común	Hábito	Uso antrópico	Investigación de su cultivo
<i>Agaricus cf. osecanus</i>	Champiñón de monte o cuije	S	C	
<i>Agaricus cf. subrutilescens</i>	Champiñón de monte o güila	S	C	
<i>Agaricus moelleri</i>	Güila o güilita	S	CT	
<i>Agaricus silvicola</i>	Champiñón de monte	S	C	
<i>Agaricus sp. 1</i>	Champiñón de monte, juanitos, san juanero, hongo blanco, cuije	S	C	
<i>Agaricus sp. 2</i>	Güila o güilita	S	C	
<i>Agaricus spp.</i>	Pipilas	S	C	
<i>Amanita caesarea s.l.</i>	Tecomate	EM	C/M	
<i>Amanita calyptroderma</i>	Tecomate	EM	C	
<i>Amanita flavoconia</i>	Yema	EM	CT	
<i>Amanita novinupta</i>	Manteco, mantequero, mantecoso o manteca	EM	C/M	
<i>Amanita rubescens</i>	Mantequero	EM	C	
<i>Apioperdon pyriforme</i>	Pedo	S	C	
<i>Boletus aff. aereus</i>	Pancita	EM	C	
<i>Boletus edulis s.l.</i>	Panza o cemita	EM	C	

Continuación de tabla 1

Especie	Nombre común	Hábito	Uso antrópico	Investigación de su cultivo
<i>Boletus sp.</i>	Panza azul	EM	C	
<i>Botryboletus appendiculatus</i>	Galambo	EM	C	
<i>Bovista aff. aestivalis</i>	Pedo de burro	S	C	CM
<i>Bovista aff. graveolens</i>	Pedo	S	C	
<i>Cantharellus subalbidus</i>	Calabacita, honguito amarillo, naranjo o calabaza	EM	C	
<i>Clavaria amethystina</i>	Pata de pájaro	EM	C	
<i>Clavariadelphus sp.</i>	Clarín, tambora o tripita de pollo	EM	C	
<i>Clavulina cf. rugosa</i>	Pata güera de pájaro o pata de ratón	EM	C	
<i>Climacocystis borealis</i>	Hongo de tronco	S	C	
<i>Clitocybe squamulosa</i>	Tejamanilero o copa	S	C	
<i>Flammulina mexicana</i>	Hongo de jara	S	C	CM/F
<i>Floccularia aff. luteovirens</i>	Flor de calabaza, durazno u hongo de yema	S	C	CM
<i>Gomphus sp. 1</i>	Corneta	EM	C	
<i>Gomphus sp. 2</i>	Corneta blanca	EM	C	
<i>Gomphus sp. 3</i>	Trompeta o corneta	EM	C	

Continuación de tabla 1

Especie	Nombre común	Hábito	Uso antrópico	Investigación de su cultivo
<i>Guepinia helvelloides</i>	Sebito	S	C	
<i>Gymnopus dryophilus</i>	Ocochalero	S	C	CM
<i>Gyromitra infula</i>	Pantalón o huevito de toro	EM	C	
<i>Hebeloma aff. birrus</i>	Clavo de oyamel	D	C	
<b><i>Helvella aff. griseoalba</i></b>	Gachupín	EM	C	
<b><i>Helvella compressa</i></b>	Gachupín café, cerillo, pata de pollo, gavilán	EM	C	
<b><i>Helvella crispa</i></b>	Gachupín, gachupín blanco	EM	C/M	
<b><i>Helvella elastica</i></b>	Oreja de ratón, gavilán	EM	C	
<b><i>Helvella lacunosa</i></b>	Gachupín, gachupín negro o moreno	EM	C/M	
<b><i>Helvella pithyophila</i></b>	Gachupín blanco	EM	C	
<b><i>Helvella sp. 1</i></b>	Gachupín café	EM	C	
<b><i>Helvella sp. 2</i></b>	Calavera	EM	C	
<i>Hericium sp.</i>	Hongo de venado o pata de venado	EM	C	
<i>Homophron spadiceum</i>	Clavo de oyamel	S	C	CM
<i>Hydnellum aff. scabrosum</i>	Hongo de venado café	EM	C	
<i>Hygrophorus aff. gliocyclus</i>	Hongo de lala	EM	C	



Continuación de tabla 1

Especie	Nombre común	Hábito	Uso antrópico	Investigación de su cultivo
<i>Hygrophorus chrysodon</i>	Palomita	EM	C	
<i>Hygrophorus eburneus</i>	Clavo blanco de oyamel	EM	C	
<i>Hygrophorus pudorinus</i>	Enchilados	EM	C	
<i>Hypsizygus marmoreus</i>	Clavo blanco de oyamel	S	C	
<i>Infundibulicybe</i> aff. <i>geotropa</i>	Señoritas	S	C	
<b><i>Infundibulicybe gibba</i></b>	Tejamalinerio	S	C/M	CM
<i>Inocybe</i> sp.	Palomita	S	CT	
<i>Laccaria trichodermophora</i>	Cocoyol, manzanito, manzanita, yocoyol o chocoyol	EM	C	
<i>Lactarius</i> cf. <i>sanguifluus</i>	Enchilado, enchilado de llano o enchilado de bosque	EM	C	
<i>Lactarius deterrimus</i>	Enchilado morado	EM	C	
<i>Lactarius luculentus</i>	Lechero	EM	C	
<i>Lactarius scrobiculatus</i>	Oreja amarilla	EM	C	
<i>Leucocybe connata</i>	Clavo	EM	C	
<i>Lycoperdon</i> aff. <i>pratense</i>	Terneritas	S	C	
<i>Lycoperdon excipuliforme</i>	Bolitas o ternera	S	C	

Continuación de tabla 1

Especie	Nombre común	Hábito	Uso antrópico	Investigación de su cultivo
<i>Lycoperdon perlatum</i>	Ternerita, bolita blanca, trueno, bombón, pedito o pedo	S	C/M	CM
<i>Lyophyllum decastes</i>	Clavo	EM	C	
<i>Lyophyllum aff. shimeji</i>	Clavo de llano, clavo de bosque, clavitos o enterrados	EM	C	CM/F
<i>Melanoleuca melaleuca</i>	Galleta, clavo o clavo de galleta	S	C	
<i>Morchella elata</i>	Elote, mazorquita, elotito, mazorquita	EM	C	
<i>Morchella esculenta</i>	Mazorquita	EM	C	
<i>Morchella sp.</i>	Elote, mazorquita, elotito, mazorquita	EM	C	
<i>Mycena leaiana</i>	Hongo de jara	S	C	
<i>Neoboletus aff. luridiformis</i>	Galambo, panza azul o panza loca	EM	C	
<i>Phaeoclavulina abietina</i>	Escoba, pata de pájaro amarilla	S	C	
<i>Phaeoclavulina aff. myceliosa</i>	Pata de pájaro	EM	C	
<i>Porphyrellus porphyrosporus</i>	Panza café	EM	C	
<i>Ramaria aff. rubribrunnescens</i>	Pata de pájaro grande	EM	C	
<i>Ramaria aff. sanguinea</i>	Pata de pájaro gruesa o pata de pájaro amarilla	EM	C	
<i>Ramaria apiculata</i>	Escobeta o pata de palo	S	C	

Continuación de tabla 1

Especie	Nombre común	Hábito	Uso antrópico	Investigación de su cultivo
<i>Ramaria aurantiisiccescens</i>	Pata de pájaro	EM	C	
<i>Ramaria aurea</i>	Pata rosita de pájaro	EM	C	
<i>Ramaria botrytis</i>	Pata morada de pájaro	EM	C	
<i>Ramaria flava</i>	Pata de pájaro	EM	C	
<i>Ramaria flavescens</i>	Pata de pájaro	EM	C	
<i>Ramaria formosa</i>	Pata de pájaro	EM	C	
<i>Ramaria</i> sp. 1	Pata amarilla de pájaro	D	C	
<i>Ramaria</i> sp. 2	Pata amarilla de pájaro	D	C	
<i>Ramaria</i> sp. 3	Pata amarilla de pájaro o pata de pájaro	D	C	
<i>Ramaria</i> sp. 4	Pata de pájaro café	D	C	
<i>Ramaria</i> sp. 5	Pata de pájaro morada	D	C	
<i>Ramaria</i> sp. 6	Pata rosa de pájaro, pata de pájaro o coliflor morada	D	C	
<i>Ramaria</i> sp. 7	Pata café de pájaro	D	C	
<i>Russula</i> aff. <i>betularum</i>	Manzanita	EM	CT	
<i>Russula americana</i>	Enchilado, durazno, catarina o ardilla	EM	C	
<i>Russula brevipes</i>	Orejas blancas, orejas	EM	C	
<i>Russula</i> cf. <i>chloroides</i>	Hongo oreja, oreja, oreja blanca	EM	C	
<i>Russula sanguinaria</i>	Hongo de amanalco	EM	C	
<i>Russula</i> sp.	Catarina o ardilla	EM	C	

Continuación de tabla 1

Especie	Nombre común	Hábito	Uso antrópico	Investigación de su cultivo
<i>Russula xerampelina</i>	Ardilla	EM	C	
<i>Sarcosphaera crassa</i>	Hongo de papa	EM	C	
<i>Sarcosphaera</i> sp.	Calavera	EM	C	
<i>Suillus</i> aff. <i>bovinus</i>	Panza de abuelita	EM	C	
<i>Suillus pseudobrevipes</i>	Pancita	EM	C	
<i>Suillus pungens</i>	Panza de coyote	EM	C	
<i>Tremellodendropsis tuberosa</i>	Escobeta		C	
<i>Tricholoma</i> aff. <i>bufonium</i>	Clavo cola de rata	EM	C	
<i>Tricholoma</i> aff. <i>populinum</i>	Julián	EM	C	
<i>Tricholoma equestre</i>	Azufre, colita de rata o pericón	EM	C	
<i>Tricholoma saponaceum</i>	Colita de rata o pericón	EM	C	
<i>Turbinellus floccosus</i>	Corneta, trompeta	EM	C	
<i>Turbinellus kauffmanii</i>	Corneta blanca	EM	C	

Elaboración propia

**\*Nota:** **Hábito:** **EM:** Ectomicorrizógeno; **S:** Saprobio; **D:** Desconocido. **Uso:** **C:** Comestible; **CT:** Comestible Tóxico; **M:** Medicinal. **Investigación de su cultivo:** **CM:** Cultivo micelial en medios sólidos; **F:** Estudios para obtener cuerpos fructíferos en sustratos artificiales. **Letras en verde:** indican especies con alta importancia cultural.

### Conservación *ex situ*

Los estudios sobre la conservación *ex situ* se han enfocado en el aislamiento de germoplasma, en éste se ha evaluado el crecimiento micelial y la biomasa para identificar especies susceptibles al cultivo. Las especies estudiadas en el APFFNT hasta el momento han sido *Bovista aestivalis*, *Infundibulicybe squamulosa* (nomenclatura actual: *Clitocybe squamulosa*), *Infundibulicybe gibba*, *Gymnopus dryophilus*, *Lycoperdon perlatum*, *Floccularia luteovirens*, *Psathyrella spadicea* (nomenclatura actual: *Homophrom spadiceum*), *Flammulina mexicana* y *Lyophyllum* sp. Todas las especies son utilizadas para venta o bien para autoconsumo; algunas de ellas como los clavitos y los tejamanileros se reportan dentro de las primeras especies con mayor importancia cultural. Además, poseen la característica de ser saprobias.

Cada una de las especies tiene diferentes requerimientos en cuanto a medios de cultivo, pH y temperatura para el desarrollo de micelio *in vitro*. *Bovista aestivalis*, *Infundibulicybe squamulosa*, *Infundibulicybe gibba*, *Gymnopus dryophilus* y *Lycoperdon perlatum* se desarrollan adecuadamente en medio agar de maíz y agar de acículas de pino. *Flammulina mexicana* en medio agar de maíz; *Lyophyllum* sp. en agar de extracto de malta; *F. luteovirens* en agar de agua de coco y *P. spadicea* en agar de papa dextrosa adicionado con levadura y peptona. Con una temperatura óptima de crecimiento de 18°C.

De las especies estudiadas, hasta el momento sólo se han logrado obtener cuerpos fructíferos de *Flammulina mexicana*. Este hongo se desarrolla en sustrato de rastrojo de maíz en un periodo máximo de 30 días y forma cuerpos fructíferos en una humedad relativa de 90-100 %, con luz continua (70-100 lux) y cambios de aire por una hora al día. Los hongos cosechados contienen 52.51 % de fibra y 17.68 % de proteína (Arana-Gabriel, 2018).

Al igual que el hongo de jara, las demás especies de HCS con característica de ser saprótrofos pueden ser cultivadas en granos de trigo o sorgo para la obtención de inóculo. Para la obtención de cuerpos fructíferos se pueden utilizar sustratos de fácil acceso y económicos como: el rastrojo de maíz o pajas de trigo, avena o cebada. Al estar trabajando con cepas provenientes de la misma región se pueden desarrollar en condiciones ambientales que no requieran de implementación de tecnología ni de infraestructura de difícil acceso y costos elevados.

### Conservación *in situ*

Entre los estudios que han evaluado la simbiosis ectomicorrízica en el APFFNT se encuentra el de Garibay-Orijel y colaboradores (2013), quienes caracterizaron morfológica y genéticamente las ectomicorrizas asociadas a *Pinus montezumae* en los bosques de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) que alberga al Nevado de Toluca, el muestreo se realizó entre los 3 mil 077-4 mil 073 msnm e incluyó los bosques de *Pinus montezumae* y *Pinus hartwegii* encontrando para todo el sistema 27 morfotipos, de los cuales 16 taxa son *Ascomycetes* y 11 *Basidiomycetes* siendo *Hebeloma* el género más representativo.

El bosque de *Pinus hartwegii* del Nevado de Toluca a una altitud de 3 mil 002 y 3 mil 849 msnm presenta una diversidad de 885 especies de hongos ectomicorrizógenos siendo *Russula* el género más abundante (Argüelles-Moyao y Garibay-Orijel, 2018). Recientemente Chávez-Aguilar y colaboradores (2020) evaluaron el almacén de carbono orgánico del suelo y su relación con la abundancia ectomicorrizógena bajo *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii* del APFFNT encontrando que las dos especies forestales tienen la misma capacidad para almacenar carbono orgánico. En este trabajo, se obtuvieron 21 morfotipos ectomicorrizógenos, cuya abundancia estuvo determinada por la especie forestal, siendo *Abies religiosa* la que alberga el mayor número de especies.

En relación con la inoculación de plántulas de dichas especies, se ha observado que el inóculo de *Russula* elaborado a partir de esporomas recolectados en la zona de estudio resultó más efectivo en comparación con el inóculo comercial, lo que puede ser el resultado de la afinidad natural entre *Russula* y las especies forestales del APFFNT (figura 3).

### Obtención de compuestos bioactivos

En la actualidad, se están realizando estudios sobre la composición química y la actividad biológica de diferentes especies de hongos silvestres del APFFNT, los resultados preliminares sugieren actividad antioxidante importante, actividad antimicrobiana frente a cepas de referencia de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* así como actividad anticancerosa en la línea celular de cáncer de mama MDA-MB-231, con porcentajes de viabilidad celular menores al 50% cuando los cultivos celulares de MDA-MB-231 son expuestos a extractos crudos de las diferentes especies de hongos silvestres estudiadas.

En otros lugares de México se tienen algunos estudios relacionados con la obtención de compuestos bioactivos. Álvarez-Parrilla y colaboradores (2007) evaluaron la concentración de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante de tres hongos silvestres (*Agaricus* sp., *Boletus* sp. y *Macrolepiota* sp.) y dos cepas comerciales de *Agaricus bisporus*, donde se ha encontrado una mayor concentración de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en hongos silvestres en comparación con los cultivados. Yahia y colaboradores (2017) evaluaron la actividad antioxidante de 17 especies de hongos silvestres del estado de Querétaro por el método DPPH encontrado actividad antioxidante considerable.

## CONCLUSIONES

Las áreas boscosas del APFFNT tienen las condiciones ecológicas ideales para el desarrollo de hongos comestibles silvestres que son usados para autoconsumo y venta por los pobladores de la zona. Ellos poseen un conocimiento profundo sobre aspectos de nomenclatura tradicional, ecología, uso y aprovechamiento de las diferentes especies, su valoración radica en sus características de sabor, consistencia o uso nutritivo, medicinal o económico.

Hasta el momento se ha registrado una alta diversidad de HCS, muchos de los cuales también son ectomicorrizógenos y pertenecen a los géneros *Hebeloma* y *Russula*, este último ha sido utilizado para inocular plántulas en condiciones de invernadero mostrando buena eficiencia de colonización y un mayor crecimiento en las plántulas. Por ello, se sugiere iniciar investigaciones de sobrevivencia de plántulas inoculadas con otras especies de alto valor cultural, así como realizar estudios para conocer las relaciones micorrizógenas específicas para desarrollar propuestas de restauración y reforestación e implementar programas de migración asistida de las especies forestales del área, que favorezcan su supervivencia ante el cambio climático global.

Además, las especies conservadas *ex situ* y cultivadas están relacionadas con su hábito saprofito y algunas presentan alta importancia cultural, por lo que el cultivo de nuevas especies nativas es una alternativa viable para la conservación y diversificación de las especies y para el uso de los recursos naturales con los que cuenta cada región.

Es fundamental que las investigaciones en este tema se enfoquen en la búsqueda de condiciones óptimas que permitan desarrollar cultivos de importancia local, en condiciones accesibles para beneficio de las personas

que llevan a cabo esta práctica. La integración de diversas estrategias ayuda a fomentar el aprovechamiento de los HCS en el APFFNT. Con esto se pretende aportar a los habitantes de las comunidades una alternativa de obtención y valoración de estos PFNM.

## REFERENCIAS

- Agerer, R. (1991). "Characterization of ectomycorrhiza", *Methods in Microbiology*, vol. 23, pp. 25-73.
- Agerer, R. (2001). "Exploration types of ectomycorrhizae", *Mycorrhiza*, vol. 11, núm. 2, pp. 107-114.
- Alvarado-Castillo, G., G. Mata y G. Benítez-Badillo (2015). "Importancia de la domesticación en la conservación de los hongos comestibles silvestres en México", *Bosque*, vol. 36, núm. 2, pp. 151-161.
- Álvarez Parrilla, E., L. A. de la Rosa, N. R. Martínez y G. A. González-Aguilar (2007). "Total phenols and antioxidant activity of commercial and wild mushrooms from Chihuahua. México", *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, vol. 5, núm. 5, pp. 329-334.
- Arana-Gabriel, Y. (2018). *Cultivo experimental de hongos comestibles silvestres: Flammulina mexicana y Lyophyllum secc. Difformia*. Toluca, Estado de México. (Tesis de doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales). Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Argüelles-Moyao, A. y R. Garibay Orijel (2018). "Ectomycorrhizal fungal communities in high mountain conifer forest in central Mexico and their potential use in the assisted migration of *Abies religiosa*", *Mycorrhiza*, vol. 28, núms. 5-6, pp. 509-521.
- Bautista-González, J. A. (2013). *Conocimiento tradicional de hongos medicinales en seis localidades diferentes del país* (tesis de licenciatura en Biología). Toluca: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bautista-González, J.A. y M.A. Herrera-Campos (2019). "Hongos y líquenes en la medicina tradicional mexicana", *Arqueología mexicana*, núm. 87, pp. 62-65.
- Boa, E. (2005), *Los hongos comestibles silvestres. Perspectiva global de su uso e importancia para la población*. Roma: FAO
- Bonfante, P. y A. Genre (2010). "Mechanisms underlying beneficial plant-fungus interactions in mycorrhizal symbiosis", *Nature Communications*, vol. 1, núm. 4, pp. 1-11.



- Burrola-Aguilar, C., O. Montiel, R. Garibay-Orijel y L. Zizumbo-Villarreal (2012). “Conocimiento tradicional y aprovechamiento de los hongos comestibles silvestres en la región de Amanalco, Estado de México”, *Revista Mexicana de Micología*, vol. 35, pp. 01-16.
- Burrola-Aguilar, C., C. Zepeda-Gómez y M. E. Estrada-Zúñiga (octubre 2018). “Estrategias de aprovechamiento de hongos comestibles silvestres en comunidades rurales del Estado de México”, en R. Medel-Ortiz (presidencia) “Por una micología integral” XII Congreso Nacional de Micología, Xalapa, Veracruz.
- Camargo-Ricalde, S.L., N. M. Montaña, C.J. de la Rosa-Mera y S. A. Montaña-Arias (2012). “Micorrizas: una gran unión debajo del suelo”, *Revista Digital Universitaria*, vol. 13, núm. 7, pp. 1067-6079.
- Chávez-Aguilar, G., C. Burrola-Aguilar, A. González-Morales y M. Pérez-Suárez (2020). “Almacén de carbono orgánico del suelo y abundancia ectomicorrízica bajo dos especies de coníferas en el Nevado de Toluca, México”, *Agro Productividad*, vol. 13, núm. 1, pp. 75-82.
- Comandani, O., A. C. Rinaldi, y T.W. Kuyper (2012). “Measuring and estimating ectomycorrhizal fungal diversity: A continuous challenge”, en M. Pagano (ed.), *Mycorrhiza: Occurrence in Natural and restored environment*. Nova Science Publishers, Inc.: UK, pp. 165-200.
- DEEMY, Determination of Ectomycorrhizae (2016). “Characterization and determination of Ectomycorrhizae”, en Ludwig-Maximilians-Universität München, Dept. Biologie I-Systematische Mykologie. Recuperado de <http://www.deemy.de/>, consultado el 4 de abril de 2022.
- DOF, *Diario Oficial de la Federación* (2013). DECRETO que reforma, deroga y adiciona diversas disposiciones del diverso publicado el 25 de enero de 1936, por el que se declaró Parque Nacional la montaña denominada “Nevado de Toluca” que fue modificado por el diverso publicado el 19 de febrero de 1937. Recuperado de [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5315889&fecha=01/10/2013#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5315889&fecha=01/10/2013#gsc.tab=0), consultado el 22 de mayo de 2022.
- Domínguez, A. X. (1988), *Métodos de investigación fitoquímica*. Ciudad de México: Limusa.
- Egli, S. (2011). “Mycorrhizal mushrooms diversity and productivity -an indicator of forest health?”, *Annals of Forest Science*, vol. 68, núm. 1, pp. 81-88.
- Franco-Maass, S., C. Burrola-Aguilar y Y. Arana-Gabriel (2012). *Hongos comestibles silvestres: Un recurso forestal no maderable del Nevado de Toluca*. Ciudad de México, México: Ediciones y Gráficos Eón.

- Gaitán-Hernández, R., D. Salmones, M. R. Pérez y G. Mata (2006). *Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción*. México Veracruz, Xalapa: Instituto de Ecología A.C.
- García-García, M.A., S. Cappello-García, J. M. Leshner-Gordillo y R. F. Molina-Martínez (2008). “Hongos entomopatógenos como una alternativa en el control biológico”, *Kuxulkab*, vol. 15, núm. 27, pp. 25-28.
- Gardes, M. y T. D. Bruns, (1993). “ITS primers with enhanced specificity for Basidiomycetes application to the identification of mycorrhizae and rusts, molecular”, *Ecology*, vol. 2, núm. 2, pp. 113-118.
- Garibay-Orijel, R., M. Martínez-Ramos y J. Cifuentes (2009). “Disponibilidad de esporomas de hongos comestibles en los bosques de pino-encino de Ixtlán de Juárez, Oaxaca”, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 80, núm. 2, pp. 521-534.
- Garibay-Orijel, R., E. Morales-Marañón, M. Domínguez-Gutiérrez y A. Flores-García (2013). “Caracterización morfológica y genética de las ectomicorrizas formadas entre *Pinus montezumae* y los hongos presentes en los bancos de esporas en la Faja Volcánica Transmexicana”, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 84, núm. 1, pp. 153-169.
- Guillamón, S., A. García-Lafuente y M. Lozano (2010). “Edible mushrooms: role in the prevention of cardiovascular diseases”, *Fitoterapia*, vol. 81, núm. 7, pp. 715-723.
- Herrera, T. y M. Ulloa (1999). *El reino de los hongos. Micología básica y aplicada*. México, Fondo de Cultura Económica-Universidad Nacional Autónoma de México.
- Horton, T. R. y T.D. Bruns (2001). “The molecular revolution in ectomycorrhiza ecology: peeking into the black-box”, *Molecular Ecology*, vol. 10, núm. 8, pp. 1855-1871.
- Ingleby, K., P. A. Mason, F.T. Last y L. V. Fleming (1990). *Identification of ectomycorrhizas*. Londres: Institute of Terrestrial Ecology.
- Jasso-Arriaga, X., A.R. Martínez-Campos y E. J. Dorantes-Coronado (2019). “Más allá de la comercialización de hongos comestibles silvestres en la comunidad de San Antonio Acahualco, México”, *Agroproductividad*, vol. 12, núm. 5, pp. 167-195.
- Jasso-Arriaga, X., A.R. Martínez-Campos, Y. A. Gheno-Heredia y C. Chávez-Mejía (2016). “Conocimiento tradicional y vulnerabilidad de hongos comestibles en un ejido dentro de un área natural protegida”, *Polibotánica*, vol. 42, núm 9, pp. 167-195.

- López-Rodríguez, L. (2014). *Estudio etnomicológico del “Santuario del agua, presa Corral de Piedra”, Parque Estatal del Estado de México* (tesis de licenciatura en Biología), Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Ma, L., H. Chen y P. Dong (2013). “Anti-inflammatory and anticancer activities of extracts and compounds from the mushroom *Inonotus obliquus*”, *Food Chemistry*, vol. 139, núms. 1-4, pp. pp. 503-508.
- Martínez-Carrera, D., P. Morales, E. Pellicer-González, H. León, A. Aguilar, P. Ramírez, P. Ortega, A. Largo, M. Bonilla y M. Gómez (2002). “Studies on the traditional management and processing of matsutake mushrooms in Oaxaca, Mexico”, *Micología Aplicada Internacional*, vol. 14, núm. 2, pp. 25-42.
- Martínez-Carrera, D., D. Nava, M. Sobal, M. Bonilla y Y. Mayett (2005). “Marketing channels for wild and cultivated edible mushrooms in developing countries, the case of Mexico”, *Micología Neotropical Aplicada*, vol. 17, núm. 2, pp. 9-20.
- Martínez-Hernández, J., M.G. Valdés-Piña, C.M. Arriaga-Jordán, B. Albarrán-Portillo, y J. Estrada-Flores (2019). “Recolección de hongos comestibles silvestres en el contexto del pastoreo de alta montaña en la localidad de Agua Blanca en el Nevado de Toluca, México”, *Agro Productividad*, vol. 12, núm. 5, pp. 17-23.
- Mata, G., y J.M. Savoie (2012). “*Agaricus subrufescens* un hongo comestible y medicinal de gran potencial en México”, en V. J. Sánchez y G. Mata (eds.) *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica, investigación y desarrollo en un entorno multicultural*, Ciudad de México, Inecol-Ecosur, p. 69-77.
- Montoya, A. (2005). *Aprovechamiento de los hongos comestibles silvestres comestibles en el Volcán La Malinche, Tlaxcala* (tesis de doctorado en Ciencias). Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Montoya, A., A. Kong, A. Estrada-Torres, J. Cifuentes y J. Caballero (2004). “Useful wild fungi of La Malinche National Park, Mexico”, *Fungal Diversity*, vol. 17, pp. 115-143.
- Morales, P. M. Sobal, M. Bonilla, W. Martínez, P. Ramírez-Carrasco, I. Tello, T. Spezzia, N. Lira, R. de Lima, S. Villa, E. Montiel y D. Martínez-Carrera (2010). “Los hongos comestibles silvestres en México: recursos genéticos, biotecnología, y desarrollo del sistema de producción-consumo”, en D. Martínez-Carrera, N. Curvetto, M. Sobal, P. Morales, V.M. Mora (eds.), *Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y perspectivas en el siglo XXI*. Puebla: Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-Colpos-UNS-Conacyt-UAEM-Upaep-Iminap, pp. 91-108.

- Moreno-Fuentes, A. y R. Garibay-Orijel (2014). “La etnomicología en México: una introducción al estado del arte”, en A. Moreno-Fuentes y R. Garibay-Orijel (eds.), *La etnomicología en México: estado del arte*. Pachuca, Hidalgo, México y D.F. Red de Etnoecología y Patrimonio Biocultural (Conacyt)-Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-Instituto de Biología (UNAM)-Sociedad Mexicana de Micología-Asociación Etnomicológica Mexicana A.C.-Grupo Interdisciplinario para el Desarrollo de la Etnomicología en México-Sociedad Latinoamericana de Etnomicología, p. 3-14.
- Mueller, G., G. Bills y M. Foster (2004). *Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods*. Londres: Elsevier Academic Press.
- ONU, Organización de las Naciones Unidas (2015). “Objetivos y Metas de Desarrollo Sostenible”. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>, consultado el 22 de mayo de 2022.
- Pérez-Moreno, J. y D.J. Read (2004). “Los hongos ectomicorrízicos, lazos vivientes que conectan y nutren a los árboles en la naturaleza”, *Interciencia*, vol. 29, núm. 5, pp. 239-247.
- Pérez-Moreno, J. A. Guerin-Laguette, A.C. Rinaldi, F. Yu, A. Verbeken, F. Hernández-Santiago y M. Martínez-Reyes (2021). “Edible mycorrhizal fungi of the world: What is their role in forest sustainability, food security, biocultural conservation and climate change?”, *Plants, People, Planet*, pp. 1-20.
- Sánchez, J.E. y D. J. Royse (2017). *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp.* México: Ecosur.
- Schoch, C.L., K. Seifert, S. Huhndorf, V. Robert, J.L. Spouge, C.A. Levesque y W. Chen (2012). “Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal ADN barcode marker for Fungi PNAS”, *Proceedings of the National Academy of Science*, vol. 109, núm. 16, pp. 6241-6246.
- Smith, S. E. y D.J. Read (1997). *Mycorrhizal symbiosis*. Nueva York: Academic Press.
- Sung, G.H., N.L. Hywel-Jones, J.M. Sung, J. J. Luangsa-ard, B. Shrestha y W. Spatafora (2007). “Phylogenetic classification of *Cordyceps* and the clavicipitaceous fungi”, *Studies in Mycology*, vol. 57, núm. 3, pp. 5-59.
- Tedersoo, L., T.W. Way y M.E. Smith (2010). “Ectomycorrhizal lifestyle in fungi: global diversity, distribution, and evolution of phylogenetic lineages”, *Mycorrhiza*, vol. 20, núm. 4, pp. 217-263.
- Toledo, V.M., J. Carabias, C. Mapes y C. Toledo (1985). *Ecología y autosuficiencia alimentaria*. Ciudad de México: Siglo XXI Editores.

- Uhart, M., J.M. Piscera y E. Albertó (2008). "Utilization of new naturally occurring strains and supplementation to improve the biological efficiency of the edible mushroom *Agrocybe cylindracea*", *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, vol. 35, núm. 6, pp. 595-602.
- Valencia del Toro, G., M.E. Garín-Aguilar, M.A. Téllez-Jaimes y E. Durán-Páramo. (2008). "Actividad antibacteriana de extractos hexánicos de cepas de *Pleurotus djamor*", *Revista Mexicana de Micología*, vol. 28, pp. 119-123.
- Villareal, L. y A. Gómez (1997). "Inventory and monitoring wild edible mushrooms in Mexico: Challenge and opportunity for sustainable development", en M.E. Palm y I.H. Chapela (eds.), *Mycology in sustainable development: Expanding Concepts Vanishing Borders* North Carolina: Parkway Publishers Inc. Boone, pp. 99-109.
- Villarreal, L. y J. Pérez-Moreno (1989). "Los hongos comestibles silvestres de México, un enfoque integral", *Micología Neotropical Aplicada*, vol. 2, pp. 77-114.
- Villarreal-Ruiz, L. (ed.) (1996). *Los hongos silvestres: componentes de la biodiversidad y alternativa para la sustentabilidad de los bosques templados de México*. Informe final, Proyecto-Conabio Co66. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México.
- Yahia, E.M., F. Gutiérrez-Orozco y M.A. Moreno-Pérez (2017). "Identification of phenolic compounds by liquid chromatography-mass spectrometry in seventeen species of wild mushrooms in Central Mexico and determination of their antioxidant activity and bioactive compounds", *Food Chemistry*, vol. 226, pp. 14-22.

## Capítulo 2

### Abundancia de hongos comestibles silvestres en ecosistemas forestales del Nevado de Toluca

Luis Antonio García Almaraz Rebeca Dennise Varo Rodríguez Alma Abigail Luna Gil  
Santiago Vázquez Lozada Sergio Franco Maass José Jonathan Aguirre Zúñiga

#### INTRODUCCIÓN

##### Ecosistemas forestales y recursos forestales no maderables

Los ecosistemas forestales albergan una gran riqueza de especies vegetales y animales, muchas de ellas endémicas; además, son proveedores de bienes y servicios ambientales como: captura de carbono, regulación del ciclo hidrológico y preservación de la biodiversidad de flora y fauna (Sarukhan *et al.*, 2008; López-Hernández *et al.*, 2017).

Asimismo, los bosques templados de México son grandes proveedores de agua al ser cabeceras de cuencas en zonas altas, ya que ocupan 77 de las 110 principales zonas de recarga de acuíferos (Arriaga, Aguilar y Alcocer, 2002). Éstas abastecen a más de 30 millones de personas en las áreas metropolitanas más grandes del país (INEGI, 2020).

Pese a la importancia de los bosques, existen diversas problemáticas asociadas con factores antrópicos y naturales, como son la deforestación, los incendios y el aumento de plagas y enfermedades, los cuales inciden en la reducción de la densidad de las masas y la disminución de las superficies forestales (Franco-Maass *et al.*, 2006); el cambio climático también provoca la pérdida de vigor en el arbolado (Sáenz-Romero *et al.*, 2020).

Tanto a escala global como local, los efectos del cambio climático y la variación en los regímenes de temperatura y precipitación alteran la dinámica y distribución de los bosques (Mukti, 2009), en particular las zonas montañosas alpinas y subalpinas son especialmente sensibles a estos cambios; algunas especies arbóreas presentes en estas áreas ya se han visto afectadas en su fisiología, fenología y distribución (Hughes, 2000). La conservación de los

bosques repercute en la calidad y cantidad de los servicios ecosistémicos que proveen.

Los recursos forestales no maderable (RFNM) son bienes de origen biológico distintos de la madera, procedentes de los bosques, otras áreas forestales, terrenos arbolados y de árboles situados fuera de los bosques (FAO, 1999 y 2008). Éstos constituyen una parte esencial de los medios de subsistencia de las comunidades locales (FAO, 2018).

En México, la Semarnat (2014) menciona que el aprovechamiento es de 70.5 mil toneladas de RFNM, además reporta que 62 % corresponde a tierra de monte; 19.1 % a plantas medicinales, hongos comestibles y arbustos, y 17.4 % a resinas. Franco-Maass y colaboradores (2012) calculan que en el Nevado de Toluca se extraen aproximadamente 17 toneladas de hongos por temporada; por lo anterior, la figura 1 muestra la colecta de hongos (*Ramaria aff. flava*, *Lactarius cf. sanguifluus*, *Turbinellus aff. floccosus* y *Cantharellus subalbidus*) en un bosque mixto del Nevado de Toluca. La recolección de hongos comestibles silvestres (HCS) por parte de las comunidades locales representa una alternativa para la obtención de alimentos e ingresos económicos por temporadas (Burrola-Aguilar *et al.*, 2012).



**FIGURA 1**

**Colecta de hongos comestibles silvestres en el bosque**

*(Ramaria aff. flava, Lactarius cf. sanguifluus, Turbinellus aff. floccosus y Cantharellus subalbidus)*

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de José Jonathan Aguirre Zúñiga.

A escala mundial, se registran cerca de 1.5 millones de hongos; en México se estima la presencia de 200 mil hongos con sólo 7 mil especies descritas (Guzmán, 1997). Los HCS crecen en los bosques de pino, encino y, principalmente, oyamel, en los que se ha registrado una mayor variedad y abundancia (Franco-Maass y Burrola, 2010). Sin embargo, los bosques están sujetos a numerosas perturbaciones que pueden afectar negativamente su salud y capacidad para proporcionar bienes y servicios, la principal causa es la pérdida de hábitat (Palma *et al.*, 2021).

### Importancia de los hongos comestibles silvestres

Considerando el factor ecológico, la asociación de hongos con las raíces de los árboles de coníferas y latifoliadas influye positivamente en la diversidad y el desarrollo vegetal (Andrade-Torres *et al.*, 2009; Lamus-Molina, 2015; Ignacio, 2020). Peterson y colaboradores (2004) reportan que la interacción es mayor en ecosistemas templados, como *Abies*, *Alnus*, *Betula*, *Fagus*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga* y *Quercus*.

Los hongos son agentes reguladores de la trayectoria y la velocidad de la sucesión vegetal e integradores de las poblaciones vegetales para el mantenimiento y crecimiento forestal (Carrillo-García *et al.*, 1999; Phillips *et al.*, 2013 y Solaiman y Mickan, 2014). Son considerados indicadores de la calidad del bosque (Egli, 2011 y Burrola-Aguilar *et al.*, 2012).

Se registran, por una parte, otros beneficios como la defensa ante otros agentes patógenos (parásitos, hongos patógenos y nematodos), el control en la absorción de metales pesados tóxicos, mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo y, con ello, una reducción en la erosión, así como un incremento en la capacidad de retención del agua (Ignacio, 2020).

Por otra parte, en lo sociocultural, los hongos son importantes por ser fuente de alimentación (nutricional) y de ingresos económicos; la colecta y consumo de HCS se establece en más de 80 países (Boa, 2004). México, después de China, ocupa el segundo lugar en importancia micológica y se reporta que el consumo es de aproximadamente 275 especies diferentes (Garibay-Orijel *et al.*, 2010).

En los bosques templados del Nevado de Toluca se registran 152 especies de hongos, incluidas aquellas que se encuentran amenazadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Boletus edulis*, *Morchella elata*, *Morchella angusticeps*, *Morchella conica* y *Psathyrella spadice* (Conanp, 2016).





**FIGURA 2**

**Hongos comestibles silvestres en Texcaltitlán, Estado de México**

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de José Jonathan Aguirre Zúñiga.

La colecta de HCS es una actividad productiva secundaria, cuya finalidad puede ser de autoconsumo, venta e intercambio en mercados y tianguis de la región (Burrola-Aguilar *et al.*, 2012). El 60 % de la recolecta se destina a la comercialización, el otro 40 % corresponde al autoconsumo (Boa, 2004). Particularmente en el Nevado de Toluca 64 % de las especies de HCS son utilizadas para el autoconsumo, 4 % exclusivamente para su comercio y 8 % con ambos propósitos (García-Almaraz, 2016).

El aprovechamiento de los hongos requiere del conocimiento tradicional, el cual ha perdurado en la memoria de los habitantes locales (Garibay-Orijel *et al.*, 2006). Es decir, la recolección requiere de habilidades con saberes biológicos y ecológicos para reconocer formas, ubicación, épocas de crecimiento, condiciones ecológicas y tipos de vegetación (Burrola-Aguilar *et al.*, 2012 y García-Almaraz, 2016).

Se reporta que la recolección que hacen los hombres está enfocada a especies de hongos más cotizadas, mientras que las mujeres colectan mayor

variedad en zonas accesibles del bosque (Garibay-Orijel *et al.*, 2012). García-Almaraz (2016) menciona que 50 % de la recolección es dirigida por los padres de familia. El precio de venta cambia entre especies, dependiendo del esfuerzo invertido (figura 3) (Burrola-Aguilar *et al.*, 2012). En el Nevado de Toluca oscilan precios que van desde \$20.00 hasta \$250.00 pesos por kilogramo, según la oferta del producto y demanda que se genere en el mercado (Anastacio-Martínez *et al.*, 2016).



**FIGURA 3**

**Venta de hongos a pie de carretera, Texcaltitlán, Estado de México**

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de José Jonathan Aguirre Zúñiga.

La extracción de HCS es una actividad familiar que beneficia a las comunidades locales, quienes juegan un papel clave en la conservación de los recursos naturales; no obstante, hay un desconocimiento de criterios para su aprovechamiento y manejo (Anastacio-Martínez *et al.*, 2016). La práctica adecuada durante la recolección ayuda a la proliferación y disponibilidad de

los HCS; por lo tanto, puede ser utilizada como herramienta para el desarrollo y conservación de la diversidad biológica y cultural.

## **METODOLOGÍA**

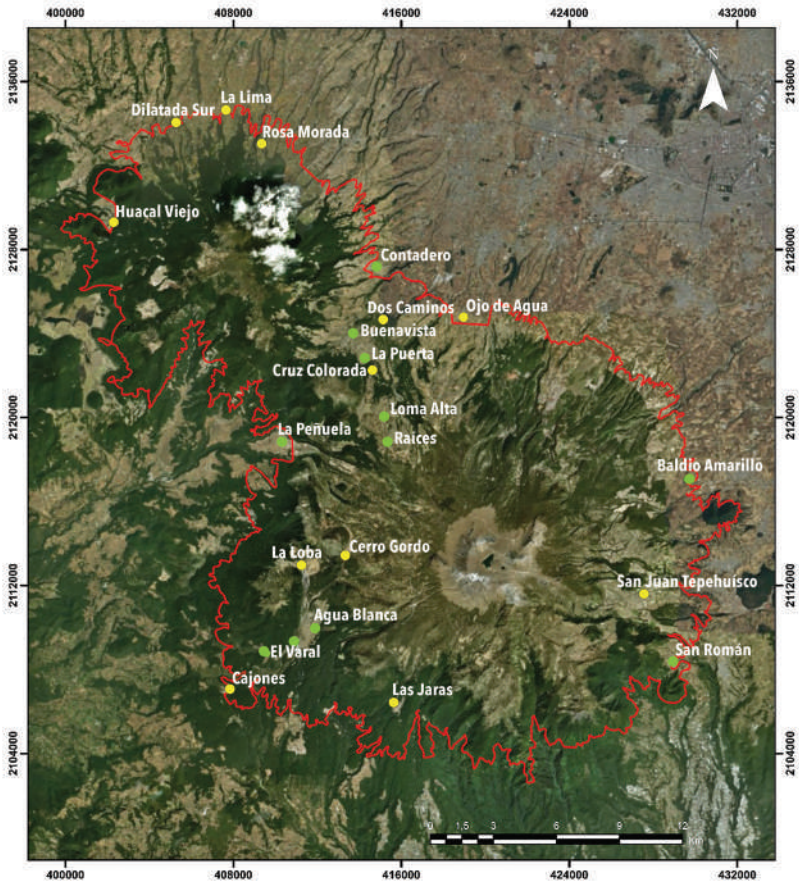
### **Área de estudio**


El Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) se localiza en el oriente del Estado de México (mapa 1), al sur de la ciudad de Toluca. Dentro del área se localiza el volcán Xinantécatl (4 mil 680 msnm), el cual forma el parteaguas de dos de las cuencas más grandes de México: Lerma-Chapala y el Balsas (Conanp, 2013). En el APFFNT se encuentran asentadas 23 localidades. Las principales actividades económicas son agropecuarias: cultivo de maíz, papa, haba, chícharo y avena forrajera, así como la crianza de ganado ovino (Conanp, 2016).

### **Vegetación**

Los principales ecosistemas dentro del APFFNT son *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa*, ocupan 66 % de la superficie (Conanp, 2016). Según Mejía-Canales (2018), el sotobosque presente en los bosques de pino está dominado por *Calamagrostis tolucensis*, *Agrostis tolucensis*, *Penstemon gentianoides*, *Lupinus montanus* y *Senecio cinerarioides*; en los bosques de oyamel abundan *Stevia monardifolia*, *Salvia gracilis*, *Sigesbeckia jorullensis*, *Roldana angulifolia* y *Cestrum anagyris*; y los bosques con menor ocupación (5 %) están representados por encino (*Quercus* spp.) y aile (*Alnus jorullensis*).

### MAPA 1 Área de estudio



<p><b>SIMBOLOGÍA</b></p> <p>Área de estudio</p> <ul style="list-style-type: none"><li>● Localidades seleccionadas</li><li>● Otras localidades</li><li>▭ Límite APFFNT</li></ul>	<p><b>Fuente de información cartográfica</b></p> <p>Sistema de coordenadas WGS1984 UTM Zona 14N Proyección: UTM (Universe Transverse Mercator) Datum: WGS 84 Fuente: Propia con metadatos RAN e imagen de satélite Fecha de elaboración: junio, 2021</p> 
---	--

Elaboración propia.

### **Recorridos de colecta**

Con base en datos de abundancia y distribución de especies de HCS, nombre común, coordenadas UTM y altitud (Franco-Maass *et al.*, 2012; García-Almaraz, 2016) se realizaron recorridos con informantes clave en nueve localidades del Nevado de Toluca.

### **Instalación de sitios temporales de muestreo (STM)**

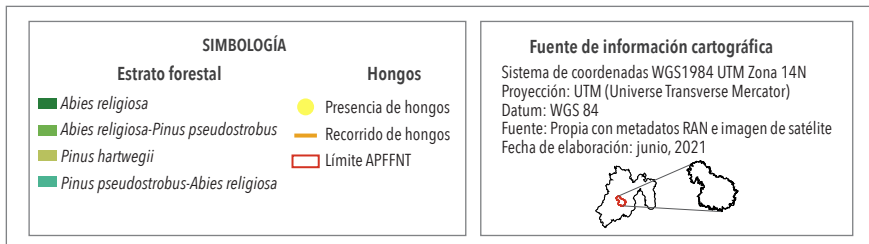
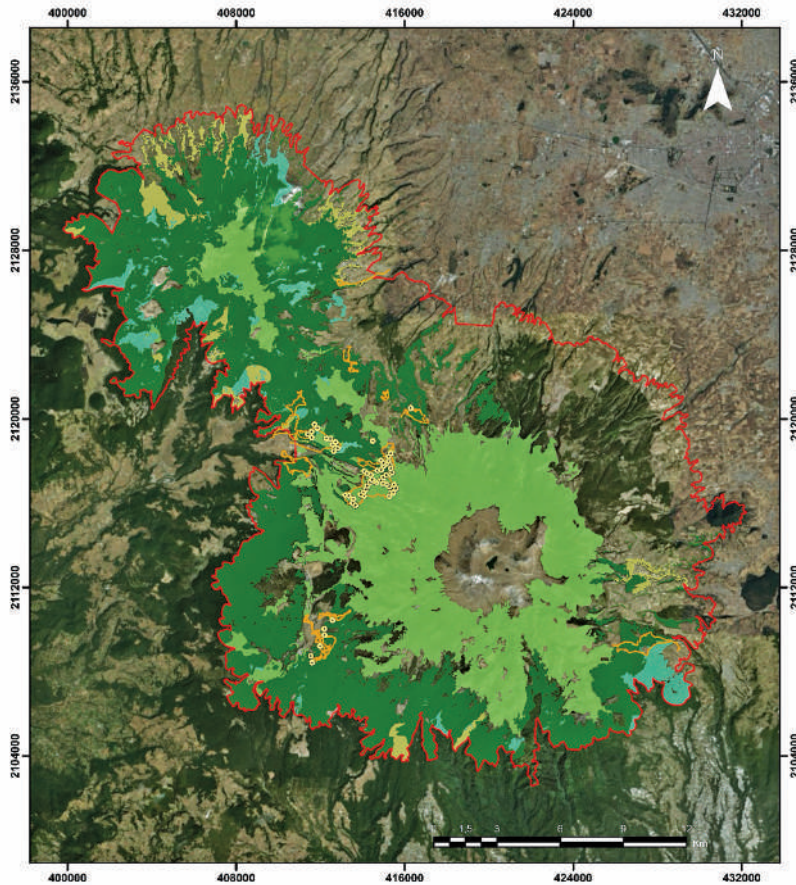
Los recorridos de campo permitieron identificar el tipo de bosque asociado (*Pinus hartwegii*, *Abies religiosa*, *Pinus pseudostrobus*-*Abies religiosa*, *Abies religiosa*-*Pinus pseudostrobus*) a la presencia de HCS; para ello, se instalaron 10 STM circulares de 0.1 ha (17.86 metros de radio) en cada ecosistema, bajo un muestreo estratificado aleatorio (Endara, 2007), donde se registró información general del sitio y variables dasonómicas del arbolado. La información de sitio considera: fecha, coordenadas, perturbaciones existentes, porcentaje de cobertura del estrato arbustivo y herbáceo. Las variables dasonómicas fueron: altura total y diámetro normal (DAP 1.3 metros).

## **RESULTADOS**

### **Recorridos de colecta**

Se realizaron 13 recorridos en nueve localidades (mapa 2), con una altitud promedio de 3 mil 265 msnm. La vegetación predominante es el bosque de oyamel. Durante los recorridos se identificaron 296 ejemplares de HCS.

**MAPA 2**  
Estrato arbóreo con presencia de hongos



Elaboración propia con base en Franco-Maass y colaboradores, 2016.

### Sitios temporales de muestreo

#### **Bosque de *Abies religiosa***

El bosque de oyamel tiene una densidad de 495 ind/ha, con 32 centímetros de DAP y 26 metros de altura promedio, lo que representa 22 % menos que lo reportado por Endara y colaboradores en 2013. Esto sugiere cierto grado de perturbación en este bosque. Aun así, la densidad del dosel propicia las condiciones de humedad para la presencia de musgo y HCS. En este ecosistema se reportan 78 especies (figura 4 y anexo 1).

#### **Bosque de *Pinus hartwegii***

El bosque de pino presenta una densidad baja en comparación al oyamel. Se reportaron 239 ind/ha con 29 cm DAP y 15 metros de altura promedio, esta densidad es 29 % menor a la reportada por Endara y colaboradores (2013), al igual que el bosque de oyamel, implica una mayor perturbación en este bosque. La apertura de claros en este ecosistema es fundamental para el rápido desarrollo de pastos y arbustos que aportan nitrógeno al suelo. Los restos vegetales del sotobosque componen la materia orgánica, fundamental para la presencia de 21 especies HCS, de los cuales 71 % son ectomicorrizógenos y el restante son sapróbios (figura 5 y anexo 1).

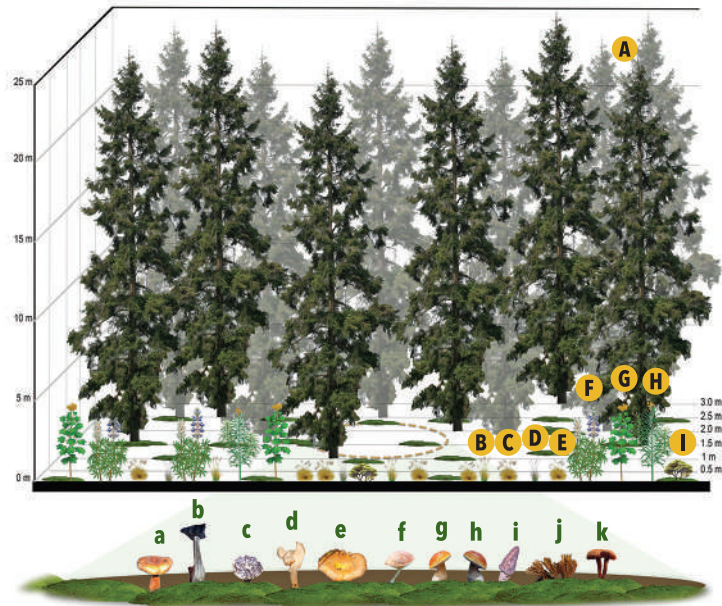
#### ***Pinus pseudostrobus*-*Abies religiosa***

Se observa una densidad de 199 ind/ha con 44 cm de DAP en *Pinus pseudostrobus* y 38 centímetros en *Abies religiosa*; la altura promedio es de 24 y 23 metros, respectivamente. En el estrato herbáceo se desarrolla *Alchemilla procumbens*, que por su forma biológica rastrera se extiende ampliamente en el suelo y forma un microambiente ideal para el desarrollo de los HCS; en este ecosistema se reportaron nueve especies de hongos (figura 6).

#### ***Abies religiosa*-*Pinus pseudostrobus***

Este bosque presenta una densidad de 184 ind/ha con 23 y 36 cm de DAP; de altura promedio, 14 metros en *Abies religiosa* y 17 m en *Pinus pseudostrobus*. En la zona se observaron senderos para realizar prácticas silviculturales como zanjas de infiltración, brechas cortafuego, recolección de leña, pastoreo y

agricultura de temporal; actividades que pueden influir en la abundancia de HCS; en este caso, se registraron tres especies (figura 7 y anexo 1).



- |                                   |                                       |   |                                      |
|-----------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------------------|
| <b>Estrato arbóreo</b>            | <b>E</b> <i>Munlenbergia macroua</i>  | <b>Diversidad de hongos</b>             | <b>g</b> <i>Boletus edulis</i>       |
| <b>A</b> <i>Abies religiosa</i>   |                                       | <b>a</b> <i>Lactarius sanguifluus</i>   | <b>h</b> <i>Boletus luridiformis</i> |
|                                   | <b>Estrato arbustivo</b>              | <b>b</b> <i>Helvella lacunosa</i>       | <b>i</b> <i>Morchella elata</i>      |
| <b>Estrato herbáceo</b>           | <b>F</b> <i>Lupinus montanus</i>      | <b>c</b> <i>Russula chloroides</i>      | <b>j</b> <i>Ramaria abietina</i>     |
| <b>B</b> <i>Festuca toluensis</i> | <b>G</b> <i>Roldana angulifolia</i>   | <b>d</b> <i>Helvella crispa</i>         | <b>k</b> <i>Laccaria laccata</i>     |
| <b>C</b> <i>C. toluensis</i>      | <b>H</b> <i>Senecio cinerarioides</i> | <b>e</b> <i>Cantharellus subalpidus</i> |                                      |
| <b>D</b> <i>Stipa ichu</i>        | <b>I</b> <i>Baccharis conferta</i>    | <b>f</b> <i>Clitocybe gibba</i>         |                                      |

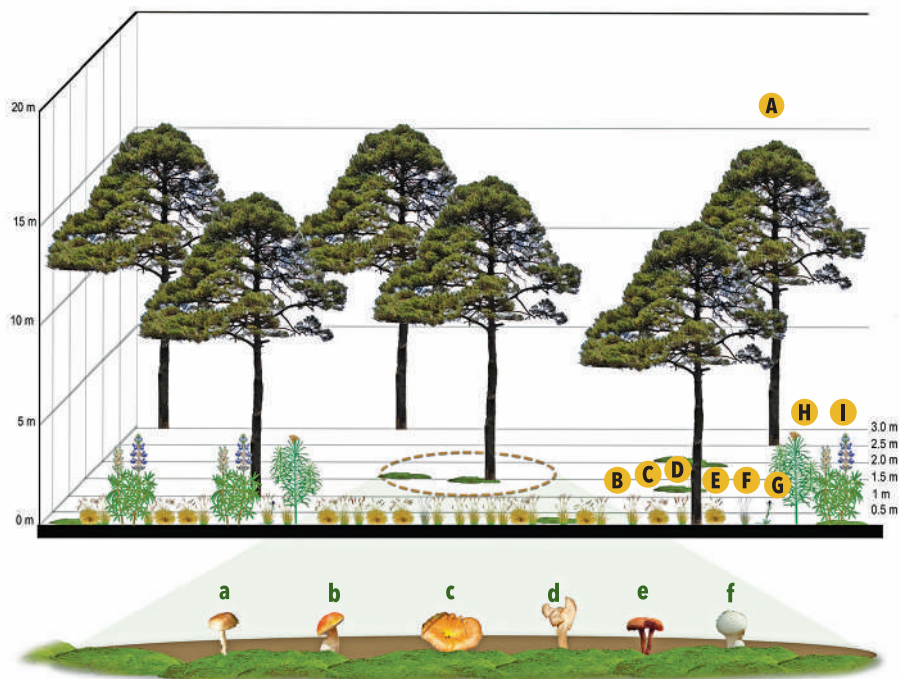
**FIGURA 4.**

**Perfil de *Abies religiosa***

Elaboración propia.

**\*Nota:** perfil que corresponde a 250 m<sup>2</sup> (25 × 10 m), presenta cobertura del musgo 40%, seguido del estrato herbáceo de 30%: clínd de *Calamagrostis toluensis* y *Muhlenbergia macroua* representa 10% de cobertura, *Festuca toluensis* y *Stipa ichu* 5%. Además, el estrato arbustivo (30%) con *Roldana angulifolia* y *Lupinus montanus* 10%, *Senecio cinerarioides* y *Baccharis conferta* 5%.





**Estrato arbóreo**

**A** *Pinus hartwegii*

**Estrato herbáceo**

- B** *Festuca toluensis*
- C** *Calamagrostis toluensis*
- D** *Agrostis toluensis*
- E** *Muhlenbergia macroura*
- F** *Stipa ichu*

**Estrato arbustivo**

- G** *Eryngium proteiflorum*
- H** *Senecio cinerarioides*
- I** *Agrostis toluensis*

**Diversidad de hongos**

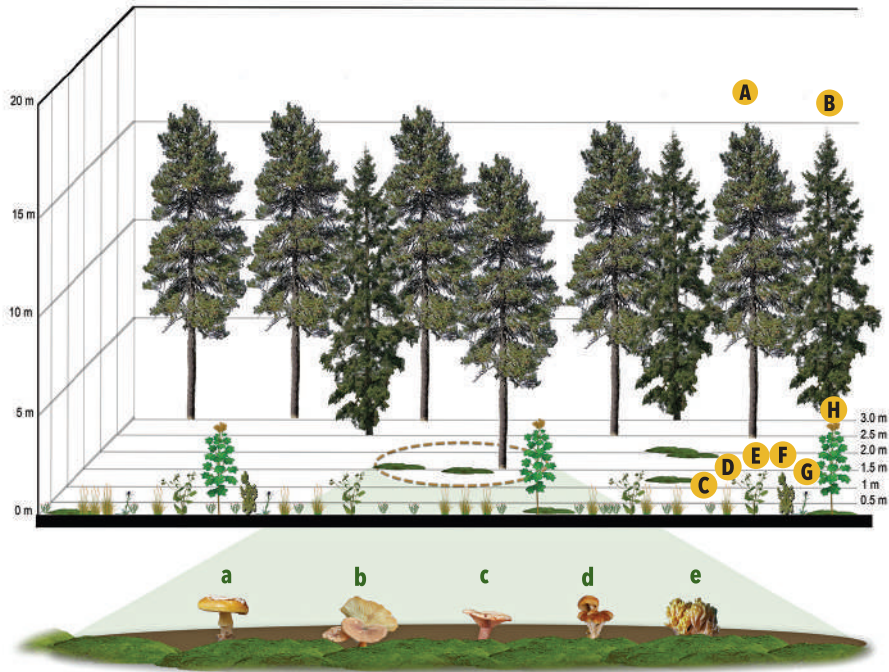
- a** *Lycoperdon perlatum*
- b** *Boletus edulis*
- c** *Cantharellus subalbidus*
- d** *Helvella crispa*
- e** *Laccaria laccata*
- f** *Lycoperdon perlatum*

**FIGURA 5**

**Perfil de *Pinus hartwegii***

Elaboración propia.

**\*Nota:** perfil que corresponde a 250 m<sup>2</sup> (25 × 10 m), la cobertura del estrato herbáceo de 75 %: c/individuo de *Calamagrostis toluensis* y *Muhlenbergia macroura* representa el 10 %, *Festuca toluensis*, *Agrostis toluensis* y *Stipa ichu* 5 %. En el estrato arbustivo (20 %): *Lupinus montanus* 10 %, *Eryngium proteiflorum* y *Senecio cinerarioides* 5 %. Cobertura del musgo 5 %.



**Estrato arbóreo**

**A** *Pinus pseudostrabus*

**B** *Abies religiosa*

**Estrato herbáceo**

**C** *Alchemilla procumbens*

**D** *Trisetum irazuense*

**E** *Sigesbeckia jorullensis*

**Estrato arbustivo**

**F** *Symphoricarpos microphyllus*

**G** *Eryngium proteiflorum*

**H** *Roldana angulifolia*

**Diversidad de hongos**

**a** *Amanita calyptroderma*

**b** *Clitocybe squamulosa*

**c** *Lactarius sanguifluus*

**d** *Psathyrella spadicea*

**e** *Ramaria flavia*

**FIGURA 6**

**Perfil de *Pinus pseudostrabus*-*Abies religiosa***

Elaboración propia.

**\*Nota:** perfil que corresponde a 250 m<sup>2</sup> (25 × 10 m), presenta cobertura herbácea de 70%: c/individuo de *Trisetum irazuense* representa 10% de cobertura de suelo, de *Alchemilla procumbens* 10% y de *Sigesbeckia jorullensis* 5%; mientras que de cobertura arbustiva (20%) se distribuye entre *Symphoricarpos microphyllus*, donde cada individuo representa 5%, *Eryngium proteiflorum* 5% y *Roldana angulifolia* 10%; además del 10% de cobertura por musgo.



**Estrato arbóreo**

**A** *Abies religiosa*

**B** *Pinus pseudostrabus*

**Estrato herbáceo**

**C** *Festuca toluensis*

**D** *C. toluensis*

**E** *Poa annua*

**Estrato arbustivo**

**F** *Ageratina glabrata*

**G** *Lupinus montanus*

**H** *Roldana angulifolia*

**I** *Symphoricarpos microphyllus*

**Diversidad de hongos**

**a** *Clitocybe gibba*

**b** *Helvella drispa*

**c** *Flammulina mexicana*

**FIGURA 7**

**Perfil de *Abies religiosa*- *Pinus pseudostrabus***

Elaboración propia.

\*Nota: perfil que corresponde a 250 m<sup>2</sup> (25 × 10 m): el estrato herbáceo cubre 30% de suelo (*Festuca toluensis* 5%; *Calamagrostis* sp. 10% y *Poa annua* 10%). La cobertura arbustiva cada individuo de *Ageratina glabrata* representa 10%, *Lupinus montanus* 10%, *Roldana angulifolia* 10% y *Symphoricarpos microphyllus* 5%; mientras que el musgo cubre 10% de suelo.

## CONCLUSIONES

El 64 % de las especies de HCS se desarrollan en el bosque de *Abies religiosa*, 29 % de los HCS comparten el hábitat de pino y oyamel; 4 % se establecen en bosques de *Pinus hartwegii* y 3 % pertenece a la asociación de *Pinus pseudostrobus-Abies religiosa*. La diversidad de HCS está asociada con las características ecológicas del bosque; en este caso, el microambiente que genera el dosel del bosque de oyamel permite una mayor humedad en el sotobosque en comparación con otros ecosistemas forestales.

La abundancia de HCS puede ser utilizada como un indicador del estado de conservación de los bosques; en particular, para los bosques de oyamel, ya que su fragmentación, producida por la extracción inmoderada del recurso forestal, influye directamente en la diversidad de PFNM en el estrato inferior del bosque. Por lo tanto, las prácticas silvícolas en el bosque de oyamel deberán ir enfocadas a la conservación del dosel, para garantizar la diversidad de los RFNM en el sotobosque.

## REFERENCIAS

- Anastacio-Martínez, N., S. Franco-Maass, E. Valtierra-Pacheco y G. Nava-Bernal (2016). "Aprovechamiento de productos forestales no maderables en los bosques de montaña alta, centro de México", *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 7, núm. 37, pp. 21-38.
- Andrade-Torres, A., O. Oros, O. Guzmán, M. Rodríguez, V. Sánchez y R. Solís (2009). "La interacción entre abetos y hongos", *La Ciencia y el Hombre*, vol. 22, núm. 2, pp. 39-44. Recuperado de <https://acortar.link/6ecdzg>, consultado el 22 de mayo 2022.
- Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer (2000). *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. México, D.F., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Boa, E. (2005). *Los hongos comestibles silvestres. Perspectiva global de su uso e importancia para la población*, serie 17, Productos forestales no madereros, Roma, FAO. Recuperado de <https://www.fao.org/3/y5489s/y5489s.pdf>, consultado el 22 de mayo de 2022.
- Burrola-Aguilar, C., O. Montiel, R. Garibay-Orijel y L. Zizumbo-Villarreal (2012). "Conocimiento tradicional y aprovechamiento de los hongos comestibles

- silvestres en la región de Amanalco, Estado de México”, *Revista Mexicana de Micología*, vol. 35, pp. 01-16.
- Carrillo-García, A., J. L. Leon de la Luz, Y. Bashan y G. J. Bethlenfalvay (1999). “Nurse plants, mycorrhizae, and plant establishment in a disturbed area of the Sonoran Desert”, *Restoration Ecology*, vol. 7, núm. 4, pp. 321-335.
- Conanp, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Semarnat, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2016). *Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca*, Ciudad de México: Semarnat. Recuperado de [https://simec.conanp.gob.mx/pdf\\_libro\\_pm/104\\_libro\\_pm.pdf](https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/104_libro_pm.pdf), consultado el 3 de abril de 2022.
- Egli, S. (2011). “Mycorrhizal mushrooms diversity and productivity -an indicator of forest health?”, *Annals of Forest Science*, vol. 68, núm. 1, pp. 81-88.
- Endara, A. R. (2007). *Estructura forestal de Pinus hartwegii en el Parque Nacional Nevado de Toluca*. (Tesis de maestría en Ciencias Agropecuarias y Rurales), Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Endara, A. R. (2013). “Analysis of Fragmentation Processes in High-Mountain Forests of the Centre of Mexico”, *American Journal of Plant Sciences*, vol. 4, núm. 03, pp. 697-704.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1999). “Hacia una definición uniforme de los productos forestales no madereros”, *Unasylva*, vol. 50, núm. 198, pp. 63-64.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2008). *Productos forestales no madereros*. Recuperado de [www.fao.org/forestry/site/6388/es](http://www.fao.org/forestry/site/6388/es), consultado el 22 de mayo de 2022.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile*. Recuperado de: <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>, consultado el 3 de abril de 2022.
- Franco-Maass, S., C. Burrola-Aguilar y Y. Arana-Gabriel (2012). *Hongos comestibles silvestres: un recurso forestal no maderable del Nevado de Toluca*. Ciudad de México: Ediciones y Gráficos Eón.
- Franco-Maass, S., H. H., Regil-García y J. A. B. Ordóñez-Díaz (2006). “Dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca”, *Madera y Bosques*, vol. 12, núm. 1, pp. 17-28.
- Franco-Maass, S., y C. Burrola-Aguilar (2010). *Los hongos comestibles del Nevado de Toluca*, Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.

- García-Almaraz, L. A. (2016). *Desarrollo de un modelo para la identificación de zonas de presión para la extracción de hongos comestibles mediante la aplicación de un sistema de información geográfica* (tesis de licenciatura en Geografía), Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Garibay-Orijel, R. (2006). *Análisis de la relación entre la disponibilidad del recurso fúngico y la importancia cultural de los hongos en los bosques de pino-encino de Ixtlán, Oaxaca*. (Tesis de doctorado en Ciencias Biológicas), Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Garibay-Orijel, R., A. Ramírez-Terrazo y M. Ordaz-Velázquez (2012). “Women care about local knowledge, experiences from ethnomycology”, *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, vol. 8, núm. 25. Recuperado de <https://ethnobiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/1746-4269-8-25>, consultado el 3 de noviembre de 2022.
- Garibay-Orijel, R., F. Ruan-Soto y E. Estrada-Martínez (2010). “El conocimiento micológico tradicional, motor para el desarrollo del aprovechamiento de los hongos comestibles y medicinales”, en D. Martínez-Carrera (ed.), *Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: avances y perspectivas en el siglo XXI*, Ciudad de México: Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales, pp. 243-270.
- Guzmán, G., (1997). *Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en América Latina: Introducción a la Etnomicobiota y Micología Aplicada de la Región: Sinonimia Vulgar y Científica*, Instituto de Ecología: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Hughes, L. (2000). “Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?”, *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 15, núm. 2, pp. 56-61.
- Ignacio, R. N. (2020). *Diversidad de hongos micorrízicos en diferentes estados de conservación de un bosque de encinos* (tesis de maestría en Ecología Tropical) Universidad Veracruzana: Centro de Investigaciones Tropicales, pp 15-19.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2020). *XV Censo General de Población y Vivienda*. Ciudad de México, INEGI. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>, consultado el 22 de mayo de 2022.
- Lamus-Molina, V. (2015). *Ectomicorrizas formadas por hongos comestibles silvestres del parque nacional nevado de Toluca* (tesis de doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales), Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.

- López-Hernández, J. A., Ó. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. Monarrez-González, M. González-Tagle y J. Jiménez-Pérez (2017). “Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México”, *Madera y Bosques*, vol. 23, núm. 1, pp. 39-51.
- Mejía-Canales, A., S. Franco-Maass, A. R. Endara y A. V. Ávila (2018). “Caracterización del sotobosque en bosques densos de pino y oyamel en el Nevado de Toluca, México”, *Madera y Bosques*, vol. 24, núm. 3. Recuperado de <https://acortar.link/A9RAag>, consultado el 22 de mayo de 2022.
- Mukti, R. (2009). “Climate change and its potential effects on tree line position: An introduction and analysis”, *The Greenery-A Journal of Environment and biodiversity*, vol. 7, núm. 1, pp. 17-21.
- Palma, J., V. Claramunt, I. Montenegro y E. Molina (2021). *Protocolo experiencia de monitoreo de hongos comestibles silvestres*. Santiago de Chile: FAO y Ministerio de Agricultura de Chile
- Peterson, R. L., H. B. Massicotte y L. H. Melville (2004). “Mycorrhizas: Anatomy and cell biology”, *National Research Council of Canada*, Ottawa, Canadá.
- Phillips, R. P., E. Brzostek y M. Midgley (2013). “The mycorrhizal-associated nutrient economy: a new framework for predicting carbon-nutrient couplings in temperate forests”, *New Phytologist*, vol. 199, pp. 41-51.
- Sáenz-Romero, C., E. Mendoza-Maya, E. Gómez-Pineda, A. Blanco-García, A. Endara-Agramont, R. Lindig-Cisneros, J. López-Upton, O. Trejo-Ramírez, C. Wehenkel, D. Cibrián-Tovar, C. Flores-López, A. Plascencia-González y J. Vargas-Hernández (2020). “Recent evidence of Mexican temperate forest decline and the need for ex situ conservation, assisted migration, and translocation of species ensembles as adaptive management to face projected climatic change impacts in a megadiverse country”, *Research Press*, vol. 50, núm. 9, pp. 1-12. Recuperado de <https://cdnsiencepub.com/doi/full/10.1139/cjfr-2019-0329>, consultado el 22 de mayo de 2022.
- Sarukhán, J. (coord. gral). (2008). *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. Ciudad de México: Conabio.
- Semarnat, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2014). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2013*. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282927/2013.pdf>, consultado el 20 de mayo de 2022.
- Solaiman, Z. M. y B. Mickan (2014). “Use of Mycorrhiza in Sustainable Agriculture and Land Restoration”, en Z. Solaiman, L. Abbott y A. Varma (eds.). *Mycorrhizal Fungi: Use in Sustainable Agriculture and Land Restoration*. Springer, US, pp.1-15.

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### *Abies religiosa*

Nombre común	Nombre científico	Número de especímenes
Gachupín negro o moreno	<i>Helvella lacunosa</i>	13
Trompeta o corneta	<i>Turbinellus</i> aff. <i>floccosus</i>	13
Enchilado, de llano o de bosque	<i>Lactarius</i> cf. <i>sanguifluus</i>	12
Oreja, oreja blanca	<i>Russula</i> cf. <i>chloroides</i>	10
Gachupín blanco o blanco	<i>Helvella crispa</i>	9
Calabaza, calabacita	<i>Cantharellus subalbidus</i>	8
Tejamanilero	<i>Clitocybe gibba</i>	7
Ternerita, bolita blanca, trueno, pedo, bombón	<i>Lycoperdon perlatum</i>	7
Clavo de llano, clavo de bosque o clavitos	<i>Lyophyllum shimeji</i>	7
Pata de pájaro	<i>Ramaria</i> aff. <i>aurea</i>	7
Manteco, mantequero, mantecoso	<i>Amanita novinupta</i>	6
Panza o cemita	<i>Boletus edulis</i> s.l.	6
Galambo, panza azul o panza loca	<i>Boletus</i> aff. <i>luridiformis</i>	5
Pata de pájaro	<i>Ramaria</i> aff. <i>fennica</i>	5
Gachupín, pata de pollo o cerrillo	<i>Helvella compressa</i>	4
Cocoyol, manzanito, manzanita, yocoyol o chocoyol	<i>Laccaria trichodermophora</i>	4



Continuación de anexo 1

Nombre común	Nombre científico	Número de especímenes
Elote, mazorca o mazorquita	<i>Morchella elata</i> s.l.	4
Escobeta o pata de pata de palo	<i>Ramaria apiculata</i>	4
Enchilado, durazno o catarina o ardilla	<i>Russula americana</i>	4
Calavera	<i>Sarcosphaera</i> aff. <i>coronaria</i>	4
Champiñón de monte o cuije	<i>Agaricus</i> cf. <i>subrutilescens</i>	3
Clarín, tambora o tripita de pollo	<i>Clavariadelphus</i> aff. <i>truncatus</i>	3
Tejamanilero o copa	<i>Clitocybe squamulosa</i>	3
Palomita	<i>Hygrophorus chrysodon</i>	3
Bolitas o ternera	<i>Lycoperdon excipuliforme</i>	3
Galleta o clavo	<i>Melanoleuca melaleuca</i>	3
Clavo de oyamel	<i>Psathyrella spadicea</i>	3
Escobeta o pata amarilla de pájaro	<i>Ramaria abietina</i>	3
Pata gruesa de pájaro	<i>Ramaria</i> aff. <i>sanguinea</i>	3
Julián	<i>Tricholoma</i> aff. <i>populinum</i>	3
Panza o pancita	<i>Amanita caesarea</i>	2
Panza	<i>Boletus appendiculatus</i>	2
Panza o cemita	<i>Boletus luridus</i>	2
Pata de pájaro güera o pata de ratón	<i>Clavulina</i> cf. <i>rugosa</i>	2
Flor de calabaza, durazno u hongo de yema	<i>Floccularia</i> aff. <i>luteovirens</i>	2
Ocholatero	<i>Gymnopus dryophilus</i>	2
Pantalón o huevito de toro	<i>Gyromitra infula</i>	2

Continuación de anexo 1

Nombre común	Nombre científico	Número de especímenes
Enchilado	<i>Laccaria laccata</i>	2
Oreja amarilla	<i>Lactarius scrobiculatus</i>	2
Elote, mazorca o mazorquita	<i>Morchella esculenta</i>	2
Pata de pájaro	<i>Ramaria aff. flava</i>	2
Pata de pájaro grande	<i>Ramaria aff. rubripermanens</i>	2
Manzana	<i>Russula aff. emetica</i>	2
Azufre, colita de rata o pericón	<i>Tricholoma equestre</i>	2
Champiñón de monte o cuije	<i>Agaricus cf. osecanus</i>	1
Güila o güilita	<i>Agaricus moelleri</i>	1
Güila o güilita	<i>Agaricus silvicolae-similis</i>	1
Güila o güilita	<i>Agaricus sylvaticus</i>	1
Yema	<i>Amanita flavoconia</i>	1
Pancita	<i>Boletus aff. aereus</i>	1
Panza	<i>Boletus pinophilus</i>	1
Pedo de burro	<i>Bovista aff. graveolens</i>	1
Hongo de tronco	<i>Climacocystis borealis</i>	1
Corneta	<i>Gomphus kauffmanii</i>	1
Sebito	<i>Guepinia helvelloides</i>	1
Oreja de ratón	<i>Helvella elastica</i>	1
Gachupín	<i>Helvella fusca</i>	1
Gachupín	<i>Helvella maculata</i>	1
Calavera	<i>Helvella sp.</i>	1

Continuación de anexo 1

Nombre común	Nombre científico	Número de especímenes
Hongo de venado	<i>Hydnum aff. repandum</i>	1
Enchilado	<i>Hygrophorus pudorinus</i>	1
Clavitos	<i>Hypsizygus marmoreus</i>	1
Palomita	<i>Inocybe sp.</i>	1
Enchilado morado	<i>Lactarius deterrimus</i>	1
Lechero	<i>Lactarius luculentus</i>	1
Pedo	<i>Lycoperdon pyriforme</i>	1
Pata grande de pájaro	<i>Ramaria aff. rubribrunnescens</i>	1
Pata grande de pájaro	<i>Ramaria aff. rubrievanescens</i>	1
Pata de pájaro	<i>Ramaria aff. subbotrytis</i>	1
Pata de pájaro	<i>Ramaria sp. 7</i>	1
Pata de pájaro	<i>Ramaria sp. 2</i>	1
Manzanita	<i>Russula aff. betularum</i>	1
Ardilla	<i>Russula xerampelina</i>	1
Hongo de venado café	<i>Sarcodon aff. scabrosus</i>	1
Pancita	<i>Suillus pseudobrevipes</i>	1
Panza de coyote	<i>Suillus pungens</i>	1
Panza café	<i>Tylopilus porphyrosporus</i>	1
TOTAL		230

Elaboración propia.

## ANEXO 2

### *Pinus hartwegii*

Nombre común	Nombre científico	Número de especímenes
Clavo de llano, clavo de bosque o clavitos	<i>Lyophyllum shimeji</i>	3
Panza o cemita	<i>Boletus edulis s.l.</i>	2
Calabaza, calabacita	<i>Cantharellus subalbidus</i>	8
Gachupín blanco o blanco	<i>Helvella crispa</i>	2
Enchilado, de llano o de bosque	<i>Lactarius cf. sanguifluus</i>	2
Oreja, oreja blanca	<i>Russula cf. chloroides</i>	2
Manteco, mantequero, mantecoso	<i>Amanita novinupta</i>	1
Panza o cemita	<i>Boletus luridus</i>	1
Tejamanilero o copa	<i>Clitocybe squamulosa</i>	1
Hongo de jara	<i>Flammulina mexicana</i>	1
Pantalón o huevito de toro	<i>Gyromitra infula</i>	1
Gachupín negro o moreno	<i>Helvella lacunosa</i>	1
s/n	<i>Infundibulicybe geotropa</i>	1
Enchilado	<i>Laccaria laccata</i>	1
Cocoyol, manzanito, manzanita, yocoyol o chocoyol	<i>Laccaria trichodermophora</i>	1

Continuación de anexo 2

Ternerita, bolita blanca, trueno, pedo, bombón	<i>Lycoperdon perlatum</i>	1
Elote, mazorca o mazorquita	<i>Morchella esculenta</i>	1
Pata de pájaro	<i>Ramaria aurantiiccescens</i>	1
Calavera	<i>Sarcosphaera aff. coronaria</i>	1
Colita de rata o pericón	<i>Tricholoma saponaceum</i>	1
Trompeta o corneta	<i>Turbinellus aff. floccosus</i>	1
TOTAL		28

Elaboración propia.

### ANEXO 3

#### *Abies religiosa-Pinus pseudostrobus*

Nombre común	Nombre científico	Número de especímenes
Tejamanilero	<i>Clitocybe gibba</i>	2
Gachupín blanco o blanco	<i>Helvella crispa</i>	1
Hongo de jara	<i>Flammulina mexicana</i>	1
TOTAL		3

Elaboración propia.

## ANEXO 4

### *Pinus pseudostrobus*-*Abies religiosa*

Nombre común	Nombre científico	Número de especímenes
Panza o pancita	<i>Amanita calyptroderma</i>	1
Tejamanilero o copa	<i>Clitocybe squamulosa</i>	1
Enchilado, de llano o de bosque	<i>Lactarius cf. sanguifluus</i>	1
Cocoyol, manzanito, manzanita, yocoyol o chocoyol	<i>Laccaria trichodermophora</i>	1
Clavo de oyamel	<i>Psathyrella spadicea</i>	1
Galleta o clavo	<i>Melanoleuca melaleuca</i>	1
Pata de pájaro	<i>Ramaria aff. flava</i>	1
Tejamanilero	<i>Rhodocollybia butyracea</i>	1
Pata de pájaro	<i>Ramaria aff. aurea</i>	1
TOTAL		9

Elaboración propia.





**Uso recreativo  
de recursos  
forestales  
no maderables**





## Capítulo 3

### Aprovechamiento recreativo de los hongos comestibles silvestres, una mirada al micoturismo en México desde los Sistemas de Información Geográfica

Humberto Thomé Ortiz

#### INTRODUCCIÓN

Este capítulo deriva del proyecto de investigación científica básica que se titula Evaluación de la Dimensión Recreativa de los Hongos Comestibles Silvestres, su Interés Socioeconómico y sus Perspectivas de Desarrollo Rural, que fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México. Al plantearse la perspectiva y diseño metodológico de este proyecto, se contemplaron tres aspectos fundamentales: a) partir de un enfoque participativo que integre a los actores locales como principales protagonistas del aprovechamiento turístico de los recursos micológicos; b) generar sistemas de información basados en el conocimiento micológico tradicional local, en conjunto con una base de conocimientos científicos que permita contar con un inventario extensivo de recursos micológicos *in situ* y c) desarrollar propuestas de turismo micológico en el Altiplano Central Mexicano (ACM), que sirvan como planteamientos para promover el desarrollo económico sustentable de la localidad estudiada.

Se puede entender al turismo micológico como una actividad recreativa, rural y de naturaleza, que integra las dimensiones natural y cultural de los hongos comestibles silvestres (HCS), a través de una oferta integral de bienes y servicios que fungen como vehículo para experimentar las culturas micofágicas, mediante actividades de inmersión que incluyen la identificación, recolección y degustación de los hongos silvestres en contacto estrecho con los ecosistemas donde éstos fructifican y las comunidades recolectoras los aprovechan. Cabe destacar que esta modalidad turística se inserta dentro de las nuevas tendencias del turismo rural, caracterizadas por su alto nivel

de especialización, enfocadas en algún recurso alimentario específico anclado a un territorio, que aportan experiencias diferenciadas con un alto valor ético, estético y cultural (Kim, 2010).

De acuerdo con las necesidades detectadas anteriormente, se determinó que el objetivo de este capítulo es cómo influyen los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la gestión integral de los recursos micológicos, a través de la planificación del micoturismo como una estrategia de desarrollo local, que implica fuertes componentes de espacialidad y socioculturales. Para ello, fue necesario pensar en un enfoque participativo y sistémico, que permitiera generar un diálogo de saberes (Servin y Alarcón, 2018) sobre un objeto de estudio que se encuentra a medio camino entre el conocimiento ecológico tradicional y el conocimiento científico institucionalizado.

Por lo anterior, este capítulo se compone de cinco apartados: en el primero se presenta una breve introducción; en el segundo se desarrollan los antecedentes con una recapitulación sobre el papel e importancia que han tenido los SIG dentro del campo de la investigación y gestión turística, infiriendo algunas posibles relaciones que pudieran existir con el caso particular del turismo micológico; se reflexiona en torno al uso de los SIG en la gestión turística sustentable de los recursos micológicos, aspecto para el cual se observa su potencial como herramientas de generación de información detallada, que al ser sometida al análisis de los actores locales permite realizar el diseño participativo de sus propuestas micoturísticas y aporta las directrices básicas para su gestión espacio-temporal. En el tercer apartado se analiza el caso de la comunidad de Texcaltitlán, donde se reconstruye su patrón histórico cultural, micofágico y micofílico, a partir del cual es posible retomar un ejemplo paradigmático sobre la gestión integral e innovadora de los HCS. El cuarto apartado consiste en mostrar los resultados a partir de criterios de sustentabilidad ecológica, cultural y económica que se identificaron de especies de HCS para desarrollar una propuesta micoturística. Por último, se exponen las conclusiones, mediante las cuales se intentan extraer algunas lecciones útiles sobre el aprovechamiento recreativo de los hongos, sus retos y oportunidades.

## ANTECEDENTES

### ¿Cómo pueden ayudar los Sistemas de Información Geográfica a la planificación y gestión del turismo?

El aprovechamiento turístico de los recursos forestales no maderables puede significar la oportunidad de detonar procesos de transformación socioeconómica, que ayuden a mejorar las condiciones de vida de los habitantes del espacio rural, sobre todo en una escala local. Sin embargo, la introducción de nuevas actividades productivas en los espacios forestales, como puede ser el turismo, requiere el análisis sistémico de la información para su óptimo desarrollo.

En el caso específico del turismo basado en la naturaleza, muchos de los recursos en los que la actividad se centra pueden documentarse a través de fuentes de información espacial, mediante los cuales se indique la cantidad y características de los recursos turísticos, su factibilidad para ser usados como atractivos turísticos, así como los impactos socioeconómicos y ambientales que puede generar su uso recreativo.

La utilización de los SIG, tradicionalmente, se ha enfocado en aspectos ambientales y de manejo de recursos (Robinson, 1992). Al respecto, los trabajos sobre la planificación del espacio rural desarrollados por Haines-Young y colaboradores (1994) son un antecedente importante sobre la utilización de los Sistemas de Información Geográfica en los procesos de planificación y gestión del turismo en el espacio rural.

Los SIG constituyen una herramienta de gran utilidad para la planificación y gestión turística en los espacios forestales, donde es común la falta de información sistematizada sobre los recursos endógenos y donde se deben evitar los impactos negativos del turismo. Esto tiene relevancia en los contextos donde los recursos naturales y culturales son vulnerables a las presiones antrópicas, económicas y políticas, derivadas del turismo y de otras actividades no tradicionales relacionadas con la denominada nueva ruralidad (Pita, González y Segura, 2015).

Generar información detallada y de calidad es un aspecto importante para la planificación espacial del turismo, así como para prospectar las posibilidades de uso multifuncional del territorio y, con ello, evitar generar efectos contraproducentes en las comunidades. Por lo anterior, es importante construir datos que integren variables culturales, socioeconómicas y ambientales, simultáneamente. En este sentido, los Sistemas de Información Geográfica pueden aportar claves fundamentales para determinar la

manera más apropiada de plantear una reestructuración productiva en los espacios forestales.

Desde esta perspectiva, la generación de sistemas de información permite detectar los conflictos territoriales generados por la actividad turística, prevenir la existencia de impactos negativos y contar con elementos para la toma de decisiones (Bahaire y Elliot-White, 1999), motivo por el que los Sistemas de Información Geográfica pueden jugar un papel fundamental en la planificación, desarrollo y evaluación de la actividad turística.

Se han detectado diferentes usos que se puede dar los Sistemas de Información Geográfica en relación con la actividad turística: 1) conformación de bases de datos, 2) producción de mapas, 3) análisis espacial, 4) modelización espacial y 5) soporte para la toma decisiones. A su vez, estos usos permiten desarrollar aplicaciones tangibles, necesarias para el desarrollo de las propuestas turísticas como: inventarios de recursos, evaluación de la factibilidad turística del territorio, medición de impactos, diseño de rutas y el desarrollo de escenarios prospectivos del turismo (Bahaire y Elliot-White, 1999). En el caso del turismo en espacios rurales, uno de los grandes retos para su correcta implementación es la falta de conocimientos científicos básicos y de datos precisos para su instrumentación y análisis, por lo que es necesario pensar en modelos de planificación estratégica donde se entrelacen aspectos teóricos y empíricos (Faria *et al.*, 2016).

Algunos trabajos pioneros como el de Gunn (1994) exponen que los Sistemas de Información Geográfica se han utilizado como una herramienta para analizar los recursos relacionados con el turismo. A través de la superposición de mapas se identifica el potencial turístico del territorio mediante la determinación de zonas de turismo activo e interpretativo, en función de las características de los recursos naturales. En el mismo sentido, Boyd y Buttler (1996) utilizan los SIG tanto para identificar espacios idóneos como para el desarrollo del ecoturismo mediante la asociación entre características específicas y paisajes naturales.

Algunos trabajos que han explorado la relación entre los Sistemas de Información Geográfica y la planificación turística en América del Norte destacan la importancia de que los actores locales cuenten con información clave respecto a la ubicación y disponibilidad de los recursos turísticos, la valoración de los puntos de conflicto y complementariedad entre el turismo y las otras actividades, así como la previsión de la fragilidad de los recursos endógenos frente al turismo (Williams, Paul y Hainsworth, 1996).



**FIGURA 1**

**Hongos comestibles silvestres**

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de José Jonathan Aguirre Zúñiga.

**Los Sistemas de Información Geográfica como herramientas de planificación y diseño para el turismo micológico**

A pesar de que México es uno de los países más micodiversos del planeta y el segundo en importancia en consumo de hongos comestibles silvestres, después de China, prácticamente no se han desarrollado herramientas para la gestión sustentable de los recursos micológicos, empezando por generar sistemas de información confiables y actualizados. En ese sentido, es España el país pionero en el ordenamiento, regulación y aprovechamiento de los recursos micológicos, mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica para generar datos sobre los hongos comestibles silvestres. Al respecto, se retoma el ejemplo del estudio de caso de Micodata, un sistema para la recolección y manejo de datos sobre el aprovechamiento de los hongos comestibles silvestres de importancia cultural y socioeconómica, que se ha instrumentado en la provincia de Castilla y León. Dicho sistema se basa en información edafoclimática para generar datos de utilidad que, posteriormente, pueden ser utilizados por los recolectores y que también han servido para proporcionar asesoría técnica para la gestión de los recursos micológicos.

Entre los principales objetivos de Micodata se encuentran:

- a) Generar un sistema de información micológica.
- b) Contar con criterios objetivos para evaluar la gestión sustentable y el impacto socioeconómico de los recursos micológicos.
- c) Ofrecer información general sobre la productividad, regulación y condiciones de recolección de los hongos, a través de una plataforma web.
- d) Coadyuvar en la regulación y ordenación de los recursos micológicos (Martínez-Peña *et al.*, 2009).

A partir de este sistema, es posible tener un referente respecto a un modelo de gestión de los hongos comestibles silvestres en el centro de México, basado en el desarrollo de un Sistema de Información Micológica construido desde una perspectiva participativa, en la que se deben integrar Sistemas de Información Geográfica, micología forestal aplicada, etnomicología y una aproximación desde los estudios turísticos (Thomé-Ortiz, 2015). El desarrollo de una perspectiva participativa, en el caso de México, se debe a las características socioculturales que enmarcan el consumo de hongos silvestres en México, siendo éste un producto alimentario de libre acceso, cuyo manejo y aprovechamiento se enmarca en el contexto de la cosmovisión, las prácticas y los saberes que subyacen al conocimiento ecológico tradicional de cada pueblo.

Dado que los hongos tienen un carácter fundamentalmente alimentario para las comunidades forestales del centro de México, vale la pena discernir sobre las implicaciones que tiene su uso como recurso turístico, aspecto por el que la evaluación de su potencial, como activos para los servicios culturales, es una cuestión básica. En este sentido, el micoturismo ilustra un proceso de innovación productiva en los espacios forestales a partir de su capacidad territorial para ofertar servicios de ocio recreativo, dirigidos a las sociedades urbanas posindustriales. En otro aspecto, la actividad se enmarca dentro de las lógicas globales de gestión y desarrollo del espacio rural, mediante las cuales se promueve la multifuncionalidad del territorio y en el caso de los bosques de la gestión forestal sostenible (FAO, 2020), que en los últimos años ha puesto fuertemente su atención sobre los recursos forestales no maderables como son los hongos comestibles silvestres.

Se entiende por micoturismo a aquella actividad de ocio recreativo, que se enfoca en la conservación y protección de los recursos micológicos para promover el desarrollo económico y mejorar las condiciones de vida de la población, la cual implica el conocimiento micológico local y puede constituir una estrategia de desarrollo rural sustentable (Castro, 2009). Se trata de una actividad turística que se sitúa a medio camino entre naturaleza y cultura en la que se presentan las dimensiones micopaisajística, micogastronómica y de turismo activo, a través de las cuales es posible vivir una experiencia sobre las culturas micológicas, que pueden resultar muy lejanas para los habitantes urbanos.

En México, paulatinamente, se ha ido incrementando el interés por el micoturismo, aspecto que se constata en la existencia de una oferta relativamente amplia de actividades recreativas relacionadas con los hongos. Sin embargo, se trata de actividades dispersas y desvinculadas de una oferta turística integral, propiamente estructurada. Se piensa que en diversos lugares del planeta se ha identificado el gran potencial económico que puede representar la articulación entre culturas micológicas y turismo. De acuerdo con datos del proyecto Micosylva+, el valor medio anual generado por micología en la provincia de Castilla y León se estima en 65 millones de euros. De esta cantidad, 20 % se obtiene por los ingresos complementarios generados por los recolectores de hongos, 40 % se genera por el valor añadido generado por las empresas de acopio y transformación de hongos, y 40 % restante lo genera el micoturismo (Europa Press, 2014).

Dadas las particularidades del micoturismo y sus posibles riesgos asociados, se trata de una actividad que requiere de conocimientos profesionales precisos por lo que es necesario contar con sistemas de información micológica que incidan en correctas prácticas de recolección y manejo de los hongos, para así evitar cualquier tipo de peligro, derivado de la ingesta de hongos tóxicos, la degradación del medio ambiente y la fragmentación del tejido social en las comunidades recolectoras.

### **Algunas claves para el uso de los Sistemas de Información Geográfica en el turismo micológico**

El uso de los SIG en los procesos de planificación turística enfocados al aprovechamiento de los HCS puede representar una herramienta útil para el



planteamiento de estrategias de desarrollo local, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

### *Desarrollo de información útil para el turismo micológico*

La generación de información sistematizada sobre los recursos micológicos es un aspecto clave para su aprovechamiento con fines recreativos. Los modelos convencionales de gestión forestal se han enfocado en los recursos maderables, soslayando la importancia de los recursos forestales no maderables para el equilibrio ecológico de los bosques, la identidad cultural de los pueblos y el bienestar económico de las comunidades.

Los hongos comestibles silvestres son recursos que tienen una gran importancia socioeconómica y cultural para aquellas comunidades que viven en el bosque. Sin embargo, su aprovechamiento se ha restringido a la recolección para autoconsumo, intercambio y venta, siendo una actividad marginal que en muchas ocasiones no refleja una justa retribución por el trabajo y tiempo invertido. Muchos de los recolectores de hongos en el centro de México se encuentran entre los actores locales que presentan mayores índices de marginación social y económica, a pesar de su importante función biocultural y socioambiental.

Ésa es la razón por la que es apremiante explorar alternativas que, como el turismo micológico, permitan agregar valor al aprovechamiento de los hongos y retener los ingresos generados dentro de las comunidades recolectoras. Algunas investigaciones apuntan que el turismo micológico tiene la capacidad de generar, entre siete y nueve veces, los ingresos producidos por la sola recolección y comercialización (Frutos, Martínez y Esteban, 2012; Lázaro, 2008). Lo anterior se relaciona con la capacidad multiplicadora del turismo, que además abre las puertas a la participación de otros actores sociales que puedan insertarse en la prestación de bienes y servicios.

Aunque, como se ha comentado anteriormente, en México se han desarrollado diversas propuestas de turismo micológico, la mayoría de éstas se han conformado de manera intuitiva, siendo necesario generar sistemas precisos de información micológica que permitan determinar cuáles son los mecanismos más apropiados para la gestión turística de estos recursos. Lograr este objetivo implica la confluencia de los dos principios básicos desde los que operan los Sistemas de Información Geográfica. El primero se refiere a la espacialidad, basada en la localización de datos en un punto específico de

la Tierra. Mientras que el segundo se relaciona con los atributos de los datos que, de manera cualitativa y cuantitativa, reflejan las características de una entidad georreferenciada (Grimshaw, 1993). En este sentido, es posible pensar en su utilidad tanto para la ubicación de los hongos como para su caracterización, interacciones, riesgos y posibles usos.

Desde el punto de vista de la geolocalización se puede determinar en qué tipo de bosques se desarrollan determinadas especies de hongos, información con la que es posible establecer las relaciones entre los recursos micológicos y un cierto tipo de vegetación, también se pueden asociar con los tipos de suelo y condiciones de humedad. Todos estos aspectos son útiles para la localización de los hongos dentro de senderos micológicos preestablecidos. Además del diseño de los senderos de recolección, es posible generar horizontes interpretativos en función de las características del paisaje, prever riesgos potenciales y establecer criterios de búsqueda e identificación. Los atributos de los datos suelen aportar información más detallada sobre las características de los hongos. Entre estas peculiaridades se encuentra su forma y color, los periodos de fructificación, su disponibilidad, su importancia cultural y su valor económico. Todos estos datos pueden constituir elementos importantes para la planificación de las actividades de turismo micológico tal como se verá más adelante.

### *Inventario de recursos turísticos*

Además de los aspectos que estrictamente se refieren a los hongos comestibles silvestres, el desarrollo de un proyecto de turismo micológico debe contar con un inventario de recursos turísticos donde se pueda evaluar la existencia de un conjunto de bienes y servicios que sirvan de soporte para facilitar la experiencia turística. La obtención de estos datos implica la integración de enfoques cuantitativos y cualitativos para establecer los niveles de atracción, accesibilidad, presencia de infraestructura y niveles de degradación de los recursos (Priskin, 2001). Es importante considerar que, en ofertas turísticas fuertemente centradas en un recurso específico, en este caso los hongos, su capacidad de atracción y de diferenciación se obtiene a partir de las posibles sinergias establecidas con otros recursos territoriales como pueden ser el lenguaje, la cocina tradicional, el paisaje y la cosmovisión, por citar algunos ejemplos.

Para el caso del turismo micológico se ha podido identificar que su atraktividad turística y singularidad territorial se configuran a partir de las articulaciones entre aspectos naturales y culturales asociados con los hongos. Ello se refiere a que las características específicas de los bosques, sus paisajes, el saber etnomicológico y la micogastronomía serán aspectos que permiten diferenciarse entre uno y otro territorio micológico, aportando cada espacio una experiencia única.

### ***La integralidad de los datos en los Sistemas de Información Micológica***

La capacidad de interrelacionar datos de diferente naturaleza, bajo un mismo sistema de información, es lo que puede aportar una visión integral de hongos comestibles silvestres como recurso turístico. En este sentido, es particularmente importante identificar los puntos de complementariedad o conflicto que el micoturismo representa para otras actividades como la recolección para autoconsumo o la recolección con fines comerciales (figura 1). En el mismo tenor es una herramienta útil para identificar las tensiones derivadas del uso de los espacios destinados a otras actividades productivas o las disputas entre actores locales y externos por el uso y aprovechamiento de los recursos micológicos.



**FIGURA 2**

### **Recursos micoturísticos**

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de José Jonathan Aguirre Zúñiga.

Como ya se ha mencionado, en muchos de los territorios forestales del centro de México, la instrumentación del micoturismo implica generar un proceso de reestructuración productiva, al incorporar una actividad relativamente nueva, pero con fuertes implicaciones de carácter cultural, económico y ambiental. Por tal motivo, se busca que los SIG sirvan para comprender las interacciones entre múltiples variables que convergen en la actividad micoturística.

Uno de los aspectos más importantes, para superar las eventuales contradicciones que pueden surgir del turismo micológico, es buscar la complementariedad entre las nuevas actividades (turismo) y las actividades tradicionales (recolección de hongos). Para lograr dicha complementariedad se propone que las propuestas turísticas se desarrollen desde la perspectiva de la sustentabilidad donde se observen dos principios rectores (Garau, 2015):

- 1) *Protección de los recursos naturales y culturales*
  - Sustentabilidad ambiental (preservación de ecosistemas, uso de sistemas de manejo ambiental, protección a la vocación productiva del territorio).
  - Sustentabilidad económica (desarrollo de la calidad del paisaje, desarrollo de mercados cercanos para productos y servicios, innovación en el manejo ambiental).
  - Sustentabilidad social (generar una conciencia social sobre la importancia de los hongos, desarrollar enfoques participativos y mejorar la red de relaciones entre los diversos actores locales).
- 2) *Desarrollo del micoturismo sustentable*
  - Desarrollo económico local (creación de negocios locales, generación de empleo, alianzas entre sectores público y privado)
  - Desarrollo ambiental sustentable (turismo de pequeña escala, protección del patrimonio natural y cultural, certificación de las prácticas micoturísticas).
  - Desarrollo social (integración entre distintos sectores productivos, desarrollar una perspectiva basada en el lugar, detectar las oportunidades de los recursos únicos del territorio).

### ***Proyección espacial del micoturismo***

La información generada, a través de los Sistemas de Información Geográfica, aportará elementos indispensables para la zonificación en el turismo

micológico. Por ejemplo, cuando se piensa en el diseño de senderos micológicos su funcionalidad y eficiencia se incrementa mediante el uso de datos precisos y georreferenciados, ya que éstos permiten ubicar las zonas de fructificación de los hongos y aquellas donde no se comprometa la integridad de los recursos locales.

A manera de ejemplo, se puede mencionar el caso de la provincia de Castilla y León (España), donde el uso de sistemas de información micológica ha permitido desarrollar alrededor de 100 senderos micológicos, cuyo trayecto dura entre cuatro y cinco horas; estos caminos contienen elementos para reconocer el inicio y final del sendero; además se ofrece una explicación informativa sobre el entorno natural en donde se ubican, instrucciones para la recolección segura de hongos y criterios para identificar las especies colectadas (Frutos, Martínez y Esteban, 2012).

En el mismo sentido, es importante determinar las zonas comerciales, los espacios para el desarrollo de actividades deportivas y los espacios donde se pueden emplazar las infraestructuras de alojamiento y alimentación. Todo ello, con la intención de no fragmentar el bosque, considerando que muchos de los espacios con micodiversidad se encuentran en Áreas Naturales Protegidas o ecosistemas vulnerables.

### *Diálogo de saberes a través del enfoque participativo*

Una de las grandes ventajas de la utilización de los Sistemas de Información Geográfica en la planificación del turismo micológico es la posibilidad de integrar a las comunidades recolectoras en el diseño de las propuestas turísticas y en la toma de decisiones respecto a la gestión del territorio (Huges y Shirmer, 1994). Es importante considerar que mucho del conocimiento actual que se tiene sobre hongos comestibles silvestres, por lo menos en el caso de México, deriva de la relación entre el conocimiento científico y el conocimiento ecológico tradicional, que han entablado un diálogo de saberes, a través de las etnociencias. Aspectos como la ubicación, identificación, temporalidad y uso de los hongos no serían tan precisos sin el conocimiento ecológico tradicional desarrollado históricamente por las comunidades (Jiménez, Thomé-Ortiz y Burrola, 2016).

Lo anterior significa que la información generada a través de los Sistemas de Información Geográfica tiene que validarse mediante procesos de realimentación y consulta permanente con la comunidad, aspecto que

implica un alto nivel de involucramiento de los actores sociales que tiende a la apropiación social de la estrategia micoturística en el mediano y largo plazo (figura 2). De acuerdo con Harris *et al.* (1996) un Sistema de Información Geográfica participativo permite integrar el conocimiento local con el conocimiento técnico de los actores externos, aprovechando la representación espacial de aspectos significativos sobre los saberes locales.



**FIGURA 3**  
**Diálogo de saberes**

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de José Jonathan Aguirre Zúñiga.

### **ESTUDIO DE CASO**

#### **La Laguna, Texcaltitlán: estudio de caso de una comunidad recolectora**

La comunidad denominada Ejido Venta Morales (La Laguna) se localiza en el municipio de Texcaltitlán, Estado de México a una altura de 2 mil 860 msnm (mapa 1). Se encuentra dentro del Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca y cuenta con aproximadamente 373 habitantes, repartidos en 110 viviendas, de los cuales 179 son hombres y 194 son mujeres, con un índice de fecundidad de 2.95 hijos por pareja. Cuenta con servicios de electricidad, agua entubada, señal de radio y señal de televisión, pero sólo un pequeño porcentaje cuenta con servicio telefónico y ninguna casa cuenta con

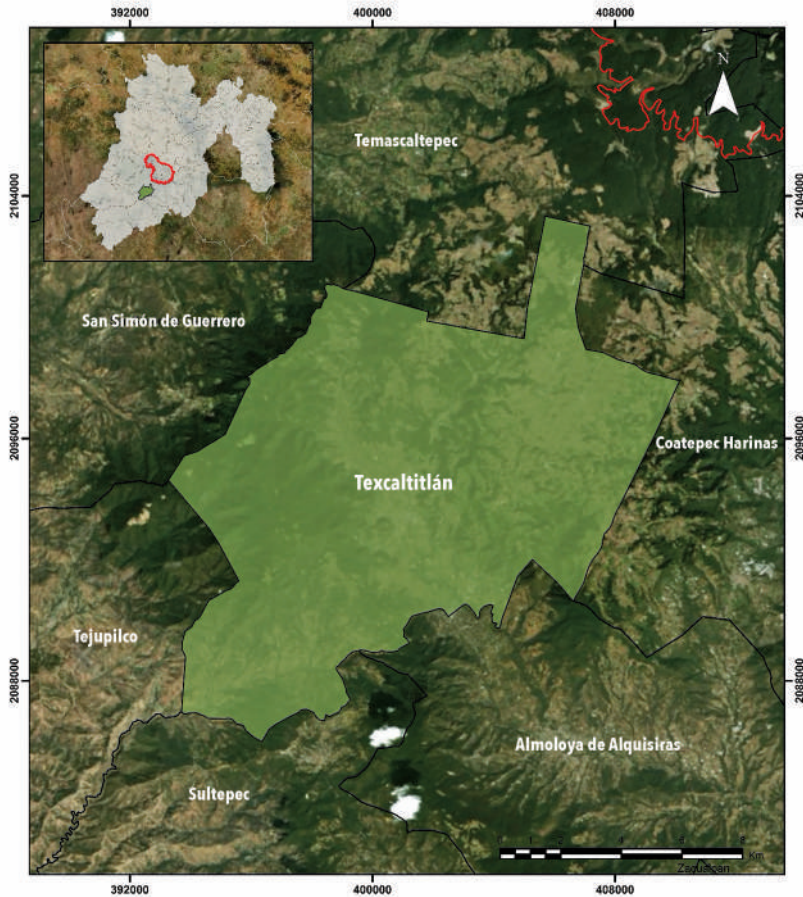
señal de internet. El promedio de escolaridad de la población es de 6.88 años, lo que equivale a la primaria concluida y primer año de secundaria incompleto. Se localiza en las coordenadas GPS longitud (dec) -99.895000 y latitud (dec) 18.983333. Su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano y presenta una temperatura media anual de 19°C. Su territorio se divide en tierras comunales y ejidales y se asienta en bosques de pino y oyamel, entre los que existen arroyos y cascadas provenientes del deshielo del volcán Nevado de Toluca. Su población es mestiza y fue evangelizada por misioneros católicos, quienes fundaron la iglesia del pueblo en el siglo XVIII (INEGI, 2010).

La Laguna es una comunidad que cuenta con reputación territorial por sus conocimientos para la recolección y aprovechamiento de los hongos comestibles silvestres, cuyos productos son vendidos a pie de carretera o en los mercados próximos, se trata de un lugar de “hongueros” con una profunda tradición histórica, anclada al territorio. La recolección de hongos es una actividad que aporta beneficios importantes a la economía de las familias de esta comunidad, puesto que permite contar con ingresos adicionales por la venta de dicho producto, o como un bien de autoconsumo durante la temporada de lluvias.

El aprendizaje sobre la identificación y recolección de hongos inicia desde la infancia. Las primeras veces los niños salen solos y recolectan todo lo que encuentran, al llegar a casa su madre les enseña cuáles son comestibles. La operación se repite hasta que los menores muestran una habilidad satisfactoria para identificar los hongos buenos para comer. Cada familia de recolectores tiene ubicados parajes donde de acuerdo a la altitud y la dominancia vegetal se presentan ciertas especies de hongos. La recolección debe iniciar a temprana hora para evitar que otros recolectores encuentren los hongos comestibles en los lugares accesibles (Mariaca, Silva y Castaños, 2001).

La recolección de hongos tiene impactos positivos en la economía familiar, ya que, mediante esta práctica, las familias aseguran el consumo de hongos entre una y tres veces por semana durante la temporada de lluvias y pueden adquirir alimentos básicos durante al menos tres meses. En general, los recolectores suelen intercambiar los hongos en los mercados locales por productos como aceite, azúcar, café, jitomates, cebollas, sal, jabón, velas y otros productos de primera necesidad (Mariaca, Silva y Castaños, 2001). En Texcaltitlán existe aún un mercado de trueque, en el cual los hongos se encuentran entre los productos con mayor jerarquía alimentaria y, por tanto, permiten obtener provechosos beneficios durante los procesos de intercambio.

**MAPA 1**  
**Área de estudio**



<p><b>SIMBOLOGÍA</b></p> <p><b>Área de estudio</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Límite municipal Texcaltitlán</li><li>■ Límite municipal</li><li>□ Límite APFFNT</li></ul>	<p><b>Fuente de información cartográfica</b></p> <p>Sistema de coordenadas: WGS1984 UTM Zona 14N Proyección: UTM (Universe Transverse Mercator) Datum: WGS 84 Fuente: Imagen de satélite y metadatos RAN Fecha de elaboración: junio, 2021</p>
---	--

Elaboración propia.



### Primera aproximación a un Sistema de Información Micológica

El trabajo de campo sobre el que se sustenta la información presentada se desarrolló durante la temporada de hongos para la zona de estudio que, de acuerdo con las estimaciones de los habitantes de la comunidad, es entre los meses de junio y diciembre, tiempo durante el cual se realizaron dos recolectas al mes para el levantamiento de la información. El propósito inicial de esta actividad fue desarrollar un inventario local de hongos comestibles silvestres con importancia socioeconómica y cultural, el cual sería la información base para el posterior desarrollo del Sistema de Información Micológica.

La determinación de la presencia local de las especies de hongos comestibles silvestres se realizó a través de 14 recolectas guiadas por hongueros locales, cuyos saberes etnomicológicos fueron el insumo principal para determinar la relación de los hongos con ciertas especies arbóreas, el tipo de suelo y las condiciones edafoclimáticas de fructificación. La recolección de los datos se realizó a través de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global), marca Gramin, modelo Map 64S con una precisión de +/- 10 metros. En los recorridos, se usó la función de trazado de ruta automática y se marcaron los puntos donde se encontraron las especies micológicas de interés. En cada punto se referenció la especie, el nombre científico, la disponibilidad y la ubicación aproximada.

Mediante el método de bola de nieve (Goodman, 1961) fue seleccionado un grupo de 11 recolectores, quienes ayudaron a determinar los índices de importancia cultural y económica de cada especie inventariada. Para seleccionar a los informantes se atendió a los siguientes criterios: 1) que gozaran de amplio reconocimiento local por su saber sobre los hongos; 2) que entre sus actividades productivas anuales se encontrara la recolección de hongos; y 3) que hubieran recibido su conocimiento sobre los hongos de manera intergeneracional.

El índice de importancia cultural (Signorini, 2009) se determinó mediante el valor porcentual del número de veces que fueron mencionados los usos específicos de cada especie por el número de informantes y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CI_S = \sum_{u=1}^{U_{NC}} \sum_{I=1}^{I_N} UR_{UI} / N$$

Donde  $u$  es la categoría de uso,  $NC$  es el total del número de diferentes categorías de uso (de cada “ $i$ ” especie),  $UR$  es el número total de usos reportados por cada una de las especies (correspondiendo en el estudio a las “citaciones”) y  $N$  es el total de informantes en el estudio.

El  $NC$  se definió a través del número total de usos-categoría (para cada especie se consideró el diferente número de usos secundarios como  $NC$ , tomando en cuenta que es más detallado y numeroso que los usos-categoría). Una vez obtenido el índice de cada especie fueron agrupados bajo los criterios: alto, medio y bajo.

Para calcular el valor económico (Reyes García *et al.*, 2006) de cada especie se utilizó como referencia el precio local de las especies, a partir de su valor de venta en los mercados, a pie de carretera y al interior de la comunidad. Para aquellas especies de hongos que no presentaron un valor de mercado se tuvieron que realizar analogías sobre su valor de intercambio por otros productos o indagando la relación entre el tiempo invertido en su recolección y el valor del tiempo reflejado en ingresos por concepto de otras actividades remuneradas. Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$EV_e = Me_e * Pe_e$$

Donde  $EV_e$  es el valor económico de las especies  $e$ .  $Me_e$  es el número de especies  $e$  mencionadas y  $Pe_e$  es el precio de las especies  $e$ . Una vez obtenido el valor económico de cada especie fueron agrupados bajo los criterios alto, medio y bajo. Los puntos marcados y las rutas propuestas se basaron en los siguientes criterios: 1) la disponibilidad de los recursos micológicos, 2) su índice de importancia y 3) su valor económico. Dichos datos se exportaron del archivo en formato GPX (formato del GPS) al software ArcGis 10.2.2. Posteriormente, se realizó sobreposición de la información obtenida en campo con las capas de tipo de vegetación de la serie V, en formato .shp, a escala 1: 250,000 del INEGI. Con esta sobreposición, fue posible identificar el tipo de bosque y las especies micológicas de la región de estudio aptas para el turismo micológico.

## RESULTADOS

### Evaluación de los hongos comestibles silvestres del ejido Venta Morales (La Laguna) Texcaltitlán, Estado de México

Se identificaron 36 especies de hongos comestibles silvestres (tabla 1). La mayoría de las cuales se distribuyen en diferentes lugares del bosque, asociadas con bosques de pino y bosques de oyamel. Una cantidad más reducida de especies se localiza en bosques de encino, en árboles de ocote y la menor cantidad en los llanos. De acuerdo con datos proporcionados por los informantes se observa que cada vez es más difícil determinar la ubicación exacta de los hongos comestibles silvestres, aspecto que podría estar relacionado con variables como la fragmentación de los bosques, la presión antrópica y el cambio climático.

**TABLA 1**  
Hongos comestibles silvestres de Ejido Venta Morales (La Laguna) Texcaltitlán, Estado de México

Nombre local	Nombre científico	Ecosistema forestal	Disponibilidad	Importancia cultural	Valor económico
1. Chicale	<i>Amanita caesarea</i>	Oyamel	Media	Baja	Baja
2. Mosco	<i>Amanita rubescens</i>	Oyamel	Alta	Baja	Baja
3. Zorrita (chicale gen).	<i>Hebeloma aff. mesophaeum</i>	Pino	Alta	Baja	Baja
4. Jocoyol	<i>Laccaria laccata</i>	Pino	Alta	Baja	Baja
5. Tejamanilero	<i>Clitocybe gibba</i>	Oyamel	Alta	Media	Baja
6. Tejaminilero rojo	<i>Clitocybe squamulosa</i>	Oyamel	Alta	Media	Baja
7. Clavito o jarero	<i>Lyophyllum aff. connatum</i>	Ocotes	Alta	Alta	Baja

Continuación de tabla 1

Nombre local	Nombre científico	Ecosistema forestal	Disponibilidad	Importancia cultural	Valor económico
8. Blanco	<i>Russula brevipes</i>	Oyamel	Alta	Media	Baja
9. Enchilado (chico azulado)	<i>Lactarius deliciosus</i>	Pino	Alta	Baja	Baja
10. Enchilado (blanco)	<i>Lactarius scrobiculatus</i>	Pino	Baja	Baja	Baja
11. Cema	<i>Boletus appendiculatus</i>	Ocote Oyamel	Baja	Alta	Baja
12. Pancita	<i>Boletus barrousii</i>	Encino	Baja	Media	Baja
13. Pancita	<i>Boletus edulis</i>	Encino	Baja	Media	Baja
14. Pancita	<i>Boletus edulis</i> var. <i>clavipes</i>	Encino	Baja	Media	Baja
15. Galambo	<i>Boletus luridus</i>	Pino	Baja	Baja	Baja
16. Cema	<i>Boletus pinophilus</i>	Pino	Baja	Media	Baja
17. Naranja	<i>Cantharellus cibarius</i>	Pino	Baja	Baja	Baja
18. Corneta roja	<i>Gomphus floccosus</i>	Oyamel	Alta	Baja	Baja
19. Corneta blanca	<i>Gomphus kauffmanii</i>	Oyamel	Baja	Baja	Baja
20. Pata de pajaro	<i>Clavulina cristata</i>	Pino	Baja	Baja	Baja

Continuación de tabla 1

Nombre local	Nombre científico	Ecosistema forestal	Disponibilidad	Importancia cultural	Valor económico
21. Pata de pájaro	<i>Ramaria flava</i>	Pino	Baja	Baja	Baja
22. Pata de pájaro	<i>Ramaria flavescens</i>	Pino	Baja	Baja	Baja
23. Escobeta	<i>Ramaria formosa</i>	Pino	Baja	Baja	Baja
24. Escobeta	<i>Ramaria aff. myceliosa</i>	Pino	Baja	Baja	Baja
25. Escobeta	<i>Ramaria aff. sanguinea</i>	Pino	Baja	Baja	Baja
26. Gachupín	<i>Helvella crispa</i>	Oyamel	Baja	Media	Media
27. Gachupín	<i>Helvella fusca</i>	Oyamel	Baja	Media	Media
28. Gachupín	<i>Helvella lacunosa</i>	Oyamel	Baja	Media	Media
29. Gachupín	<i>Helvella pityophila</i>	Oyamel	Baja	Media	Media
30. Olote	<i>Morchella elata</i>	Encino	Baja	Alta	Alta
31. Olote	<i>Morchella esculenta</i>	Encino	Baja	Alta	Alta
32. Olote	<i>Morchella conica</i>	Encino	Baja	Alta	Alta
33. Matas	No se identificó el nombre científico	En todo el bosque	Baja	Alta	Media

Continuación de tabla 1

Nombre local	Nombre científico	Ecosistema forestal	Disponibilidad	Importancia cultural	Valor económico
34. Coyote	No se identificó el nombre científico	En todo el bosque	Baja	Baja	Baja
35. Juanito	No se identificó el nombre científico	En llanos	Baja	Baja	Baja
36. Hongo de ocote	<i>Tricholoma magnivelare</i>	Ocote	Baja	Alta	Alta

Elaboración propia con base en trabajo de campo.

De acuerdo con la tabla 1, se puede observar, por una parte, que de las especies georreferenciadas únicamente nueve tienen disponibilidad alta, mientras que 27 presentan disponibilidad baja. Al respecto, los recolectores refirieron que cada vez es más complicado encontrar hongos, que los lugares donde habitualmente se encontraban cambian drásticamente y que existe desaparición de algunas especies.

Por otra parte, fueron identificadas 18 especies de importancia cultural baja, 11 con media y siete con alta. Aspecto que se relaciona con las especies mejor apreciadas culinariamente por sus atributos sensoriales y organolépticos, en combinación con aquellas cuya recolección supone un alto grado de dificultad o peligro (por ejemplo, recorrer largas distancias para encontrarlas, exponerse a un rayo o a la mordedura de una serpiente). Las especies que presentan una alta importancia cultural suelen tener un alto valor económico, e incluso se da el caso de que algunas especies altamente apreciadas localmente no se comercializan y se reservan únicamente para el autoconsumo.

Respecto al valor económico, fueron identificadas 27 especies de valor bajo, cinco especies de valor medio y cuatro especies de valor alto. Aspecto que indica que la gran mayoría de las especies son poco valoradas localmente, pese a que en los contextos comerciales y gastronómicos pueden alcanzar precios elevados, siendo el turismo una posible forma de agregar y retener valor en el territorio.

### **De los datos a la conformación de un producto de turismo micológico**

A partir de las especies identificadas, se decidió emplear únicamente 19 especies con propósitos turísticos (tabla 2). Todo ello es a partir de criterios de sustentabilidad ecológica, cultural y económica. Se excluyeron de las actividades micoturísticas aquellas especies con muy baja disponibilidad, aquellas que son relevantes culturalmente para los habitantes de la comunidad y aquellas que logran venderse a un alto precio en el mercado, por lo tanto, se evitó incluir en la propuesta las especies que pusieran en riesgo la integridad ambiental, cultural y económica de la comunidad. Lo anterior tiene la finalidad de que el micoturismo no genere nuevas tensiones sociales alrededor de los recursos micológicos, a través de la protección del autoconsumo local de hongos, la protección de especies amenazadas y la priorización del bienestar de los recolectores tradicionales.

Por su parte, todas las especies seleccionadas se encuentran en los ecotonos de bosque de oyamel y pino, que cubren una buena parte de la zona de estudio y se han dividido en cuatro rutas con diferentes grados de dificultad y distintos atractivos paisajísticos con la finalidad de proveer diferentes alternativas para los distintos tipos de visitantes que pudieran interesarse por la actividad. Esto permite generar diversas experiencias recreativas que corresponden a las motivaciones de viaje de turistas interesados por actividades culturales y de naturaleza, que particularmente tienen un origen urbano.

Para realizar el planteamiento inicial de senderos micoturísticos se consideraron tres aspectos fundamentales: 1) que el tipo de tenencia de la tierra en el que se desarrollaría la propuesta es comunal, por lo que es importante ajustarse al manejo colectivo de los recursos que prevalece en esta forma de propiedad y que está anclado en los usos y costumbres de la comunidad estudiada; 2) que se tratara de zonas de recolección accesibles para un amplio espectro de turistas, es decir que fueran zonas seguras y que no implicaran una inmersión profunda en los bosques; y 3) que no se afectaran los intereses de la población recolectora, dando prioridad a la alimentación local y las actividades económicas tradicionales.

**TABLA 2**  
Especies de hongos recomendadas para el micoturismo y sus claves de localización

Especie	Tiempo de recolección	Claves para su localización
1. <i>Amanita caesarea</i>	Julio a septiembre	En suelos arenosos bajo árboles grandes
2. <i>Amanita rubescens</i>	Julio a septiembre	Dentro de los bosques, se asocia con las raíces de los árboles
3. <i>Hebeloma aff. Mesophaeum</i>	Junio y julio	Se distribuye ampliamente en bosques de coníferas
4. <i>Laccaria laccata</i>	Junio a septiembre	En suelos húmedos bajo los árboles
5. <i>Clitocybe gibba</i>	Octubre a diciembre	Bajo árboles frondosos en bosques de coníferas
6. <i>Clitocybe squamulosa</i>	Octubre a diciembre	Bajo árboles frondosos en bosques de coníferas
7. <i>Lactarius deliciosus</i>	Julio a octubre	Bajo los pinos
8. <i>Lactarius scrobiculatus</i>	Junio a septiembre	Bajo los pinos
9. <i>Boletus luridus</i>	Septiembre a octubre	En zonas ricas en musgo
10. <i>Boletus pinophilus</i>	Mayo a junio	En bosques de pino en zonas ricas en musgo
11. <i>Cantharellus cibarius</i>	Junio a octubre	En bosques de coníferas, en zonas ricas en musgo
12. <i>Gomphus floccosus</i>	Agosto	En bosques de oyamel en zonas ricas en musgo
13. <i>Gomphus kauffmanii</i>	Agosto	En bosques de coníferas en suelos ricos en materia orgánica



Continuación de tabla 2

Especie	Tiempo de recolección	Claves para su localización
14. <i>Clavulina cristata</i>	Julio a agosto	Se encuentra en bosques de coníferas, en zonas húmedas, cerca de madera podrida
15. <i>Ramaria flava</i>	Julio a diciembre	En el interior del bosque en zonas húmedas y oscuras
16. <i>Ramaria flavescens</i>	Julio a agosto	En la hojarasca en zonas de bosque mixto
17. <i>Ramaria formosa</i>	Julio a agosto	Crece bajo los árboles
18. <i>Ramaria aff. myceliosa</i>	Julio a agosto	Crece en la tierra y raramente en leños húmedos
19. <i>Ramaria aff. sanguinea</i>	Julio a agosto	Sustrato leñoso, bajo tierra en bosque de coníferas

Elaboración propia con base en trabajo de campo.

De acuerdo con los resultados anteriores, se determinó seleccionar aquellos senderos que mostraran mejores condiciones para el desarrollo del micoturismo en términos de accesibilidad, seguridad y sustentabilidad (figura 1). Para ello, se determinó que los senderos micológicos estuvieran compuestos, en 70 %, por aquellos caminos rurales utilizados por los habitantes de la comunidad para realizar diversas actividades productivas y que fueran brechas que históricamente se han utilizado para caminar por el bosque. Lo anterior se realizó con la intención de no generar nuevos senderos que produzcan impactos negativos como contaminación sonora, compactación del suelo y fragmentación del ecosistema. Por el contrario, se requiere plantear, por una parte, una estrategia basada en el uso multifuncional de las infraestructuras rurales ya existentes (en este caso las brechas), a partir de las cuales sea posible aportar estrategias de diversificación económica. Esto evita que los turistas se introduzcan en el bosque y únicamente se visitan algunas zonas boscosas que presentan una alta concentración de hongos o un atractivo paisajístico particular. Por otra parte, debido a la estacionalidad de la actividad, no se presentan conflictos aparentes por los usos de suelo de aprovechamiento

forestal y micoturístico. Igualmente, es importante destacar que el uso de los caminos comunales, para este propósito, permite una apropiación colectiva de la estrategia turística y limita la participación de actores externos.

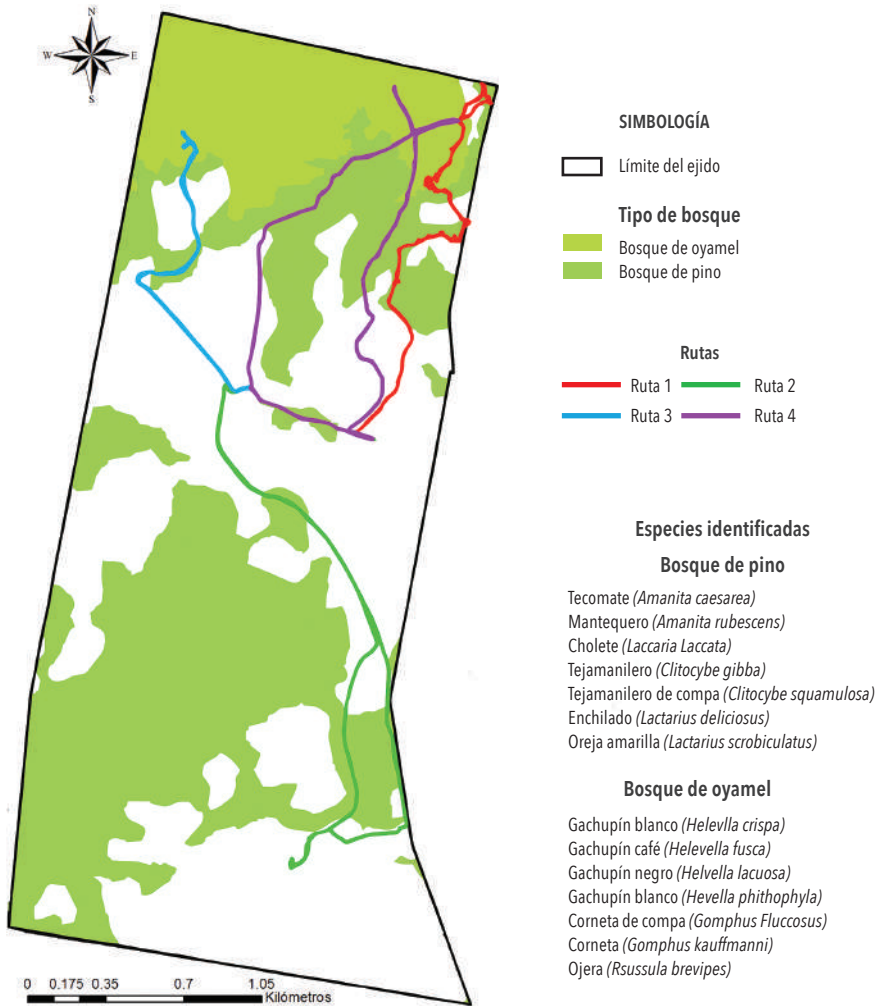


FIGURA 4

**Rutas micoturísticas propuestas**

Elaboración propia con base en trabajo de campo.

## CONCLUSIONES

El uso de los Sistemas de Información Geográfica es una herramienta útil para la planificación, gestión y evaluación de la actividad turística que ha sido ampliamente estudiada y aplicada en los últimos años. Sin embargo, las referencias sobre estos sistemas aplicados a casos de turismo rural y particularmente del turismo micológico son escasas.

En este sentido, la utilización de los SIG para la planificación y gestión del turismo micológico se debe plantear en el contexto de una estrategia integral de gestión forestal sustentable. Ello es importante debido a que el conocimiento tradicional ecológico, vinculado con el aprovechamiento de los hongos, no solamente debe ser una fuente de información, sino que debe aportar una perspectiva y una forma de ver el mundo que influya en las políticas y estrategias de desarrollo destinadas al espacio rural. Con ello, se confiere una dimensión ética a la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica, que impacta positivamente sobre los actores afectados por la forma en que la información es presentada, es decir, esto implica poner sobre la mesa una forma de interpretar el mundo, que normalmente está fuera de los cánones occidentales.

De acuerdo con lo anterior, los Sistemas de Información Geográfica representan la oportunidad de redimensionar el desarrollo local, en particular en el espacio rural, donde es imprescindible la generación de información sobre los recursos endógenos que ayude a los actores locales a enfrentar el reto de diversificar sus actividades productivas hacia el turismo. Para ello, se requiere contar con datos precisos sobre el conjunto de bienes y servicios que sirvan de base para determinar el potencial turístico del territorio y que posibiliten el diseño innovador de una oferta micoturística integral.

Entre las ventajas del análisis conducido a través de sistemas de geoposicionamiento, es que éstos permiten adoptar una perspectiva integral sobre las interrelaciones existentes entre los datos recabados, lo cual conduce a una adecuada proyección espacial de la estrategia micoturística de tipo sustentable en las dimensiones social, económica y ambiental. Para ello, se necesita que la alimentación de los datos y su posterior interpretación partan de un enfoque participativo, donde la aportación de los recolectores es fundamental para generar un producto micoturístico con identidad territorial.

Los resultados muestran que existe una variedad considerable de hongos comestibles silvestres en la zona de estudio, cuyo aprovechamiento a través de la comercialización y el autoconsumo reporta beneficios marginales para

los recolectores. Al respecto puede afirmarse que el turismo micológico puede ayudar a diversificar las actividades tradicionales de los recolectores y generar beneficios más lucrativos que impacten positivamente en su calidad de vida y la de sus familias.

No obstante, es crucial advertir que el turismo micológico no es la panacea para resolver los problemas socioeconómicos de los recolectores, sino que se trata de una estrategia complementaria que debe atender estrictamente criterios para proteger las especies amenazadas de hongos y debe obrar en beneficio de quienes históricamente se han dedicado a la recolección de hongos como una actividad económica y cultural. Por todo lo anterior, se concluye que el turismo micológico en la zona estudiada debe ser una actividad en pequeña escala, acorde con la infraestructura de alojamiento disponible, que se debe restringir al aprovechamiento de las 19 especies detectadas con vocación turística y que sólo debe operarse en cuatro senderos, que coinciden, en 70 %, con los caminos comunales por los que la propia comunidad desarrolla otras actividades agrosilvopastoriles, en horarios y temporadas claramente acordadas entre todos los interesados.

Cabe mencionar que este capítulo es parte de una investigación de ciencia básica que tiene la finalidad de explorar el potencial turístico de los hongos comestibles silvestres en la zona de alta montaña del centro de México. Los datos generados en esta investigación pueden constituir un precedente importante para generar mecanismos de control, gestión y ordenamiento territorial alrededor de los recursos micológicos. Sin embargo, aún quedan pendientes algunos aspectos que contemplen la perspectiva de la demanda turística, la capacidad de carga y los mecanismos de regulación de esta nueva actividad en el territorio.

Para concluir, quisiera agradecer el apoyo del proyecto de investigación Evaluación de la Dimensión Recreativa de los Hongos Comestibles Silvestres, su Interés Socioeconómico y sus Perspectivas de Desarrollo Rural, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y la Secretaría de Educación Pública (SEP) Ciencia Básica, con número de serie CB242500.

## REFERENCIAS

- Bahaire, T., y M. Elliot-White (1999). "The Application of Geographical Information Systems (GIS) in Sustainable Tourism Planning: A Review", *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 7, núm. 2, pp. 159-174. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09669589908667333>, consultado el 23 de mayo de 2022.
- Boyd, S., y R. Butler (1996). "Seeing the forest through the trees: Using GIS to identify potential ecotourism sites in Northern Ontario", en L.C. Harrison, y W. Husbands (eds.), *Practising Responsible Tourism: International Case Studies in Tourism Planning, Policy & Development*, New York, NY, J. Wiley y Sons, pp. 380-403.
- Castro, S. (2009). *Micoturismo: enquadramento estratégico em áreas protegidas*. (Unpublished Master Dissertation). Universidad Técnica de Lisboa, Portugal.
- Europa Press (24 de mayo de 2013). "El proyecto 'Micosylva+' estima en 65 millones de euros el valor medio generado por la micología en CyL", en *Europa Press, Castilla y León*. 24-05-2013. Recuperado de: <https://acortar.link/uLLbQk>, consultado el 23 de septiembre de 2022.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020). *Información actualizada sobre la gestión forestal sostenible*. Roma: FAO.
- Faria, C., J. Angarita, L. Laurens et al. (2016). "Modelo de planificación estratégica del turismo rural sostenible", *Multiciencias*, vol. 16, núm. 3, pp. 267-276.
- Frutos de, P., F. Martínez y S. Esteban (2012). "Edible wild mushroom tourism as a source of income and employment in rural areas. The case of Castilla y León", *Forest Systems*, vol. 21, núm.1, pp. 81-98.
- Garau, C. (2015). "Perspectives on Cultural and Sustainable Rural Tourism in a Smart Region: The Case Study of Marmilla in Sardinia (Italy)", *Sustainability*, vol. 7. Recuperado de <file:///Users/apple/Downloads/sustainability-07-06412.pdf>, consultado el 23 de mayo de 2022.
- Goodman, L. (1961). "Snowball Sampling", *Annals of Mathematical Statistics*, vol. 32, pp.148-170.
- Grimshaw, D. (1993). *Bringing GIS into Bussines Geoinformation*. London, Longman.
- Gunn, C. (1994), "The emergence of effective tourism planning and development", en A. Seaton et al. (eds.), *Tourism The State of the Art*. Chichester, John Wiley & Sons, pp. 10-19.
- Haines-Young, R., R. Bunce y T. Parr (1994). "Countryside Information System: An information system for environmental policy development and appraisal", *Geographical Systems*, vol. 1, n úm. 4, pp. 329-345.

- Harris, T., D. Weiner, T. Warner *et al.* (1996). "Pursuing social goals through participatory GIS: Redressing South Africa's historical political ecology", en J. Pickles (ed.), *Ground Truth: The Social Implications of GIS*, Guildford, Guildford Press, pp. 196-222.
- Hughes, G. y D. Schirmer (1994). "Interactive multimedia, public participation and environmental assessment", *Town Planning Review*, vol. 65, núm. 4, pp. 39-414.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010 Texclatitlán*. Recuperado de: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/15/15097.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15097.pdf), consultado el 22 de mayo de 2022.
- Jiménez, A., H. Thomé-Ortiz y C. Burrola (2016). "Biocultural heritage, mycological tourism and ethnoknowledge", *El Periplo Sustentable*, núm. 30, pp. 180-205.
- Kim, J. (2010). "Determining the Factors Affecting the Memorable Nature of Travel Experiences", *Journal of Travel & Tourism Marketing*, vol. 27, núm. 8, pp. 780-796.
- Lázaro, A. (2008). "El aprovechamiento micológico como vía de desarrollo rural en España: las facetas comercial y recreativa", *Anales de Geografía*, vol. 28, pp. 111-136.
- Martínez-Peña, F. *et al.* (2009). *Micodata: Sistema de Información Geográfica sobre la producción, aprovechamiento y ordenación del recurso micológico en Castilla y León*. Paper presented at 50 Congreso Forestal Español. Montes y Sociedad: Saber qué hacer. Ávila, España. Recuperado de <https://acortar.link/uLLbQk>, consultado el 23 de febrero de 2022.
- Pita, L., W. González y E. Segura (2015). "The rural development: An approach from the new rurality", *Ciencia y Agricultura*, vol. 12, núm. 1, pp. 15-25.
- Priskin, J. (2001). "Assessment of natural resources for nature based tourism: the case of Central Coast Region of Western Australia", *Tourism Management*, vol. 22, pp. 637-648.
- Reyes-García, V., *et al.* (2006). "Cultural, practical, and economic value of wild plants: a quantitative study in the Bolivian Amazon", *Economic Botany*, vol. 60, núm.1, 000-000. Recuperado de [https://link.springer.com/article/10.1663/0013-0001\(2006\)60\[62:CPAEVO\]2.0.CO;2](https://link.springer.com/article/10.1663/0013-0001(2006)60[62:CPAEVO]2.0.CO;2), consultado el 23 de mayo de 2022.
- Robinson, G. (1992). "Geographical Information Systems (GIS) and planning in Scotland: The RLUIS project and advances in GIS", *Scottish Geographical Magazine*, vol. 108, núm. 1, pp. 22-28.

- Servin, L. y P. Alarcón (2018). “Conocimiento tradicional de los hongos comestibles silvestres en la comunidad purépecha de Comachuén, Nahuatzen, Michoacán”, *Acta Universitaria*, vol. 28, núm. 1, pp. 15-29.
- Signorini, M. (2009). “Plants and traditional knowledge: An ethnobotanical investigation on Monte Ortobene (Nuoro, Sardinia)”, *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, vol. 5, núm. 6, 1-14. Recuperado de file:///Users/apple/Downloads/1746-4269-5-6.pdf, consultado el 23 de mayo de 2022.
- Thomé-Ortiz, H. (2015). “Turismo micológico, una nueva mirada al bosque”, *Ciencia y Desarrollo*, vol. 1, núm. 1, pp. 14-19.
- Williams, P., J. Paul y D. Hainsworth (1996). “Keeping track of what really counts: Tourism resource inventory systems in British Columbia, Canada”, en L. Harrison, y W. Husbands (eds.), *Practising responsible tourism: international case studies in tourism planning, policy & development*, New York, N.Y., J. Wiley & Sons, pp. 404-421.



**Aprovechamiento  
de  
arbustos**





## Capítulo 4

### Distribución espacial y aprovechamiento de perilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.)<sup>1</sup> en el bosque de aile del Nevado de Toluca

Luis Daniel Carbajal Romero   Angel Rolando Endara Agramont   José Jonathan Aguirre Zúñiga  
Luis Antonio García Almaraz   Humberto Thomé Ortiz   Ana Tarín Gutiérrez Ibáñez  
Miriam Alejandra Rosas Sánchez

#### INTRODUCCIÓN

Los recursos forestales no maderables (RFNM) son considerados bienes de origen biológico, como una variedad de bienes diferentes a la madera (López, 2007). Éstos se han convertido en una alternativa económica para impulsar el desarrollo rural (Clement, Clay y Sampaio, 1999). El aprovechamiento de RFNM en México supera las 70 toneladas anuales, de las cuales, la tierra de monte (62 %), resina (17 %), así como plantas medicinales, hongos comestibles y arbustos (19 %) son las más demandadas (Semarnat, 2014).

En el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) (mapa 1) prevalecen los bosques de pino (*Pinus hartwegii*, *Pinus pseudostrabus*, *Pinus montezumae* y *Pinus ayacahuite*), oyamel (*Abies religiosa*), aile (*Alnus jorullensis*) y encino (*Quercus laurina*), que representan 66 % de la superficie total (Endara, 2010). Vazquez-Lozada y colaboradores (2022) mencionan que los bosques de aile y sus diferentes asociaciones superan 5 % de la masa forestal del Nevado de Toluca.

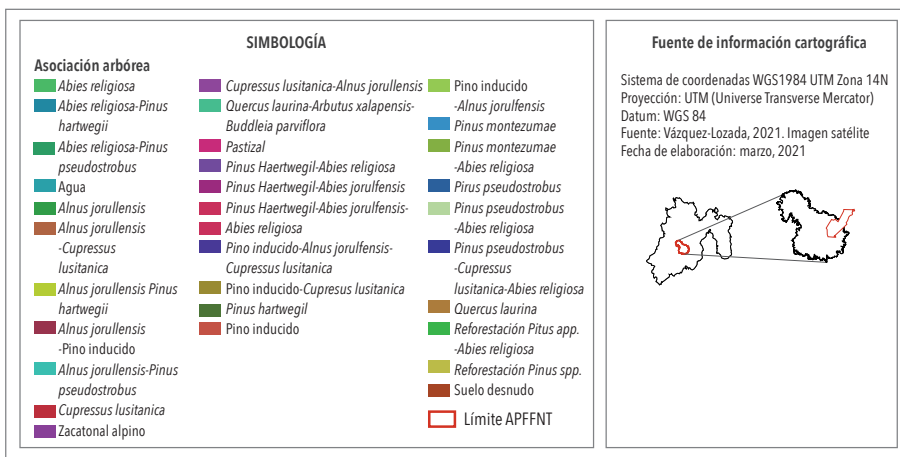
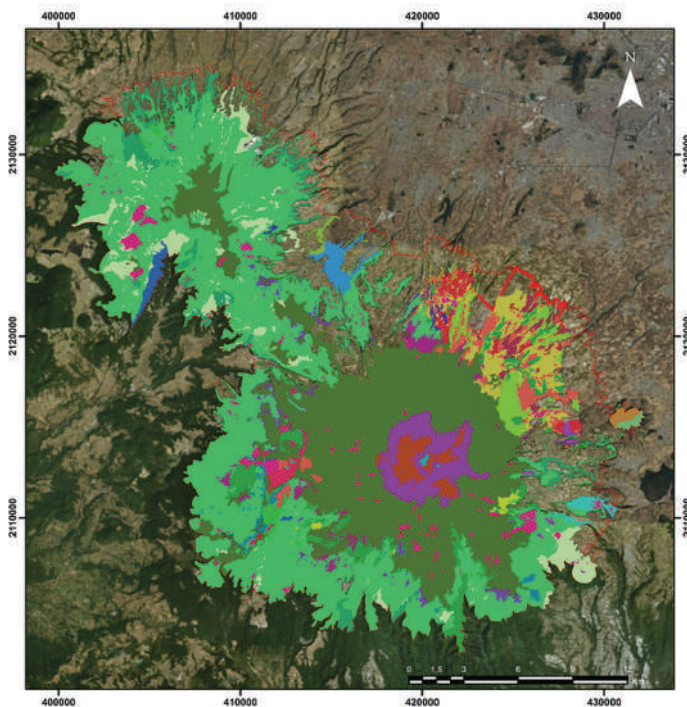
<sup>1</sup> H. B. K. son las siglas de los autores Humboldt, Bonpland y Kunth. Se trata de plantas que se colectaron durante las conocidas expediciones del barón Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland, que posteriormente fueron publicadas por Carl Sigismund Kunth.

El aprovechamiento de los RFNM (perlilla, musgo y hongos comestibles) es vinculado con la existencia de bosques de oyamel (Anastacio *et al.*, 2015). En este estudio se hace referencia a la vara de perlilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K), la cual crece fácilmente en áreas perturbadas, cerca de senderos, veredas y parcelas de cultivo, así como en bosques de pino y encino (Monroy, Castillo y Colín, 2007; Matesanz y Valladares, 2009).

La vara de perlilla se utiliza para elaborar artesanías, adornos navideños y escobas rústicas (Anastacio *et al.*, 2015). El uso y aprovechamiento de este recurso está vinculado con procesos culturales del refinamiento de la memoria biocultural (Toledo y Barrera, 2008), que ha permanecido en las poblaciones en torno al Nevado de Toluca.

Los antecedentes de su aprovechamiento datan de la década de 1990, en la localidad de Santiago Tlacotepec, Estado de México, destinado para la elaboración de escobas rústicas; recientemente se ha diversificado su utilización para la fabricación de artesanías navideñas y su gran demanda conduce a la explotación intensa de recursos, el cual provoca la perturbación de los ecosistemas y conflictos sociales entre actores locales (Anastasio *et al.*, 2016).

**MAPA 1**  
**Poblaciones y asociaciones forestales del APFFNT**



Fuente: Vázquez-Lozada, 2022 (en prensa).

En México, la investigación de RFNM se centra en la biología de las especies, dejando de lado los problemas sociales inherentes a su extracción y comercialización, lo cual significa que es importante reconocer el papel de la comunidad y la forma en que los residentes utilizan los recursos para obtener beneficios económicos (Monroy, Castillo y Colín, 2007). Tanto habitantes como autoridades gubernamentales y organizaciones sociales tienen la capacidad de proteger los bosques mediante el dominio y control de los recursos naturales (Endara y Herrera, 2016).

### Caracterización ecológica

La perilla es un arbusto perenne de la familia *Caprifoliaceae* (figura 1), que prospera en los estratos inferiores de los bosques de oyamel (*Abies religiosa*) en un rango altitudinal entre 2 mil 700 a 3 mil 500 msnm, sobre suelos con alto contenido de materia orgánica y humedad (Calderón y Rzedowski, 2001). Sin embargo (Monroy, Castillo y Colín, 2007; Matesanz y Valladares, 2009), también lo reportan en bosques de pino y encino.



FIGURA 1

*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K

Trabajo de campo (2020). Fotografía de Luis Daniel Carbajal Romero.

Nombres comunes: perlititas, vara perilla y hierba “correosa” (Calderón y Rzedowski, 2001).

Descripción: el arbusto es erecto ramificado con una altura promedio de uno a tres metros, las ramas son flexibles; sus hojas sobre peciolos de uno a tres milímetros de longitud, láminas ovadas, ápice redondeado con bordes completos, su base es aguda de color verde oscuro y delicadamente pubescente en la parte superior del envés (figura 2).



**FIGURA 2**

**Arbusto de perilla**

Trabajo de campo, 2020. Fotografía de Luis Daniel Carbajal Romero.

Distribución geográfica: se distribuye desde México hasta Guatemala, incluyendo el Sistema Volcánico Transmexicano (Calderón y Rzedowski, 2001).

Fenología y colecta: es perenne, el periodo de floración se presenta de julio a septiembre, fructifica de octubre a febrero, la etapa vegetativa (crecimiento de tallos) ocurre de marzo a junio, el periodo de corte inicia en mayo y termina en octubre (Semarnat, 2008).

### Uso y aprovechamiento de la perlilla

El principal uso es la elaboración de escobas rústicas (usadas en jardinería), así como artesanías, tales como: canastas y figuras navideñas (Monroy, Castillo y Colín, 2007). Se aprovechan trozos entre uno y dos metros de altura, las ramas se deshojan y se acomodan formando un manojo de 25 unidades para la creación de una escoba (figura 3). Aunado con ello se dejan secar los manojos al sol mínimo 10 días.



**FIGURA 3**

#### Escobas de perlilla

Trabajo de campo. Fotografía de Luis Daniel Carbajal Romero.

Anastacio y colaboradores (2015) mencionan que existen características específicas para el aprovechamiento de la perlilla establecidas en la NOM-005-REC NAT-1997, actualmente se encuentra en el proyecto de la Norma Oficial

Mexicana PROY-NOM-005-SEMARNAT-2012, publicado en el *Diario Oficial de la Federación*, del 30 de julio 2012), donde se establecen los criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento sustentable de los RFNM existentes en los ecosistemas forestales, lo que indica que “solo se permitirá aprovechar 60 % de los tallos en madurez de cosecha” (Segob, 2012 [en línea]) con la finalidad de favorecer la reproducción por semilla.

El corte de la planta, en la actualidad, se realiza en un periodo fenológico no favorable, floración y producción de semillas (julio a septiembre), disminuyendo la capacidad de regeneración natural del recurso (Anastacio *et al.*, 2015).

### **Criterios para la corta**

Durante la época de aprovechamiento (mayo a octubre), se realizan cortes mensuales, no se cortan retoños, sólo se extraen varas maduras y jóvenes. Cuando las semillas germinan y comienzan a crecer, se podan los tallos, con un corte diagonal a los 20 centímetros de la base del tallo, para favorecer el rebrote de nuevas ramas (Anastacio *et al.*, 2015).

Los criterios para la extracción dependen del estado de madurez y abundancia de la planta, así como la disponibilidad de personal para la corta y la demanda del mercado. Esta última ha propiciado una disminución considerable del recurso, poniendo en riesgo la sostenibilidad de la actividad económica (Monroy, Castillo, colín, 2007).

Esta demanda, generada por área metropolitana de la Ciudad de México, especialmente del centro de la ciudad, convierte el aprovechamiento de la perilla en la principal fuente de ingresos de algunas comunidades del APFFNT, como suministro de escobas para el mantenimiento de las vías públicas (Monroy *et al.*, 2007).

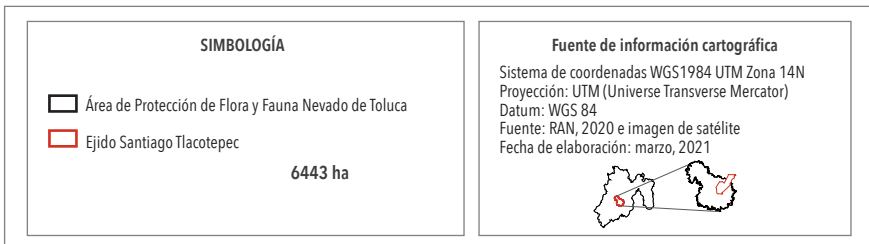
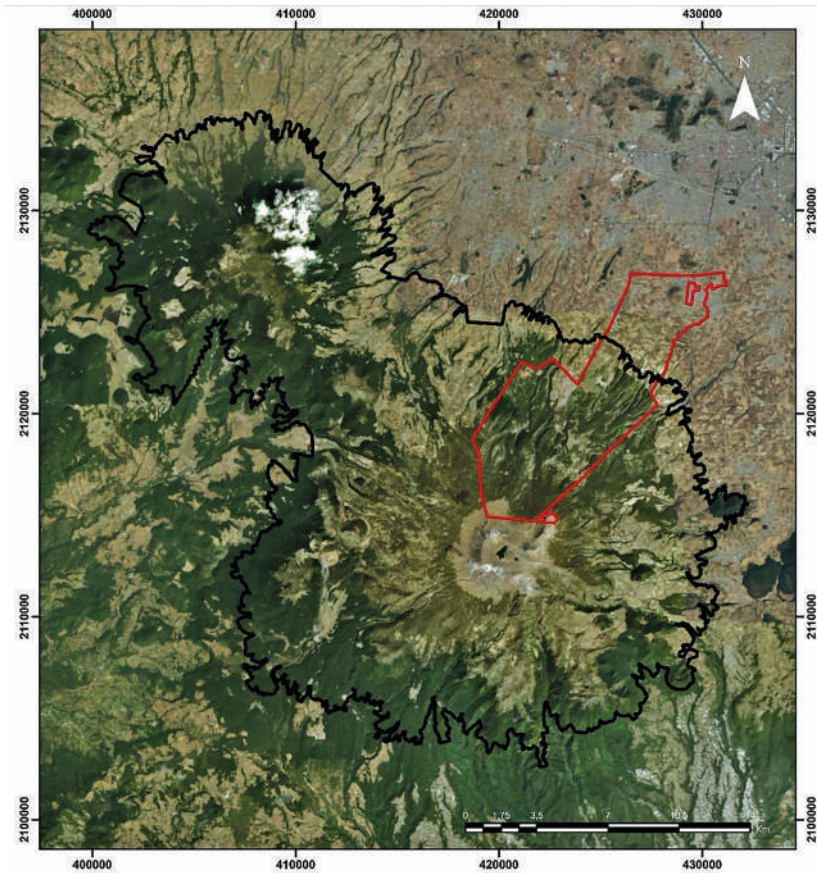
### **CASO DE ESTUDIO**

#### **Bosque de *Alnus jorullensis* en el ejido Santiago Tlacotepec**

El estudio se efectuó en el bosque de aile del APFFNT, específicamente en el ejido de Santiago Tlacotepec, el cual cuenta con 6 mil 443 ha (hectáreas) totales, se ubica al sur de la ciudad de Toluca, con un rango altitudinal entre 2 mil 800 y 4 mil 200 msnm. Para este estudio se consideró una superficie de 4 mil 752 ha, dentro del APFFNT (mapa 2).



## MAPA 2 Ubicación del área de estudio

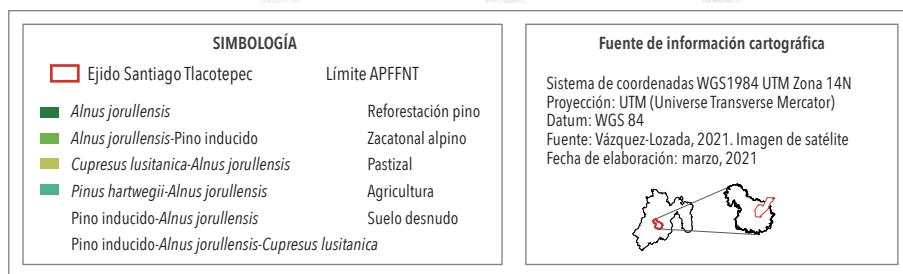
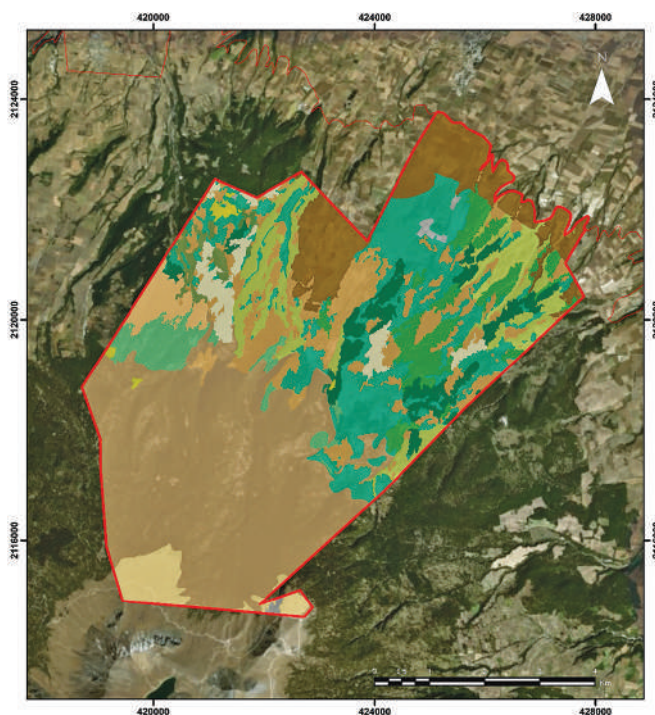


Elaboración propia.

### Estrato arbóreo, ejido de Tlacotepec

La composición del estrato arbóreo dentro del ejido de Santiago Tlacotepec se ve representada por 12 asociaciones arbóreas (mapa 3), teniendo en cuenta que seis de ellas corresponden al bosque de aile y sus diferentes asociaciones.

**MAPA 3**  
Asociación arbórea dentro del ejido de Santiago Tlacotepec



Elaboración propia.

### Bosque de aile

Endara y Herrera (2016) mencionan que los bosques de aile tienden a incrementarse debido a la fragmentación constante de los bosques de pino y encino, al abandono de tierras de cultivo; ya que gran parte es producto de la sucesión natural de los ecosistemas. Al ser ésta una especie pionera y fijadora de nitrógeno, ayuda reestablecer la vegetación original a través de la regeneración gradual de estos ecosistemas (figura 4).



**FIGURA 4**

**Ilustración del bosque de aile en asociación con zona de pastoreo**

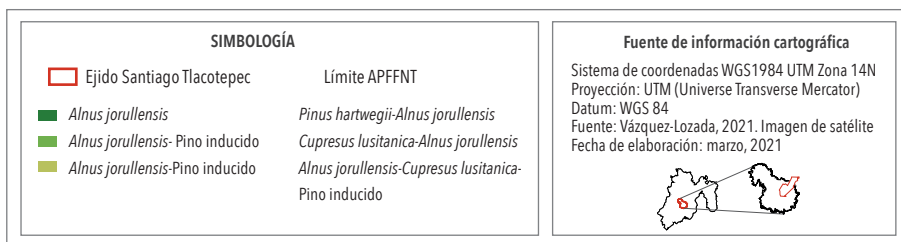
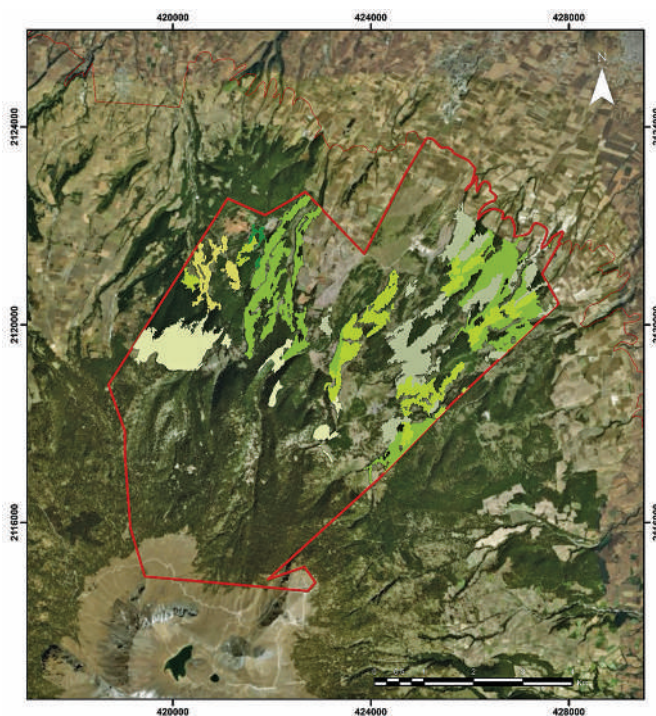
Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de Luis Daniel Carbajal Romero.

Los bosques secundarios de aile se establecen en zonas muy específicas y aisladas, aunque también se encuentra asociada con otras especies como *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii* (Rzedowski *et al.*, 2005). En estos bosques se encontró una fuerte evidencia de la existencia de vara de perlilla, lo que concuerda con (Mejía *et al.*, 2018), ésta adquiere importancia económica para ciertas comunidades del APFFNT (Anastacio *et al.*, 2016).

Este tipo de bosque se distribuye en las laderas norte y oeste en torno al cráter del APFFNT, ocupando una superficie aproximada de 2 mil hectáreas. Es común identificar poblaciones de esta especie, las cuales adquieren gran

importancia debido a que controlan la erosión y estabilizan los suelos forestales (Franco y Burrola, 2010; Regil, 2013). Para llevar a cabo esta investigación se consideró únicamente 993 hectáreas que corresponden a zonas delimitadas por bosques de aile y asociaciones en el ejido de Tlacotepec (mapa 4).

**MAPA 4**  
Poblaciones y asociaciones de aile



Elaboración propia.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Determinación de la distribución espacial de vara de perlilla**

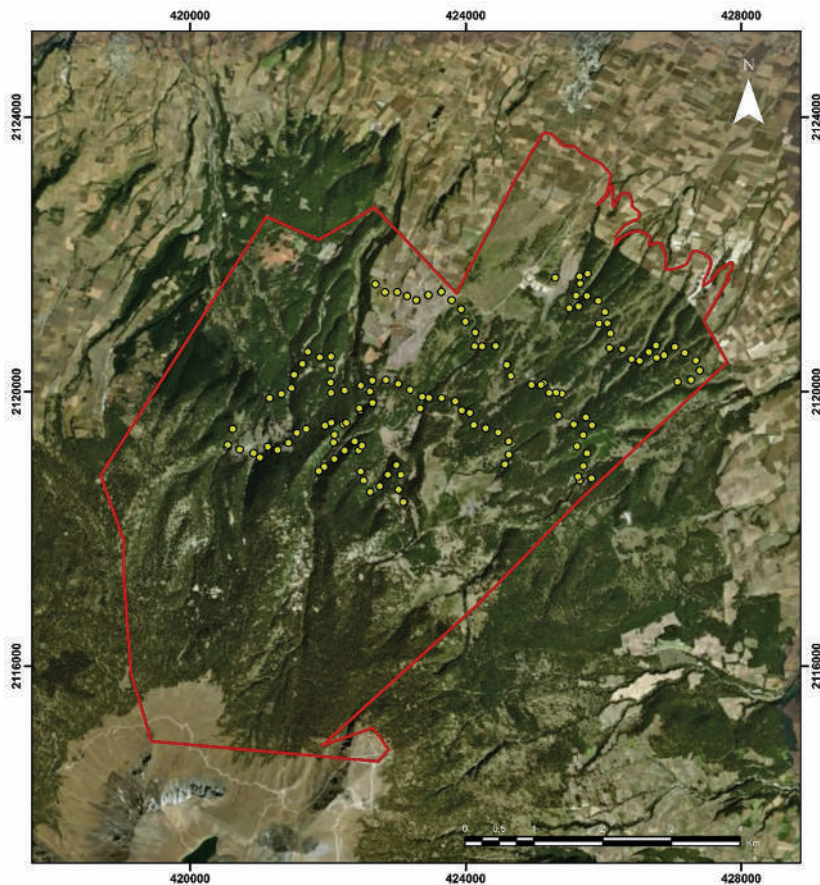
Con base en el mapa forestal del APFFNT (Vázquez-Lozada, 2022 [en prensa]) e información de la carta topográfica, se delimitó la zona de estudio, considerando los bosques de aile y sus diferentes asociaciones como zonas para el establecimiento de muestreo.


### **Instalación de sitios temporales de muestreo**

Se establecieron 130 sitios temporales de muestreo (STM) a partir de la curva de nivel 3 mil 100 y hasta los 3 mil 500 msnm, con una separación altitudinal de 100 metros (Mayer y Ott, 1991). Los STM fueron de forma circular con un radio de 17.86 metros, distribuidos de forma sistemática sobre cada transecto (curva de nivel) a una equidistancia de 200 metros, obtenida a partir de la intensidad mínima de muestreo (Dauber, 1995), con la finalidad de determinar la distribución espacial, abundancia y extracción de vara de perlilla (mapa 5).

En cada STM se determinó el porcentaje de ocupación en m<sup>2</sup> (metros cuadrados) de los parches de vara de perlilla, así como sus alturas y número de varas por arbusto, se registraron datos de las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator), altitud (m), pendiente y exposición de ladera (°), la dominancia y asociación de especies arbóreas (se consideraron especies dominantes a aquellas que presentaran mayor número de individuos al interior del sitio).

### MAPA 5 Sitios temporales de muestreo



<p><b>SIMBOLOGÍA</b></p> <p>□ Ejido Santiago Tlacotepec</p> <p>● Sitios de muestreo: 130</p>	<p><b>Fuente de información cartográfica</b></p> <p>Sistema de coordenadas WGS1984 UTM Zona 14N Proyección: UTM (Universe Transverse Mercator) Datum: WGS 84 Fuente: RAN, 2020 e imagen de satélite Fecha de elaboración: marzo, 2021</p> 
--	---

Elaboración propia.

### Colección de vara de perlilla

Con información de recolectores y en compañía de personal del comisariado ejidal de Santiago Tlacotepec (figura 5) se realizaron mediciones de 44 arbustos de vara perlilla para conocer: a) cobertura arbustiva; b) altura del arbusto; c) número de varas por arbusto (figura 6).



**FIGURA 5**

#### Informantes clave en la recolección de perlilla

Trabajo de campo. Fotografía de Luis Daniel Carbajal Romero.



**FIGURA 6**

#### Mediciones de perlilla

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de Luis Daniel Carbajal Romero.

Posteriormente se realizó el corte correspondiente a un manojo compuesto de 200 varas de perilla (figura 7), para obtener el peso fresco (figura 8).



**FIGURA 7**

**Manojo de perilla**

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de Luis Daniel Carbajal Romero.



**FIGURA 8**

**Obtención del peso en fresco del manojo de perilla**

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de Luis Daniel Carbajal Romero.



## RESULTADOS

### *Rangos de abundancia y extracción*

Para la determinación de los niveles de abundancia y extracción de perlilla se tomaron en cuenta los datos de los STM con presencia. Se obtuvieron 82 sitios con abundancia, que corresponde al 63 % del total y 14 sitios con extracción, es decir, 10 % del total. Para ello, se determinó el promedio de cada conjunto de datos; se aplicó una desviación estándar para determinar la cantidad de STM correspondientes a los rangos bajo, medio y alto (tabla 1) y extracción (tabla 2).

**TABLA 1**  
Rangos para la obtención de niveles de abundancia

ABUNDANCIA			
Rango	Promedio	Desviación estándar	Resultado
Bajo			< 176.6
Medio	354.87	178.272	177-532
Alto			> 533.15

Elaboración propia con datos de trabajo de campo.

**TABLA 2**  
Rangos para la obtención de los niveles de extracción

EXTRACCIÓN			
Rango	Promedio	Desviación estándar	Resultado
Nulo			183.4
Moderado	400	216.58	184-615
Alto			616.58

Elaboración propia con datos de trabajo de campo.

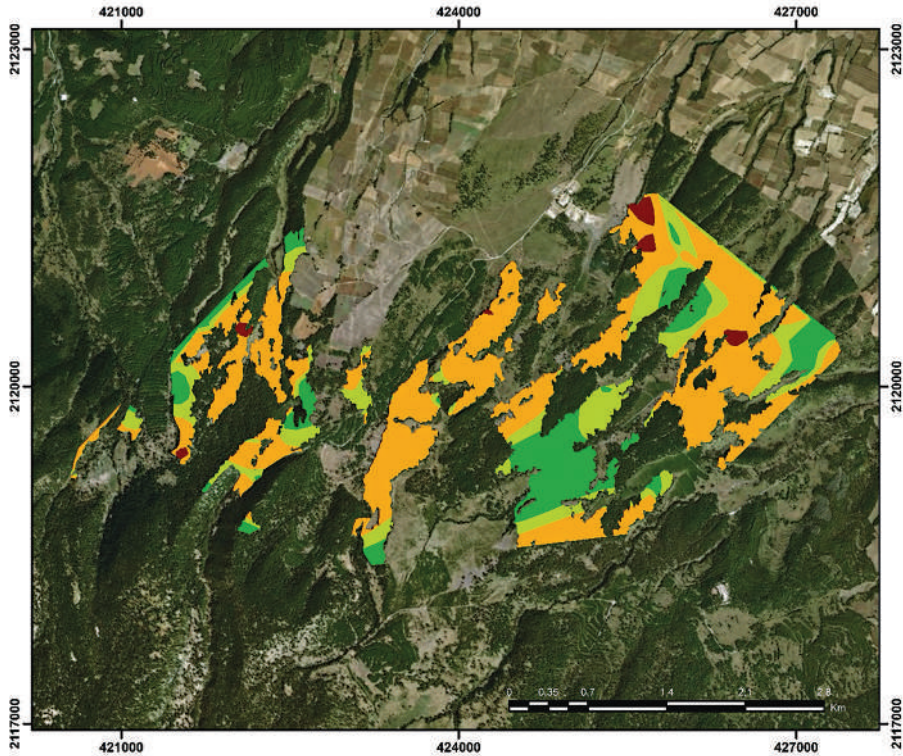
### **Abundancia y extracción de perilla**

A partir de la determinación de los rangos de abundancia, se extrapolaron los datos de superficie (m<sup>2</sup>/manejo) y peso de cada manejo de perilla para estimar los rangos de abundancia nulo, bajo, medio y alto, llevando así la información a hectáreas y toneladas en el bosque de aile del ejido de Santiago Tlacotepec.

El número de varas por arbusto es de 58; la superficie promedio de cada uno es de 3.28 m<sup>2</sup>, con un peso fresco de 2.31 kg. Por lo tanto, un manejo de acuerdo con la medida tradicional está compuesto por 200 varas, con un peso fresco de 7.98 kg y cubriendo una superficie de 11.3 m<sup>2</sup>.

La superficie de bosque de aile con presencia de perilla asciende a 424 ha, que alberga aproximadamente 855 toneladas de perilla y más de 107 mil manojos en existencia (mapa 6). Con base en los datos de abundancia, la superficie que con extracción es de 85 ha (20 %), con 30 toneladas extraídas, que corresponde al 3.5 % del total de bosque de aile con presencia de perilla, así como poco menos de 2 000 manojos extraídos (2 %) (mapa 7).

## MAPA 6 Niveles de abundancia de perilla



### SIMBOLOGÍA

Abundancia de perilla			
Categoría	Superficie (ha)	T (tonelada)	Manojos
<span style="color: green;">■</span> Nula	97.35	0	0
<span style="color: yellow;">■</span> Baja	102.79	98.94	12,392
<span style="color: orange;">■</span> Media	311.21	706.55	88,496
<span style="color: red;">■</span> Alta	10.28	49.70	6226
<b>Total</b>	<b>424.28</b>	<b>855.19</b>	<b>107.114</b>

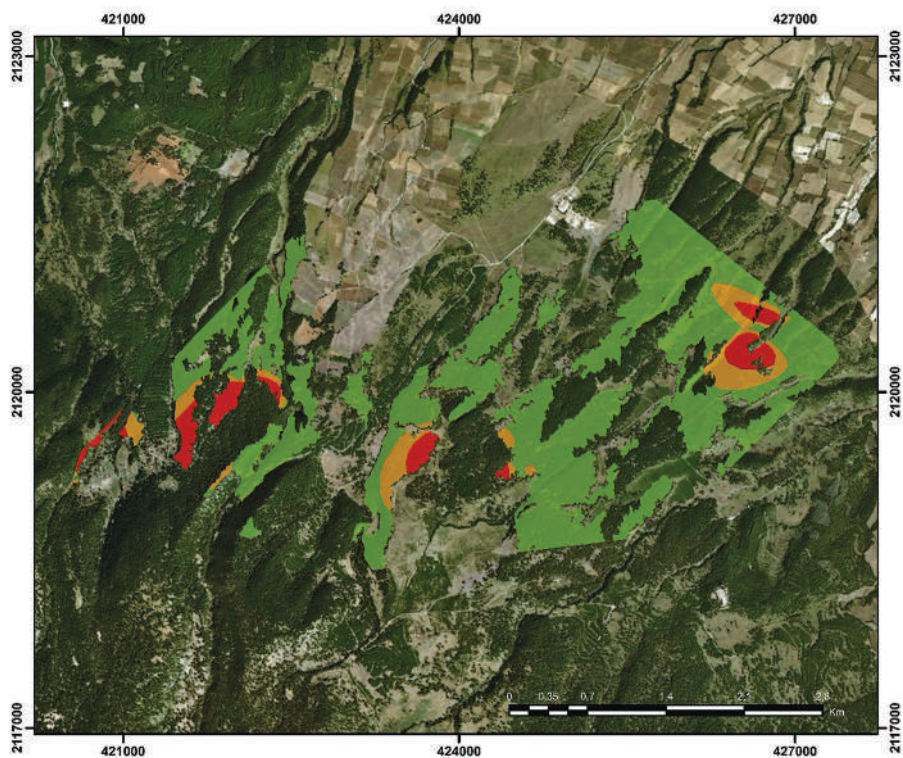
### Fuente de información cartográfica

Sistema de coordenadas: WGS1984 UTM Zona 14N  
 Proyección: UTM (Universe Transverse Mercator)  
 Datum: WGS 84  
 Fuente: RAN, 2020 e imagen de satélite  
 Fecha de elaboración: marzo, 2021



Elaboración propia.

## MAPA 7 Extracción de perilla



### SIMBOLOGÍA

Extracción de perilla			
Categoría	Superficie (ha)	T (tonelada)	Manojos
<span style="color: green;">■</span> Nula	435.60	0	0
<span style="color: orange;">■</span> Moderada	47.99	3.97	498.03
<span style="color: red;">■</span> Alta	37.73	26.55	1479.2
<b>Total</b>	<b>85.633</b>	<b>30.526</b>	<b>1977.23</b>

### Fuente de información cartográfica

Sistema de coordenadas: WGS1984 UTM Zona 14N  
 Proyección: UTM (Universe Transverse Mercator)  
 Datum: WGS 84  
 Fuente: RAN, 2020 e imagen de satélite  
 Fecha de elaboración: marzo, 2021



Elaboración propia.

### Implicaciones del aprovechamiento de perilla en bosque de aile

Zuidema (2000) plantea que para la evaluación del aprovechamiento de un producto se debe considerar al individuo (evaluando si el aprovechamiento causa la muerte) y la población (considerando un aprovechamiento sostenible si la población no desaparece) como variables de medición.

Anastasio y colaboradores (2015) señalan que la demanda y el consumo de vara de perilla es el principal detonador del aprovechamiento de la perilla en la APFFNT, porque es utilizada para la elaboración de escobas rústicas destinadas a la limpieza de los espacios públicos.

Mediante el análisis de la distribución espacial y aprovechamiento de vara de perilla los resultados indican que los niveles de extracción y abundancia no comprometen su existencia, esto sugiere que la especie está siendo aprovechada de forma sustentable; en este caso, haciendo referencia al proyecto Aprovechamiento de Recursos Forestales no Maderables con Fines Comerciales de Vara de Perilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K) y Musgo (*Politrychum spp.*) en los bienes comunales del ejido de Santiago Tlacotepec, municipio de Toluca (Semarnat, 2019).

Con datos obtenidos de la vara de perilla, se infiere que su aprovechamiento garantiza la conservación del recurso, permitiendo que, a largo plazo, se logren mayores beneficios para los actores locales, lo que coincide con Rodríguez e Higinio (2011).

### CONCLUSIONES

El aprovechamiento de la vara de perilla en el bosque de aile del ejido de Santiago Tlacotepec no rebasa los umbrales naturales de regeneración, por lo que se puede considerar sustentable; aunado con lo anterior se comprobó que la cantidad de perilla autorizada para aprovechamiento anual emitida por Semarnat es de 55 toneladas. Esto no pone en riesgo la permanencia del recurso. La abundancia total de perilla asociada a la zona de estudio asciende a 855 toneladas hasta el año 2020 y está directamente asociada con la presencia de *Alnus jorullensis* y *Pinus Hartwegii*.

La vara de perilla representa un ingreso económico para cortadores, comercializadores y artesanos de la localidad de Tlacotepec y otros municipios, quienes aseguran la permanencia de actividades ligadas a la transformación de este recurso. El aprovechamiento sustentable de este arbusto depende de buenas prácticas de poda y corta que aseguren su regeneración en años próximos,

así como en la regulación por parte de las autoridades locales para no sobreexplotar el recurso.

Por todo lo anterior, se sugiere realizar estudios sobre la capacidad de captura de carbono de la vara de perilla, dadas sus existencias y niveles de aprovechamiento sostenibles, también identificar otras especies alternativas de aprovechamiento como una estrategia para reducir la presión sobre las tradicionales, así como ampliar el estudio con informantes clave, recolectores, intermediarios y los usuarios finales del recurso.

## REFERENCIAS

- Anastacio-Martínez, N. D. *et al.* (2016). “Aprovechamiento de productos forestales no maderables en los bosques de montaña alta, centro de México”, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 7, núm. 37, pp. 21-38.
- Anastacio-Martínez, N. D. *et al.* (2015). “Extracción de perilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.) en el Nevado de Toluca”, *Madera y Bosque*, vol. 21, núm. 2.
- Calderón, G. y J. Rzedowski (2001). “(*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.)”, en Graciela Calderón de Rzedowski y Jerzy Rzedowski, *Flora Fanerogámica del Valle de México*, Instituto de Ecología, Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, p. 739.
- Clement, C. R., J. Clay y P. Sampaio (eds.) (1999). *Biodiversidad amazónica: ejemplos y estrategias de utilización. Programa de Desarrollo Empresarial y Tecnológico*, Manaus: Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Dauber, E. (1995). *Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento*. Santa Cruz: BOLFOR.
- Endara, A. R. (2010). *Análisis de los procesos de recuperación en el bosque templado del Parque Nacional Nevado de Toluca* (tesis para obtener el grado de Ciencias Forestales), Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Endara, A. R. y T. F. Herrera (2016). “Deterioro y conservación de los bosques del Nevado de Toluca y el rol de los actores locales”, *CIENCIA ergo-sum*, vol. 23, núm. 3, pp. 247-254. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=104/10448076006>, consultado el 23 de mayo de 2022.
- Franco, M. S. y A. C. Burrola (2010). *Los hongos comestibles del Nevado de Toluca*, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México, 147 pp.
- López C. R., (2007). “Productos forestales no maderables: importancia e impacto de su aprovechamiento”, *Colombia Forestal*, vol. 11, pp. 215-231.

- Matesanz, S. y F. Valladares (2009). “Plantas ruderales”, *Ciencia y Sociedad*, núm. 390, pp. 10-11.
- Mayer, H. y E. Ott (1991). *Gebirgswaldabau-Schutzwaldpflege: ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz (Silviculture in Mountain Forest-Management of protection forest: a silvicultural contribution to landscape ecology and environmental protection)*. Stuttgart, Gustav Fischer.
- Mejía-Canales, A., S. Franco-Maass, A. R. Endara-Agramont y V. Ávila-Akerberg (2018). “Caracterización del sotobosque en bosques densos de pino y oyamel en el Nevado de Toluca, México” *Madera y Bosques*, vol. 24, núm. 3, Recuperado de <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2431656>, consultado el 13 de diciembre de 2020.
- Monroy, R., G. Castillo y H. Colín (2007). “La perlita o perilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K). (*Caprifoliceae*) especie no maderable utilizada en una comunidad del Corredor Biológico Chichinautzin Morelos, México”, *Polibotánica*, vol. 23, pp. 23-36.
- Regil, G. H. H. (2013). *Pérdida y recuperación de carbono derivadas de la dinámica de cambio y uso del suelo en el Parque Nacional Nevado de Toluca en el periodo 2000-2009* (tesis para obtener el grado de doctorado en Ciencias Forestales) Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Rodríguez, J. y J. Higinio (2011). “Importancia de los productos forestales maderables y no maderables en los hogares de Puerto Nariño”, *Cuadernos de Desarrollo Rural*, vol. 6, núm. 62, pp. 31- 52.
- Rzedowski, G. C. y J. Rzedowski (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México*, 2ª ed., Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), México.
- Segob, Secretaría de Gobernación, México (2012). “Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-005-SEMARNAT\_2012”. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5261563&fecha=30/07/2012#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5261563&fecha=30/07/2012#gsc.tab=0), consultado el 23 de mayo de 2022.
- Semarnat, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2008). *Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales no maderables de clima templado-frío*. México. Recuperado de [http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/Manual\\_Clima\\_Templado.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/Manual_Clima_Templado.pdf), consultado el 23 de mayo de 2022.
- Semarnat, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012). “NOM-005-RECNAT-1997. Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza,

- tallos y plantas completas de vegetación forestal”. Publicado originalmente el 12 de enero de 1995 y Reforma de nomenclatura publicada en el *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo68741.pdf>, consultado el 23 de mayo de 2022.
- Semarnat, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2014). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2013*. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282927/2013.pdf>, consultado el 17 de febrero de 2021.
- Semarnat, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2019). “Proyecto aprovechamiento de RFNM con fines comerciales de vara de perilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.) y musgo (*Politrychum* spp.)” a desarrollarse en los bienes comunales del predio de Santiago Tlacotepec, municipio de Toluca, Estado de México.
- Toledo, V., y N. Barrera-Bassols (2008). *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Barcelona: Icaria
- Vazquez-Lozada, S.L. (2022). *Mapeo de asociaciones en una montaña alta del centro de México*, manuscrito (en prensa).
- Zuidema, P. A., y R. G. Boot (2002). “Demography of the Brazil Nut Tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon. Impact of Seed Extraction on Recruitment and Population Dynamics”, *Journal of Tropical Ecology*, vol. 18, pp. 1-31.





## Capítulo 5

### Aprovechamiento de vara blanca (*Salix paradoxa*) en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

Angel Rolando Endara Agramont   José Jonathan Aguirre Zúñiga   Stephanie Miranda Rodríguez  
Luis Daniel Carbajal Romero

#### INTRODUCCIÓN

Los bosques templados de México poseen un alto valor ecológico (Granados-Sánchez, López-Ríos y Hernández-García, 2007), de igual forma, se reconocen valores sociales y culturales vinculados con la biodiversidad (Thomé-Ortiz, 2015). Estos ecosistemas abarcan 327 mil 510.6 km<sup>2</sup> del territorio nacional, distribuidos a lo largo de las cadenas montañosas: Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, Sierra de Chiapas y el Sistema Volcánico Transmexicano (svt) (Velázquez *et al.*, 2002; Challenger y Soberón, 2008).

Dentro del svt se alojan 35 Áreas Naturales Protegidas, las cuales comparten características ambientales para el establecimiento y la realización de actividades productivas (Estrada-Martínez *et al.*, 2014); su conservación es fundamental, ya que el uso y extracción inmoderada de productos forestales genera problemas medioambientales como la erosión del suelo, el desprendimiento de tierra, aumento de la escorrentía y almacenamiento de agua, la sequía de manantiales y la pérdida de biodiversidad; todos estos son efectos negativos que comprometen la calidad de vida de las personas y la conservación del bosque (FAO, 2013).

El Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) alberga bosques de coníferas como pino (*Pinus* spp.) y oyamel (*Abies religiosa*) especies latifoliadas como encino (*Quercus* spp.) y aile (*Alnus jorullensis*), los cuales son ecosistemas que debido a su dinámica propician el crecimiento de recursos forestales no maderables (RFNM) (Anastacio-Martínez *et al.*, 2016) que pueden ser aprovechados por las comunidades periféricas.

Los RFNM son aquellos provenientes de los bosques y selvas diferentes a la madera y leña, por ejemplo: frutas, semillas, resinas, plantas medicinales y ramas de arbustos (Beer y McDermott, 1989; Merino, 2004); en muchos casos pueden llegar a ser la única fuente de ingresos para las familias de las áreas rurales (Ros-Tonen, 2000).

En los municipios que habitan las zonas montañosas del Nevado de Toluca cerca de 10 mil personas realizan actividades agropecuarias y forestales de aprovechamiento y extracción que contribuyen a su economía familiar y a la obtención de alimentos de autoconsumo (Pérez-Ramírez, Zizumbo Villarreal y Monterroso Salvatierra, 2009), una de ellas es el aprovechamiento de vara blanca. Esta condición hace que los pobladores conozcan el territorio a profundidad y opten por acciones, individuales y colectivas, en materia de gestión y conservación de los recursos forestales.

Por lo anterior, este capítulo pretende conocer el tipo de aprovechamiento de las varas del guajote (*Salix paradoxa* Kunth) y cómo incide en la conservación de los recursos forestales en la localidad de San Román del municipio de Tenango del Valle, Estado de México.

### **Vara blanca**

El guajote (figura 1) es una especie forestal de uso múltiple, ya que diversas partes del árbol son utilizadas como madera, estacas y artesanía. Este estudio hace énfasis en el uso de sus ramas para la fabricación de artesanías, comercializadas en las localidades de San Antonio la Isla y Santa María Rayón del municipio de Tenango, Estado de México.



**FIGURA 1**

**Ramas de *Salix paradoxa* Kunth**

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de José Jonathan Aguirre Zúñiga.

La presencia del género *Salix* en el APFFNT se asocia con la perturbación antrópica, ya que ocupan terrenos en torno a caminos de acceso, así como grandes claros formados en los bosques de pino y oyamel, principalmente, por la caída de árboles de gran tamaño.

El uso de *Salix paradoxa* tiene antecedentes prehispánicos, ya que posee características como flexibilidad, firmeza, resistencia y ligereza. Esto ha permitido su aprovechamiento para uso doméstico y artesanal. La cestería contribuyó al desarrollo del comercio; los cestos, construidos con fibras naturales y ramas, fueron los únicos medios para transportar diversos productos (Rodríguez-García, 2002).

En el Valle de México el uso de las varas de *Salix paradoxa* (guajote o borreguito) está destinado al uso de postes para delimitar los caminos, cabos de herramientas (palas, picos, azadones) y artesanal (cestería y utensilios de cocina). Sus varas secas y sin corteza son blancas, razón por la que comúnmente se le llama vara blanca.

Las varas de *Salix* se emplean comúnmente para fabricar huacales, nombre proveniente del náhuatl *huacalli*, que significa ‘cesta o jaula formada por varas de madera’ (Estrada, 1996); son cajas con apariencia de jaula

(figura 2); las varas están tejidas con alambre. Este utensilio se utiliza para transportar objetos como frutas, legumbres, pan y animales para venta (Rodríguez-García, 2002).



**FIGURA 2**

**Huacales para transportar pan**

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de Stephanie Miranda Rodríguez.

La localidad de San Román, delegación de San Pedro Tlanixco, en el municipio de Tenango del Valle, es reconocida por ser lugar de extracción de vara blanca; desde hace décadas es destinada para venta y uso doméstico (Esta información se obtuvo de un habitante de la localidad de San Román, Tenango del Valle, 9 de mayo de 2021). La comercialización se realiza, principalmente, para la elaboración de artesanías que los habitantes de San Antonio la Isla transforman en utensilios de cocina, juguetes y llaveros (figura 3). El uso doméstico está destinado a herramientas de trabajo en el campo, como estacas y postes para delimitar los predios, así como para los cabos de palas, azadones, picos y machetes.



**FIGURA 3**

**Artesanías y utensilios de cocina**

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de Luis Daniel Carbajal Romero.

El aprovechamiento de vara blanca ha representado un ingreso económico secundario, seguido de las actividades agrícolas, como el cultivo de maíz, papa, haba y, recientemente, la flor ornamental. En la actualidad, es una actividad ocasional debido a la temporalidad del rebrote de las ramas y la ocupación de los jefes de familia en la construcción, ya que son ellos los que conservan el conocimiento tradicional sobre este recurso.

**Caracterización ecológica**

*Salix paradoxa* es un árbol o arbusto de la familia *Salicaceae* (figura 4), se encuentra en las partes altas de algunas sierras, cañadas y laderas con pendientes pronunciadas; está asociado con los bosques de pino, encino y oyamel, matorral de *Juniperus* y en pastizales, a una altitud que oscila entre los 2 mil 350 a 3 mil 350 msnm (Nee, 1984; Rodríguez-García, 2002).



**FIGURA 4**

**Ilustración de árbol de guajote en etapa de floración**

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de Luis Daniel Carbajal Romero.

En el Estado de México son conocidos como sauces, huajotes y ahuejotes (Rodríguez-García, 2002), en la localidad de estudio, usualmente se denominan guajotes, borreguito o palo de cuchara.

**Descripción**

Árbol o arbusto caducifolio ramificado con altura promedio de 1.5 a 6.5 m, tronco menor a 20 cm de diámetro, corteza lisa; ramas anguladas; hojas oblongo-lanceoladas de 3 a 14 cm de largo por 1.5 a 4 cm de ancho, haz verde y envés densamente tomentoso (blanco); amentos masculinos terminales o axilares, cilíndricos de 2 a 4.5 cm de largo, oblongo-cilíndricos y amentos femeninos de 4 a 6 cm de largo, llegando hasta 13 cm en fruto (Rodríguez-García, 2002 y Nee, 1984).

En el país el guajote se encuentra en el Estado de México, Morelos, Hidalgo, Guanajuato, Querétaro, Michoacán, Jalisco, Oaxaca y en la Ciudad de México (Rodríguez-García, 2002 y Nee, 1984).

### **Fenología y colecta**

Los meses de floración son febrero, marzo y abril, y el periodo de fructificación es de mayo a julio. El corte y colecta se realiza todo el año en la fase lunar de cuarto menguante; sin embargo, en época de lluvia, específicamente de mayo a septiembre, las ramas contienen mayor humedad, situación que facilita la limpieza de la vara (retirar la corteza) (Rodríguez-García, 2002).

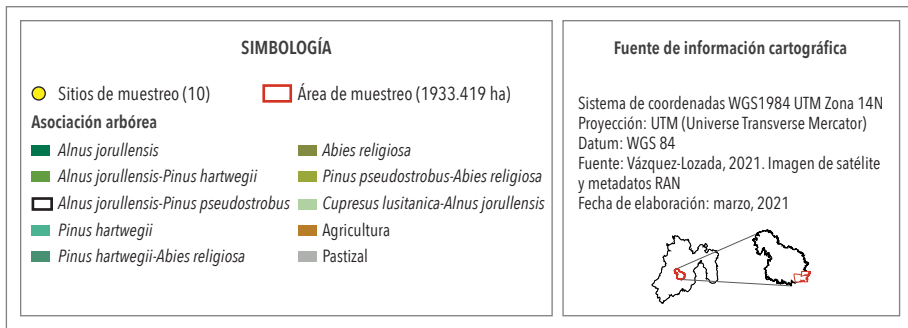
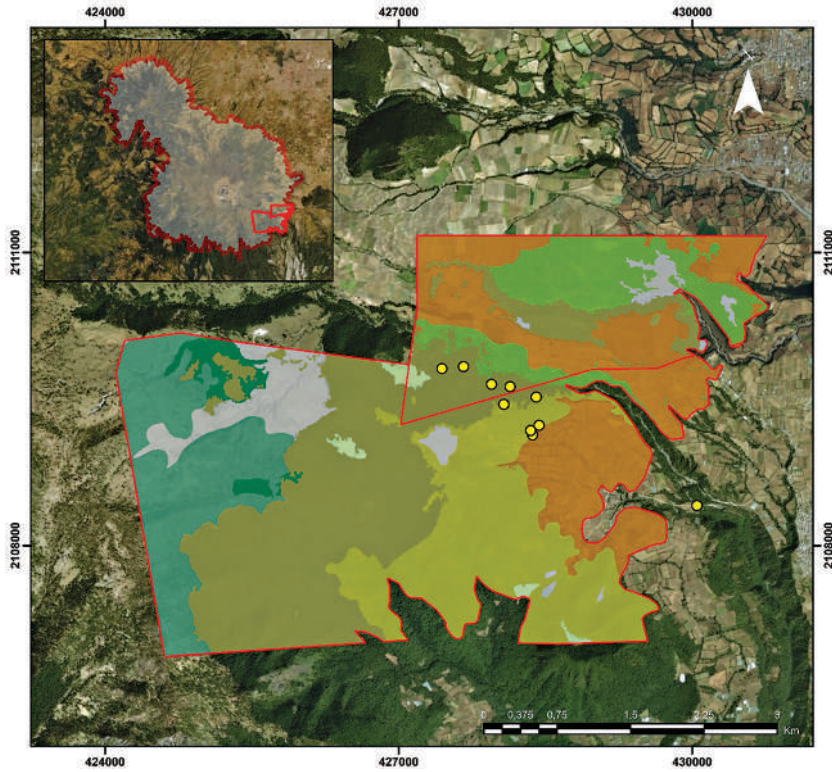
## **CASO DE ESTUDIO**

### **Área de estudio**

El Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) alberga bosques de *Pinus*, *Abies*, *Alnus* y *Quercus*; sin embargo, también tienen asociaciones de especies arbóreas en menor proporción, pero no menos importantes, como: *Arbutus* spp. y *Salix* spp., esta última se distribuye en pequeñas manchas de bosques mixtos en la localidad de San Román, del ejido de San Pedro Tlanixco y San Francisco Putla del municipio de Tenango del Valle, dentro APFFNT (mapa 1).



**MAPA 1**  
Ubicación del área de estudio



Fuente: Trabajo de campo.

### **Trabajo de campo**

En los meses de mayo y junio, con el apoyo de informantes clave, se realizó trabajo de campo para conocer el tipo de aprovechamiento y el estado de conservación del bosque mediante la evaluación del estrato arbóreo, especificando la abundancia, dominancia y frecuencia de vara blanca, así como el número, diámetro y altura de varas por árbol o arbusto.

### **Entrevistas con actores clave**

**Ejidatarios:** durante los meses de mayo y junio se realizaron entrevistas con ejidatarios de la localidad de San Román, quienes extraen vara blanca para conocer el antecedente histórico, sociocultural y económico del recurso.

**Artesanos:** en el mercado de artesanías de San Antonio la Isla y en la explanada de Santa María Rayón del municipio de Tenango del Valle se entrevistaron a artesanos que trabajan la vara blanca para conocer la diversidad de productos que ofrecen, así como averiguar la procedencia y disponibilidad del recurso.

### **Determinación del estado de conservación del bosque**

El estado de conservación de un ecosistema se determina a través de mediciones directas del estrato arbóreo y arbustivo, para identificar el estado actual de todos los componentes del bosque.

### **Muestreo dirigido**

Se establecieron 10 sitios de muestreo de mil m<sup>2</sup> (mapa 1), en el bosque mixto de guajote de los ejidos de San Pedro Tlanixco y San Francisco Putla, donde se colectó información dasonómica para conocer la estructura y composición del bosque, así como los porcentajes de aprovechamiento de *Salix paradoxa* (mapa 1).

### **Instalación de sitios temporales de muestreo**

El área de estudio se delimitó con base en el mapa forestal del APFFNT (Vázquez-Lozada *et al.*, 2022 [en prensa]) e información de la carta topográfica. Los 10 Sitios Temporales de Muestreo (STM) se instalaron aleatoriamente.

Los STM fueron circulares, con un radio de 17.86 m, para determinar la distribución espacial, abundancia y extracción de *Salix paradoxa*.

En los STM se registraron datos de las coordenadas UTM (Universal Transversal Marcator), altitud (m), pendiente y exposición de ladera (°), dominancia y asociación de especies arbóreas y arbustivas. Se determinó el porcentaje de ocupación de vara blanca; también se midió la altura, número de varas por árbol, varas aprovechadas y de rebrote.

### ***Recolección de vara blanca***

Con el acompañamiento de recolectores de vara blanca se hizo el reconocimiento de la zona y de las áreas de aprovechamiento. Se aplicó el conocimiento tradicional y características de selección de las varas para su recolección. En el sitio se cortaron y descortezaron 12 varas de distintos diámetros, las cuales se dejaron secar por ocho días para posteriormente llevarlas al laboratorio y determinar la edad promedio de las varas extraídas.

### ***Trabajo de laboratorio***

En el laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales se seleccionaron tres de las varas (de 1, 1.5, y 2 pulgadas de grosor) (figura 5), a cada una se le realizó tres cortes transversales en forma de rodajas (figura 6). Éstas se pulieron con lijas progresivas hasta visualizar los anillos de crecimiento (figura 7).



**FIGURA 5**

**Varas de *Salix paradoxa***

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de Luis Daniel Carbajal Romero.

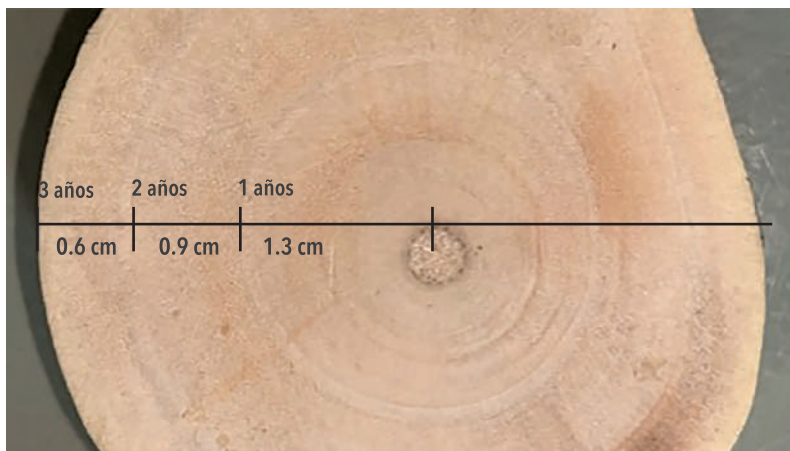


**FIGURA 6**

**Cortes transversales de *Salix paradoxa***

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de Luis Daniel Carbajal Romero.

Las rodajas se escanearon con ayuda de un equipo WinDENDRO (2016) modelo LA2400, para observar con precisión el ancho de los anillos, cuya información ayudó a determinar la edad de las varas; estos datos muestran que en un periodo de 1.5 y tres años se pueden obtener varas de dos pulgadas de grosor, listas para venta o transformación (figura 7).



**FIGURA 7**

**Estimación de edad de vara blanca**

Fuente: Trabajo de campo, Fotografía de Luis Daniel Carbajal Romero.

**RESULTADOS**

**Determinación del tipo de aprovechamiento de vara blanca**

Los cortadores aprovechan varas desde una y hasta dos pulgadas de diámetro, a las cuales les retiran la corteza y dejan secar por ocho días. Es importante mencionar el manejo silvícola identificado, ya que este proceso se realiza sólo con herramientas manuales y en fase lunar de cuarto menguante, todo lo anterior para promover que el guajote pueda regenerarse adecuadamente de acuerdo con el conocimiento tradicional.

La vara blanca se mide en cargas (cantidad de varas transportadas por un animal de carga como caballo o burro), una carga consta de 300 varas, las cuales tienen un precio que oscila entre \$2.5 y \$5.00 M.N. (el precio es por vara unitaria), dependiendo del grosor de ésta.

### Criterios para la corta

El corte y aprovechamiento de vara blanca puede ser en cualquier época del año; respetando las etapas lunares. Para su extracción utilizan machetes y el corte es diagonal, y las podas se hacen al amanecer o antes del anochecer (figura 8).

El criterio de selección para la extracción depende del diámetro de éstas y del uso que se le dará; por ejemplo, para la venta se cortan varas de dos pulgadas de aproximadamente dos años y medio de edad. Para uso doméstico se cortan de una pulgada. Otros diámetros se dejan en el sitio para garantizar la existencia de ramas aprovechables en un futuro.



**FIGURA 8**

### Corte de vara blanca

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de José Jonathan Aguirre Zúñiga.

En general, el conocimiento empírico sobre el aprovechamiento de vara blanca por parte de los cortadores de San Román promueve el uso sustentable de *Salix paradoxa*. Hoy, el aprovechamiento es escaso debido a la ocupación de los jefes de familia en el sector agrícola y en la construcción, al poco interés de las nuevas generaciones sobre el aprovechamiento del recurso y a la baja demanda del mismo (figura 9).



**FIGURA 9**

**Aprovechamiento y descortezado de vara blanca**

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía de José Jonathan Aguirre Zúñiga.

Al respecto, existen normas que establecen regulaciones para orientar el aprovechamiento sustentable de productos forestales, tal es el caso de la NOM-005-RECNAT-1997, la cual establece procedimientos, criterios y especificaciones para el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal.

Las especificaciones técnicas de la norma para el aprovechamiento de vara blanca mencionan lo siguiente:

- Aprovechar sólo plantas maduras.
- Dejar 20 % de plantas maduras en el sitio intervenido para favorecer su madurez reproductiva y así propiciar la regeneración o rebrotes.
- En árboles sólo se permite realizar podas, no cortes totales.
- En arbustos (cuando se aproveche toda la planta), el corte debe realizarse a una altura no mayor de 20 cm del suelo, en forma diagonal para favorecer la regeneración.
- Sólo se permite aprovechar 60 % como máximo de los tallos o ramas en madurez de cosecha aun cuando existan etapas de floración y semilla con la finalidad es favorecer la reproducción de semilla (Semarnat, 2003).

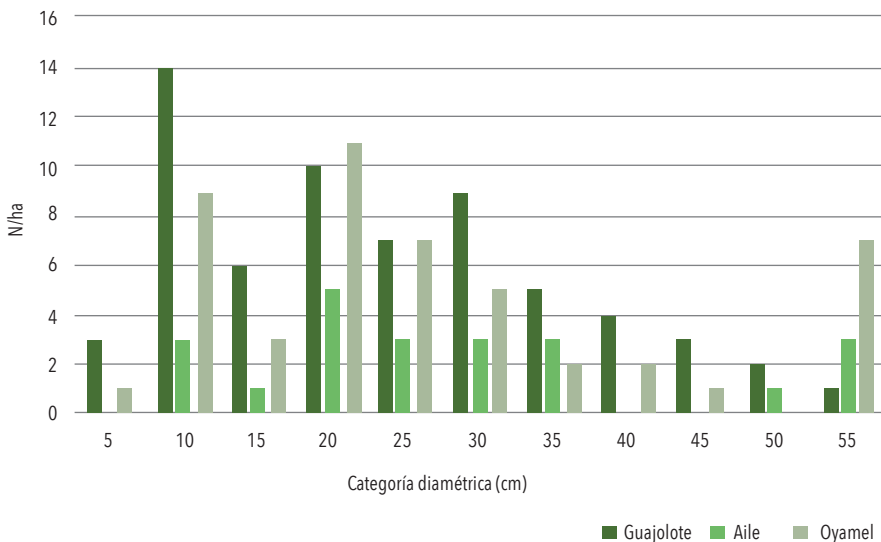
## Determinación del estado de conservación del bosque

### Estructura horizontal del bosque

La estructura horizontal del bosque de guajote muestra la ausencia de regeneración natural; sin embargo, predomina en la mayoría de las categorías diamétricas sobre aile y oyamel (gráfica 1). Esta tendencia puede explicar la dinámica de la especie con relación al gremio ecológico al que pertenece (heliófitas efímeras), por lo que la apertura de grandes claros al interior del bosque genera las condiciones necesarias para establecerse y predominar ante el bosque de coníferas.

Lo anterior confirma la extracción selectiva de árboles con valor comercial décadas atrás (*Pinus pseudostrabus*). En esta zona de estudio el árbol de guajote es dominante, debido al rápido crecimiento y rebrote de sus ramas laterales, cerrando los claros que podrían ser ocupados por el aile. Por lo tanto, el rápido crecimiento del guajote aporta beneficios ecológicos para la restauración de ecosistemas forestales perturbados.

**GRÁFICA 1**  
Estructura horizontal del bosque



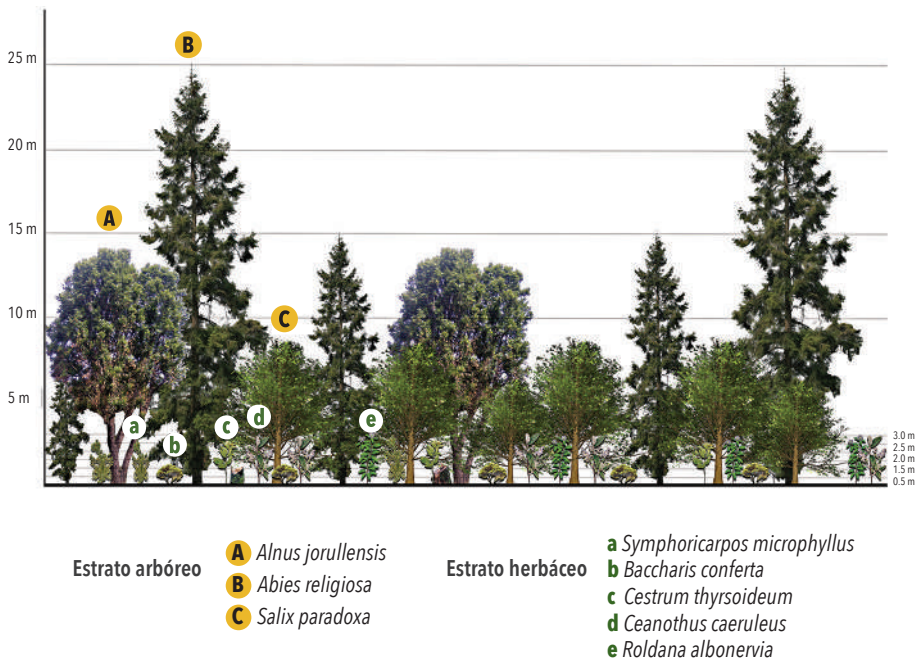
Fuente: Trabajo de campo.



### Estructura vertical del bosque

El estrato superior está dominado por bosques de coníferas como *Abies religiosa* (32 %); por su parte, el estrato inferior es ocupado por individuos de *Alnus jorullensis* (14 %), y en mayor porcentaje por *Salix paradoxa* (43 %); lo anterior debido a la restauración que propician las especies pioneras derivado de aprovechamientos maderables anteriores (figura 10).

El estrato arbustivo está compuesto por cinco especies más representativas que ocupan 37 % del perfil: *Ceanothus caeruleus* (9.5 %), *Baccharis conferta* (9%), *Roldana albonervia* (7.5%), *Symphoricarpos microphyllus* (6 %) y 5.5 % de *Cestrum thyrsoideum*. La gran cantidad de cobertura arbustiva ayuda a la conservación del ecosistema, incluyendo la fauna silvestre, pues genera condiciones para el establecimiento de refugios para aves, pequeños mamíferos y reptiles.



**FIGURA 10**  
**Perfil vertical del bosque de guajote. Perfil de 1000 m<sup>2</sup>**

Fuente: Trabajo de campo.

A partir de la estructura horizontal y vertical se considera que el bosque dominado por guajote ocupa zonas con historial de perturbación antrópica; se ubica principalmente en los límites con zonas agrícolas abandonadas, al borde de caminos y en apertura de claros dentro de bosques de coníferas. Debido a esta característica se puede mencionar que el bosque de guajote está en un proceso de sucesión ecológica del componente arbóreo.

A su vez la permanencia de guajote propicia la permanencia de estrato arbustivo, el cual es determinante para mantener la diversidad de fauna silvestre y el establecimiento de nueva regeneración (plántulas, brinzales y latizales) de coníferas.

### **Aprovechamiento de vara blanca**

En el sitio se identificó un total de 65 individuos (62 individuos >7.5 centímetros de diámetro), de los cuales se registraron evidencias de aprovechamiento del 82.8%. En promedio, se cortan cinco ramas de vara blanca con un grosor de 3.2 centímetros en cada individuo. Sin embargo, se registraron individuos con hasta 23 ramas aprovechadas.

### **CONCLUSIONES**

El aprovechamiento de varas de guajote, mediante podas de formación, no compromete la permanencia de la especie; por el contrario, promueve su conservación al estimular el rebrote, la cual está directamente relacionada con el conocimiento local de los recolectores. Desde el punto de vista socioeconómico, la capacidad de rebrote que caracteriza a esta especie favorece la permanencia del recurso, que contribuye a la generación de ingresos económicos para las familias.

En el aspecto ecológico, la presencia de individuos de guajote promueve la recuperación de zonas perturbadas y genera condiciones de hábitat idóneas para el establecimiento de especies de fauna silvestre. Por lo anterior, el aprovechamiento de la vara blanca tiende a la sostenibilidad, ya que la extracción del recurso no rebasa los umbrales naturales de distribución y abundancia.

A partir de este primer acercamiento al conocimiento del estado de conservación del bosque de guajote, se recomienda profundizar en el análisis de la dinámica de especies pioneras en bosques perturbados.

## REFERENCIAS

- Anastacio-Martínez, N., S. Franco-Maass, E. Valtierra-Pacheco y G. Nava-Bernal (2016). “Aprovechamiento de productos forestales no maderables en los bosques de montaña alta, centro de México”, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 7, núm. 37, pp. 21-38. Recuperado de <https://acortar.link/ojkgot>, consultado el 27 de enero de 2020.
- Beer de, J. H., y J. M. McDermott (1989). *The economic value of non-timber forest products in Southeast Asia*. Netherlands Committee for IUCN, Amsterdam, The Netherlands. Recuperado de <https://acortar.link/ojkgot>, consultado el 22 de mayo de 2022.
- Challenger, A. y J. Soberón (2008). “Los ecosistemas terrestres”, en José Sarukhán, *Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad*, vol. 1, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 87-108.
- Nee, M. (1984). *Flora de Veracruz. Salicaceae*, trad. de L. Cabrera Rodríguez, Xalapa, Veracruz, fascículo 24, 24 pp. Recuperado de <https://acortar.link/ojkgot>, consultado el 23 de mayo de 2022.
- Estrada M., E. (1996). *Etnobotánica forestal en Santa Isabel Chalma, Amecameca, tesis para obtener el grado de maestría en Ciencias*, Colegio de Postgraduados, 270 pp.
- Estrada-Martínez, E., A. Ortega-Rubio, R. Pérez-Miranda y A. Gijón-Hernández (2014). “Deterioro en áreas naturales protegidas del centro de México y del Eje Neovolcánico Transversal”, *Investigación y Ciencia*, vol. 22, núm. 60, pp. 37-49.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013). *Anuario de productos forestales 2013*, Roma. Recuperado de <https://www.fao.org/3/i4746m/i4746m.pdf>, consultado el 12 de mayo 2021.
- Granados-Sánchez, D., G. López-Ríos y M. Hernández-García (2007). “Ecología y silvicultura en bosques templados”, *Revista Chapingo*, serie ciencias forestales y del ambiente, vol. 13, núm. 1, pp. 67-83. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/237038013\\_Ecologia\\_y\\_silvicultura\\_en\\_bosques\\_templados](https://www.researchgate.net/publication/237038013_Ecologia_y_silvicultura_en_bosques_templados), consultado el 22 de febrero de 2022.
- Merino-Pérez, L. (2004). *Conservación o deterioro. El impacto de las políticas públicas en las instituciones comunitarias y en los usos de los bosques en México*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, A. C., Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, A.C. México, Ciudad de México, 331 pp.

- Pérez-Ramírez, C., L. Zizumbo-Villarreal y N. Monterroso-Salvatierra (2009). “Turismo e identidad de resistencia: la oposición local a proyectos turísticos en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México”, *Estudios y Perspectivas en Turismo*, vol. 18, núm. 1), pp. 36-52. Recuperado de <https://acortar.link/ojk-ogt>, consultado el 23 de mayo de 2022.
- Rodríguez, G. C. (2002). *Contribución al estudio de los Salix spp. en México* (tesis en ingeniería en Restauración Forestal), Universidad Autónoma Chapingo. Recuperado de <http://files.departamento-de-productos-forest.webnode.es/200001652-3a8833b810/Rodriguez%20Garcia%20Cristina%202002.pdf>, consultado el 15 de abril de 2021.
- Ros-Tonen, M. (2000). “The role of non-timber forest products in sustainable tropical forest management”, *Holz als Roh-und Werkstoff*, vol. 58, pp. 196-201.
- Semarnat, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2003). “NORMA Oficial Mexicana NOM-005-SEMARNAT-1997 Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal”, en *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de <http://www.monitoreofo-forestal.gob.mx/repositoriodigital/items/show/463>, consultado el 2 de junio de 2021.
- Thomé-Ortiz, H. (2015). “Turismo micológico: una nueva mirada al bosque”, *Ciencia y Desarrollo*, núm. 277, pp. 14-19.
- Vazquez-Lozada, S. L., A. R. Endara-Agramont, S. Franco-Maass, A. García-Almazán (2022). *Mapeo de asociaciones en una montaña alta del centro de México*. Manuscrito, (en prensa).
- Velázquez, A. et al. (2002). “Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México”, *Gaceta Ecológica*, vol. 62, pp. 21-37.
- WinDENDRO (Sistema de análisis para imagen) (2016). For Tree-Ring Analysis. Regent instruments Canada Inc.



## Reflexiones finales

La literatura científica, en el ámbito forestal, se ha concentrado en el binomio madera y bosques, soslayando el carácter multidimensional, sistémico y complejo que tienen los espacios forestales de cara a la reproducción de la vida humana. La presente obra ha buscado escapar de este sesgo, con fuertes matices productivistas, para aportar elementos y una mirada holística y sustentable de los bosques templados.

En ese tenor, se analizó el papel de los recursos forestales no maderables, a partir de su caracterización, sus implicaciones económicas y las diversas funciones que éstos aportan a la sociedad. Dicha lectura forma parte de una tendencia creciente hacia la gestión integral forestal, como una perspectiva que permite el uso racional de los recursos forestales con la intención de proveer bienes y servicios, reduciendo los impactos negativos de los sistemas extractivistas de madera, mediante la diversificación actividades y el uso estratégico de los recursos naturales.

Construir una perspectiva diversificada de los recursos forestales ayuda a disminuir la presión antrópica de los bosques, al considerar estos ecosistemas como escenarios complejos en los que confluyen una gran diversidad de elementos. De esta manera, se aportan elementos para el desarrollo forestal sustentable, a partir de la armonización entre las diferentes necesidades ambientales, económicas y sociales que se registran en el proceso de gestión de los bosques.

En el caso específico de este libro, se han analizado diversos recursos forestales no maderables, en la medida en que tienen alguna importancia cultural o simbólica para diversos grupos humanos, tomándose como referencia el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. Esta zona de estudio aportó una perspectiva privilegiada para comprender la importancia que juegan los recursos forestales no maderables en la vida económica, social y cultural de las comunidades, pues constituye un laboratorio biocultural en el que confluyen diversos intereses y en donde se cubren diferentes necesidades. A ello, hay que sumar el hecho de que el

Nevado de Toluca se emplaza dentro de territorios liminales de la interfaz rural-urbana, aspecto que permite expresar la dinámica intensa de aprovechamiento antrópico que se hace sobre sus bosques, dada su cercanía con diversos polos urbanos de gran envergadura.

Es posible afirmar que los bosques son un importante reservorio de alimentos silvestres, en cuyo aprovechamiento destaca la presencia de saberes tradicionales milenarios, que se han transmitido a través de una oralidad continua que hunde sus raíces en el territorio. Sin embargo, también es cierto que dichos saberes deben ser leídos desde perspectivas científicas, especialmente las biotecnológicas, con la intención de desmitificar el verdadero valor alimenticio y funcional de los recursos, así como su precisa identificación que garantice su consumo inocuo y seguro.

Dentro del amplio abanico de alimentos que podemos encontrar en los bosques, la más alta jerarquía es ocupada por los hongos comestibles silvestres, en torno a los cuales es posible encontrar sofisticados sistemas de identificación y refinados patrones culinarios. Lo anterior nos lleva a pensar no sólo en la satisfacción de una necesidad biológica alimentaria, sino, también, en la expresión cultural y el hecho civilizatorio que subyace al aprovechamiento micológico.

Muchos de estos alimentos representan un remanente sedimentario, del cual se puede echar mano en momentos de crisis e incertidumbre, por lo que su preservación, y la de sus conocimientos asociados, es un aspecto que ronda en los confines de la seguridad, la soberanía y la autosuficiencia alimentaria. Por ello, estos alimentos son recursos clave que podrían definir la calidad de vida de las sociedades del siglo XXI.

En otro sentido, los hongos son formas de vida no humana carismáticas, es decir, que despiertan curiosidad, atracción y simpatía hacia gran número de consumidores mexicanos. Esta característica es un elemento constitutivo de su potencial aprovechamiento recreativo, siendo puntos focales en actividades como el micoturismo, actividad que se ha convertido en una importante tendencia de aprovechamiento de los recursos forestales no maderables en diferentes zonas del centro de México.

Existen muchos otros recursos forestales no maderables que cumplen diversas funciones de carácter medicinal, constructivo, utilitario y estético, que dan cuenta de su importancia económica, social y cultural en las sociedades bosquimanas. En este sentido, se puede afirmar que, pese al carácter exploratorio de la presente obra, se trata de una rigurosa y cuidada contri-

bución para conocer y reconocer los diversos servicios ambientales de orden regulatorio, de aprovisionamiento y cultural que prestan los recursos forestales no maderables.

En esta primera aproximación, es posible inferir algunas cuestiones respecto a la gestión integral de los bosques. Reflexión que debe ampliarse hacia un análisis exhaustivo de los recursos forestales no maderables del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca y extenderse hacia otras áreas forestales de México, con la finalidad de contar con información científica básica sobre estos valiosos recursos.

*Humberto Thomé Ortiz*





## Fichas curriculares



**Cristina**  
**Burrola Aguilar**

Estudió la licenciatura en Biología, la maestría en Ciencias del Agua y el doctorado en Ciencias Ambientales en la Universidad Autónoma del Estado de México.

Su línea de investigación se enfoca en la conservación y aprovechamiento de hongos comestibles silvestres. Ha desarrollado diversos proyectos de investigación relacionados con la taxonomía, ecología, cultivo, etnomicología y aprovechamiento de los recursos micológicos.

Es responsable del Laboratorio de Micología del Centro de Investigación en Recursos Bióticos de la Facultad de Ciencias de dicha universidad y profesora e investigadora de la misma institución con más de 25 años de experiencia.

Dentro de sus publicaciones se incluyen dos libros editados por la Universidad Autónoma del Estado de México, 18 capítulos de libro, 40 artículos arbitrados e indizados en diversas revistas científicas y de divulgación. Ha sido ponente, por una parte, en diferentes foros como congresos nacionales e internacionales, simposios y en diversas instituciones. Ha formado parte de comités de organización de diversos eventos académicos como la Exposición de Hongos y Exposición de Biodiversidad. Por otra parte, se ha desempeñado en diversos cargos de coordinación o dirección académica de la Facultad de Ciencias.

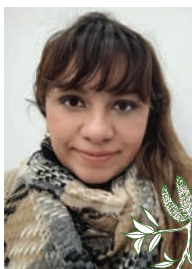
Pertenece a la Sociedad Mexicana de Micología, al Grupo Interdisciplinario de la Etnomicología en México, a la Asociación Etnobiológica Mexicana y en la actualidad funge como secretaria del Colegio Profesional de las Ciencias Biológicas del Estado de México.



**Yolanda  
Arana Gabriel**

Se formó como bióloga, estudió la maestría y el doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por la Universidad Autónoma del Estado de México.

Forma parte del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I y del Colegio Profesional de las Ciencias Biológicas del Estado de México, A.C. Actualmente es profesora de asignatura de la licenciatura en Biología de la Facultad de Ciencias de dicha universidad. Su área de investigación es el manejo y aprovechamiento de hongos silvestres y cultivados. Ha realizado algunos trabajos de investigación en taxonomía y biotecnología de producción de hongos a partir de recursos nativos. Cuenta con artículos de investigación publicados en revistas indizadas y es coautora de un libro de hongos silvestres comestibles.



**Lorena  
López Rodríguez**

Concluyó la licenciatura en Biología en la Universidad Autónoma del Estado de México. Maestría y doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en su misma *Alma Mater*.

Su línea de investigación se enfoca en el estudio de la biología y biotecnología de hongos parásitos de insectos distribuidos en México.

Su más reciente publicación se titula "*Cordyceps mexicana* sp. nov., parasitizing *Paradirphia* sp. moths: A new sister

species of the *Cordyceps militaris* complex, distributed in central Mexican *Quercus-Pinus* mixed forests”, publicado en la revista *Micología*, vol. 114 (2022). En la actualidad, se desempeña como profesora e investigadora de la Facultad de Ciencias en la Universidad Autónoma del Estado de México, donde desarrolla el proyecto Evaluación de Bioactividad Antioxidante y Antibacteriana del Hongo Entomopatógeno *Cordyceps mexicana*, Distribuido en el Sureste del Estado de México.



**Azucena  
González Morales**

Finalizó estudios de licenciatura en Biología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México. Maestría y doctorado en Ciencias en Biomedicina y Biotecnología Molecular en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.

Su línea de investigación está enfocada en biotecnología de hongos. Ha hecho caracterización morfológica y molecular de macromicetes y hongos ectomicorrizógenos y ha evaluado la actividad biológica de extractos fúngicos.

Su más reciente publicación se titula “Actividad antioxidante de hongos silvestres consumidos tradicionalmente en el Centro de México”, publicado en *Scientia Fungorum* (2022). En la actualidad, realiza una estancia posdoctoral en el Laboratorio de Micología del Centro de Investigación en Recursos Bióticos de la Universidad Autónoma del Estado de México, investigando la actividad biológica de compuestos bioactivos en extractos de hongos comestibles silvestres.



**Luis Antonio**  
**García Almaraz**



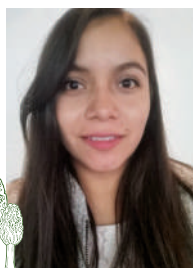
Estudió la licenciatura en Geografía en la Universidad Autónoma del Estado de México, ha participado en diversos proyectos de temas ambientales y forestales. Sus líneas de investigación se centran en el uso y manejo de recursos naturales en áreas protegidas mediante Sistemas de Información Geográfica y percepción remota. En la actualidad, labora como técnico especializado en información de programas de manejo en la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.



**Rebeca Dennise**  
**Varo Rodríguez**



Concluyó estudios de licenciatura en Biología por la Universidad Veracruzana, la maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en la Universidad Autónoma del Estado de México. Ha desarrollado investigaciones sobre diversidad florística y conocimiento tradicional en los bosques de altura en el oriente y centro de México. Ha participado como instructora del curso básico de Plagas Forestales. Módulo 5 Plantas Parásitas. Actualmente, funge como auxiliar del proyecto de Hongos Fitopatógenos como Posibles Estrategias de Control de Muérdago en Áreas Naturales Protegidas del Estado de México.



**Alma Abigail**  
**Luna Gil**



Estudió la licenciatura en Biología en la Universidad Autónoma del Estado de México y la maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Sus líneas de investigación se enfocan en la fauna silvestre en relación con los ecosistemas de montaña de México. Actualmente se desempeña como estudiante del doctorado en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México.



**Santiago**  
**Vázquez Lozada**



Cursó la licenciatura en Geografía en la Universidad Autónoma del Estado de México, participó como asistente de investigación en el proyecto de investigación Identificación, Evaluación y Manejo Integrado de Plantas Parásitas en Cuatro Regiones de México: Noroeste (Durango), Centro-Occidente (Michoacán y Jalisco), Oriente (Puebla y Veracruz), Centro-Sur (Estado de México Y Tlaxcala).

Actualmente labora como asesor en estrategias de conservación y conectividad de las Áreas Naturales Protegidas de la Dirección Regional Centro y Eje Neovolcánico de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.



**Sergio**  
**Franco Maass**



Estudió el doctorado en Geografía en la Universidad de Alcalá de Henares (España), donde se especializó en la ampliación de los Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel II y del núcleo académico básico de la maestría en Análisis Geoespacial de la Facultad de Geografía y de la maestría en Agroindustria Rural, Desarrollo Territorial y Turismo Agroalimentario de la Universidad Autónoma del Estado de México. Se desempeña como investigador del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales y es líder del cuerpo académico Sistemas Ecológicos y Sostenibilidad Agroecológica en Áreas de Montaña.

Cuenta con múltiples publicaciones científicas relacionadas con el estudio de los problemas ambientales de los ecosistemas de montaña alta. Además, tiene una amplia experiencia y diversas publicaciones en temáticas relacionadas con el mundo rural, destacando la identificación y evaluación de recursos turísticos; el análisis de cambio del paisaje agrícola, el aprovechamiento de hongos silvestres comestibles; los

estudios sobre el uso de plantas tintóreas entre los mazahua y el estudio sobre la danza de los arrieros de las comunidades otomí.



**José Jonathan  
Aguirre Zúñiga**

Tiene estudios de Periodismo en la Universidad de Guadalajara, concluyó la maestría en Ciencias Agropecuarias, Desarrollo Territorial y Turismo Agroalimentario y cursa el doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en la Universidad Autónoma del Estado de México.

Sus líneas de investigación se enfocan en el manejo y conservación de recursos naturales y el desarrollo de turismo sustentable.

En la actualidad, desarrolla proyectos de monitoreo de plantas parásitas en la región del Eje Neovolcánico.



**Luis Daniel  
Carbajal Romero**

Estudió la licenciatura en Agronomía Industrial en la Universidad Autónoma del Estado de México y la maestría en Agroindustria Rural Desarrollo Territorial y Turismo Agroalimentario por el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la misma institución. Ha sido técnico de campo en comunidades y brigadas en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. Es especialista en proyectos de reforestación, producción de planta forestal en vivero, restauración de suelos, así como desarrollar e implementar estrategias de conservación y aprovechamiento forestal maderable y no maderable.



**Miriam  
Alejandra  
Rosas Sánchez**

Cursó la licenciatura en Ciencias Ambientales en la Universidad Autónoma del Estado de México. Ha desarrollado investigación sobre plantas parásitas en el ejido El Contadero del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.

Actualmente cursa la maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, con la línea de investigación manejo y conservación de los recursos naturales en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de dicha universidad.



**Stephanie  
Miranda Rodríguez**

Tiene concluida la licenciatura en Turismo y la maestría en Agroindustria Rural, Desarrollo Territorial y Turismo Agroalimentario por la Universidad Autónoma del Estado de México.

Sus líneas de investigación se enfocan en turismo sustentable, sistemas de calidad turística. Su experiencia abarca los dos ámbitos turísticos, el administrativo y de gestión del patrimonio desarrollando proyectos encaminados al rescate, preservación y revalorización de los recursos naturales y culturales de los territorios.

Actualmente se desempeña como asistente de investigación en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México, analiza temas de turismo y conservación de ecosistemas de alta montaña en el proyecto Identificación, Evaluación y Manejo Integrado de Plantas Parásitas en Cuatro Regiones de México: noroeste (Durango), centro-occidente (Michoacán y Jalisco), oriente (Puebla y Veracruz), centro-sur (Estado de México y Tlaxcala).





**Ana Tarín  
Gutiérrez Ibáñez**

Estudió la licenciatura en Biología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México y el doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la misma institución educativa. Se desempeña como profesora e investigadora de tiempo completo en aquella facultad, cuenta con perfil Prodep. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. En los últimos años se ha dedicado al estudio de la inocuidad alimentaria y a la fitopatología, como resultado de estas investigaciones ha publicado artículos científicos en revistas arbitradas de calidad internacional indizadas en el *Journal Citation Reports (JCR)*. Hasta el momento ha dirigido 12 tesis de licenciatura, seis de maestría y seis de doctorado en las áreas de microbiología alimentaria y fitopatología y ha colaborado en 12 capítulos de libro. Actualmente funge como subdirectora administrativa de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México.





## **Recursos forestales no maderables en el Nevado de Toluca**

Aportaciones para la conservación  
del bosque

De Angel Rolando Endara Agramont y Humberto Thomé Ortiz se terminó de editar el 8 de mayo de 2023 en el Departamento de Producción Editorial, adscrito a la Dirección de Difusión y Promoción de la Investigación y los Estudios Avanzados de la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados.

Patricia Vega Villavicencio

*Coordinación editorial*

María de los Ángeles García Moreno

*Análisis e interpretación del sistema antiplagio*

Iván Pérez González

*Corrección de estilo y ortotipográfica*

Nahualito estudio

*Diseño de forros y formación*

Por disposición del Reglamento de Acceso Abierto, se publica la versión PDF de este libro en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México.







### Angel Rolando Endara Agramont

Es ingeniero agrónomo, título otorgado por la Universidad Católica Boliviana (UAC), Carmen Pampa, La Paz, Bolivia; especialista en Manejo Sostenible de Bosques Tropicales, estudios realizados en la Universidad Mayor de San Simón, Escuela de Estudios Forestales (Esfor), Cochabamba, Bolivia; maestro y doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por la Universidad Autónoma del Estado de México.

Funge como investigador de tiempo completo del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la Universidad Autónoma del Estado de México. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), nivel I y cuenta con el perfil deseable del Programa de Mejoramiento del Profesorado (Promep).

Ha impartido clases en las facultades de Turismo y Gastronomía, Geografía, Ciencias Agrícolas y Medicina Veterinaria y Zootecnia de dicha universidad. Forma parte de la Red de Salud Forestal del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), es consejero titular del Consejo Asesor del Nevado de Toluca, así como vocal titular del Comité de Sanidad Forestal del Estado de México. Ha dirigido proyectos con financiamiento interno, así como externos, tales como Conafor, Semarnat y Conacyt.

Su línea de investigación se enfoca en el manejo y conservación de bosques de alta montaña en México y Bolivia.



### Humberto Thomé Ortiz

Licenciado en Comunicación Social por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), maestro en Ciencias en Desarrollo Rural por el Colegio de Posgraduados, doctor en Ciencias Agrarias por la Universidad Autónoma Chapingo. Investigador de tiempo completo del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la Universidad Autónoma del Estado de México. Especialista en Estudios Agroalimentarios y Turismo Agroalimentario, es fundador y ha sido presidente de la Asociación Mexicana de Turismo Rural. Ha desarrollado investigaciones sobre turismo y sistemas agroalimentarios en diferentes zonas rurales de México, Brasil, Ecuador, Colombia, la Polinesia Chilena y el centro de México. Ha sido responsable técnico de diversos proyectos financiados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), la Universidad Autónoma del Estado de México, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader) y la industria mezcalera. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), nivel I. Ha publicado más de 200 escritos académicos que incluyen libros, capítulos y artículos científicos en revistas como *Journal of Heritage Tourism*, *British Food Journal*, *Appetite* y la editorial Routledge. En la actualidad, se desempeña como director del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México.



Documentar la importancia económica, social y cultural de los recursos forestales no maderables es toral para plantear estrategias integrales de gestión forestal en las Áreas Protegidas del Nevado de Toluca. En este sentido, es importante distinguir los retos y oportunidades que presenta el aprovechamiento de los recursos endógenos, con la finalidad de incidir directamente en la economía local, sin perder de vista los objetivos comunes y los retos compartidos que presenta el mundo contemporáneo para estos escenarios naturales, que serán clave en la determinación de la calidad de vida de la sociedad del siglo XXI.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

Secretaría de Investigación  
y Estudios Avanzados

ISBN 978-607-633-596-3



9 786076 335963

