Informe final* del Proyecto AS005
Distribución actual y potencial de veinte especies de hongos silvestres comestibles en los bosques de coníferas del estado de Oaxaca

Responsable:	Dr. Fabián Islas Gutiérrez
Institución:	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales
Dirección:	Serapio Rendón No. 83 Col. San Rafael, 06470 , México, D. F.
Correo electrónico:	islas.fabian@inifap.gob.mx
Teléfono/Fax:	Tel 5658 4612 Fax 5554 0357

Fecha de inicio:	Noviembre 28, 2003
Fecha de término:	Octubre 24, 2011
Principales resultados:	Base de datos, informe final, cartografía
Forma de citar el informe final y otros resultados:**	Islas Gutiérrez, F., Zamora-Martínez, M., Velasco Bautista, E., Quero, R., Jiménez, J., Segundo Maya, R. y J. I. Martínez Valdez. 2006. Distribución actual y potencial de veinte especies de hongos silvestres comestibles en los bosques de coníferas del estado de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. AS005**. México, D.F.

Resumen:

El presente proyecto pretende cubrir las demandas de información biológica, geográfica y taxonómica relacionada con 20 especies de hongos comestibles para el estado de Oaxaca, siete de ellas incluidas en la NOM-059-ECOL (Cuadro 1). Además, estas especies fueron consideradas en el trabajo de Zamora-Martínez y Reygadas (2000), por lo que el presente estudio contribuirá a complementar la información integrada para la región central de México, lo que a su vez coadyuvará a tener datos completos para la definición precisa del estatus de las especies, a través de la aplicación del Método para la Evaluación de Riesgo (MER) (Diario Oficial, 2002).

Por otra parte, Oaxaca es una entidad con una gran tradición etnomicológica, sobre todo, en lo que se refiere a los hongos enteogénicos; con respecto a los hongos comestibles, hay pocos trabajos documentados en la literatura especializada, entre ellos se pueden citar los de Herrera, et al. (1995) con grupos Chontales, Nahuas, Zapotecos y Mixtecos; Pérez y Reyes (1998) citan el uso de dos especies de Amanita en la Mixteca Alta; Vásquez, et al. (1996) registran 33 especies con importancia económica en la Sierra Norte y Valles Centrales. La región más estudiada es la Sierra Norte, donde se han citado hasta 93 epecies de hongos comestibles (Léon, et al., 1992; Aguilar-Fernández, 1998 Córdova, et al., 2002).

La gran demanda de los mercados internacionales sobre estos productos puede ser una oportunidad para desarrollar actividades económicas benéficas para las comunidades. Estas actividades representan un eslabón en la búsqueda de alternativas económicas ambientalmente adecuadas que permitan el manejo integral de los recursos forestales.

Dichas actividades deben basarse en el conocimiento y estudio sistemático de las especies bajo aprovechamiento. Esta información es fundamental para desarrollar políticas de protección de sus hábitats y planes de manejo adecuados. Con lo anterior se busca apoyar la conservación y buen uso tanto de las especies, como de los ecosistemas.

- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
- ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

CENID
COMEF

DISTRIBUCIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE VEINTE ESPECIES DE HONGOS SILVESTRES COMESTIBLES EN LOS BOSQUES DE CONÍFERAS DEL ESTADO DE OAXACA
SEMARNAT-CONACYT-2002-C01-0423

INFORME FINAL

RESPONSABLE: DR. FABIÁN ISLAS GUTIÉRREZ

COLABORADORES: BIÓL. MARISELA C. ZAMORA-MARTÍNEZ
M.C. EFRAÍN VELASCO BAUTISTA
ING. RADAY QUERO
BIÓL. JOSEFINA JIMÉNEZ

TÉCNICOS. BIÓL. RICARDO SEGUNDO MAYA
BIÓL. J.IROEL MARTINEZ-VALDEZ

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Conabio

INTRODUCCIÓN

Oaxaca es considerado el estado con mayor biodiversidad en México, donde se conserva una gran tradición etnomicológica, sobre todo, en lo que se refiere a los hongos enteogénicos; con respecto a los hongos silvestres comestibles, hay pocos trabajos documentados en la literatura especializada, entre ellos se pueden citar los de Herrera *et al*. (1995) con grupos Chontales, Nahuas, Zapotecos y Mixtecos; Pérez y Reyes (1998) citan el uso de dos especies de *Amanita* en la Mixteca Alta; Vásquez, *et al*. (1996) registran 33 especies con importancia económica en Valles Centrales y la Sierra Norte, ésta última es la región más estudiada, con 93 especies identificadas a la fecha (Léon *et al*., 1992; Aguilar-Fernández, 1998 Córdova *et al*., 2002); que representan aproximadamente 40% del total en todo el país (Villareal y Peréz Moreno, 1989; Zamora-Martínez, 2001).

Los hongos silvestres comestibles constituyen un recurso que ha sido parte de los patrones de subsistencia para las poblaciones rurales que viven cercanas a las zonas boscosas; ya que durante el periodo de lluvias la actividad de recolectar esporomas comestibles, constituye una fuente alternativa de ingresos; aunque, la mayor parte del producto obtenido es para el autoconsumo y en menor proporción se comercializa a nivel local o regional (Zamora-Martínez, 1999; Estrada-Martínez, 2002; Ruan *et al*., 2002).

En los últimos años esa tendencia ha empezado a variar tanto en el mercado nacional como en el internacional (Villarreal, 1994), lo cual ha inducido un cambio en el objetivo de la recolecta, de tal manera que en la actualidad existen compañías comerciales internacionales que promueven la obtención de especies de hongos silvestres comestibles para su exportación a gran escala, tal es el caso de *Tricholoma magnivelare* (Peck) Redhead, cuya producción total se vende en el extranjero (Zamora-Martínez, 1994; Iturbe, 1998; Zamora-Martínez, 1999, Zamora-Martínez y Nieto de Pascual, 2004). Otros taxa que cada vez son más buscados con la misma intención son: *Amanita caesarea* (Scop.) Pers., *Boletus edulis* Bull.: Fr., *Morchella* spp y *Cantharellus cibarius* Fr. (Zamora-Martínez, 1999; Zamora-Martínez *et al*., 2001; PROCYMAF, 2001).

La gran demanda de los mercados internacionales sobre estos productos puede ser una oportunidad para desarrollar actividades económicas y ambientalmente adecuadas que beneficien a las comunidades rurales, y que a su vez coadyuven al manejo integral de los recursos forestales.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son cada vez más empleados en el estudio de la diversidad biológica, pues ante su creciente pérdida, ha surgido la necesidad urgente de conocer su estatus y tendencias), para establecer o valorar programas de aprovechamiento y conservación (Sánchez-Cordero e*t al*., 2001; Draper *et al*., 2003). La capacidad de desplegar e integrar numerosas referencias, obtenidas de la interpretación de imágenes capturadas por sistemas de percepción remota (Dangermond, 1994) o de observaciones

hechas en campo asociadas a la distribución de la biodiversidad, ha permitido llevar a cabo proyectos de análisis multitemáticos (Davis *et al*., 1990) con diversos propósitos, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Conocer la distribución y área que ocupa un taxón (Agree *et al*., 1989; Davis *et a*l., 1990; White *et al*., 1995; Cruz *et al*., 1997; Sachez-Cordero *et al*., 2001; Welch *et al*., 1992) o de las diferentes asociaciones vegetales, así como su estructura (Davis *et al*., 1990; Berry y Ripple, 1994; White *et al*., 1995; SEMARNAT *et al*., 2004; Skidmore *et al*., 1997).

- Optimizar los esfuerzos en el trabajo de campo mediante la ubicación de sitios que garanticen una muestra representativa en la recolecta de material (Davis, 1990; Cruz *et al*., 1997; Sachez-Cordero *et al*., 2001; Draper *et al*., 2003).

- Seleccionar localidades de importancia biológica para su conservación; evaluar estrategias de conservación y aprovechamiento (Bonham-Carter, 1991; Agree *et al*., 1989; Davis *et al*., 1990; Dangermond, 1994; Berry y Ripple, 1994; Sachez-Cordero *et al*., 2001; Cantú *et al*., 2003,); para llevar a cabo actividades de restauración o reforestación (LaGro, 1991; Berry y Ripple, 1994; Dangermond, 1994; Gkaraveli *et al*., 2002) y/o para la recuperación de un taxón (Agree *et al*., 1989; Draper *et al*., 2003).

- Ubicar y delinear espacios donde se puedan establecer programas de aprovechamiento u otros desarrollos con un bajo impacto sobre la biodiversidad (Davis *et al*., 1990; Cruz *et al*., 1997; Sánchez-Cordero *et al*., 2001; Welch *et al*., 1992); selección de rodales, localización de caminos, etc (Dangermond, 1994; Berry y Ripple, 1994).

- Determinar los impactos en la biota del establecimiento de construcciones (presas, carreteras, etc.) (Pereira e Itami, 1991; Wu y Smiens, 2000; Draper *et al*., 2003), de la introducción de especies exóticas (Draper *et al*., 2003) y del cambio de uso de suelo (Harris, 2003; Townshend, 1991).

- Reconocer qué factores están relacionados con la distribución de los taxa (Draper *et al*., 2003; Berry y Ripple, 1994) o con el desarrollo de ciertos procesos ecológicos (incendios, desertificación, sucesión, productividad de bosques, etcétera) (Dangermond, 1994; Townshend, 1991) y precisar, por medio de modelos, qué superficies son las ideales para su establecimiento (distribución potencial) (Davis *et al*., 1990; Sachez-Cordero *et al*., 2001; Bonham-Carter, 1991).

En México los SIG en años recientes se han utilizado para: ubicar, demarcar y caracterizar comunidades vegetales (SEMARNAT *et al*., 2004; Rodríguez, 2003); delimitar la distribución potencial de diferentes especies (Ponce, 2003; Sánchez-Cordero *et al.,* 2001) o de áreas forestales propensas a incendios (Flores-Garnica y Omi, 2003); valorar las estrategias de conservación dentro de

Áreas Naturales Protegidas (Cantú *et al*., 2003; Ponce, 2003), ubicar y cuantificar el uso actual de suelo (García *et al*., 2002); y para definir unidades que coadyuven al manejo adecuado para la conservación de los recursos naturales (Martínez y Ramírez, 1998), entre otras.

En el ámbito mundial, la elaboración de mapas de distribución de macromicetos es una actividad muy reciente, actualmente, existen proyectos de este tipo en países como: Suiza, Gran Bretaña, Holanda, Alemania, Francia, Noruega y Australia. En el caso de Europa, hay un programa Europeo de mapeo de hongos (Gulden *et al*., 1999).

No obstante, el poco desarrollo de estudios sobre la distribución de hongos, el conocer la distribución y los hábitats de los macromicetos es una herramienta indispensable para la implementación de diversas acciones encaminadas a la conservación de la biodiversidad; además de incrementar el conocimiento de los factores que inciden sobre la distribución de las especies de hongos y que biotipos debiesen ser conservados.

La información referente a la distribución de las especies de hongos silvestres comestibles se localiza dispersa en el acervo bibliográfico, constituido por las descripciones taxonómicas de diversos grupos, sobre todo a nivel regional; al respecto Villarreal y Pérez-Moreno (1989) citan la existencia de 103 trabajos nacionales con registros de hongos comestibles. Otra fuente importante para este tipo de datos son los herbarios, colecciones que conservan aproximadamente 200,000 especímenes fúngicos, procedentes de todo el territorio nacional (Guzmán, 1998).

Con relación a la documentación en mapas de la distribución de macromicetos en general y de macromicetos comestibles en particular, para México sólo existe una experiencia que se refiere a la elaboración de la cartografía de la distribución conocida y potencial de 48 especies de hongos comestibles en nueve entidades federativas de la región central del país (Zamora-Martínez y Reygadas, 2000; Reygadas *et al*., 2000). Blanc (2001), mediante el uso de un modelo de elevación digital determinó el área potencial de producción para *Boletus edulis* en una localidad de la Sierra Norte de Oaxaca.

Durante las últimas décadas se ha presentado en México una acelerada pérdida de los ecosistemas naturales que pone en riesgo su integridad, una de las causas de dicha disminución es el cambio climático, el cual aparentemente, modifica la ocurrencia y el tiempo de los periodos de fructificación de las especies fúngicas; así como su distribución geográfica y altitudinal (Gracia *et al*., 2005). En este contexto es relevante iniciar acciones que garanticen el manejo sostenible de las poblaciones silvestres de hongos comestibles, por lo que es necesario contar con información ecológica, taxonómica y biogeográfica de las especies recolectadas; ya que ésta servirá como una herramienta

fundamental en la toma de decisiones referente a su aprovechamiento y que sustente la normatividad correspondiente para su conservación.

El presente proyecto pretende contribuir a cubrir las demandas de conocimiento biológico, geográfico y taxonómico relacionado con 20 especies de hongos comestibles para el estado de Oaxaca, siete de ellas incluidas en la NOM-059-semarnat-2001 (Cuadro 2) y que además fueron consideradas en el trabajo de Zamora-Martínez y Reygadas (2000), por lo que los datos generados contribuirán a complementar la información integrada para la región central de México, lo que a su vez coadyuvará a tener mejores referencias que permitan efectuar la definición precisa del estatus de las especies, mediante la aplicación del Método para la Evaluación de Riesgo (MER) (Diario Oficial, 2002).

Particularmente se busca caracterizar el hábitat de las especies fúngicas estudiadas en función de las siguientes variables ambientales: temperatura media anual, precipitación media anual, altitud, tipo de vegetación, tipo de suelo y textura; a partir de ellas se obtendrán los mapas a nivel municipal, de la distribución conocida y potencial para 20 especies de hongos silvestres comestibles en los bosques templados de Oaxaca.

Así mismo se determinará la fenología reproductiva de las especies fúngicas estudiadas, y se hará la revisión del estatus del complejo *Boletus edulis*, mediante la aplicación del Método de Evaluación de Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres de México (MER).

La información generada, aunada a los resultados de trabajos previos permitirá ir integrando el conocimiento correspondiente a la distribución de los macromicetos de México, lo que a su vez proporcionará mayores elementos de juicio al momento de tomar decisiones para la conservación de la biodiversidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y división política.

El estado de Oaxaca tiene una extensión de 95,364 km^2, que representa 4.8 % de la superficie del país y por su tamaño ocupa el quinto lugar entre sus 31 estados. Se localiza en la región sureste del Pacífico Mexicano; limita al norte con Puebla y Veracruz, al este con Chiapas y al oeste con Guerrero, y sus coordenadas geográficas extremas son: al norte 18°39' y al sur 15°39', de latitud norte; al este 93°52' y al oeste 98°32', de longitud oeste (Figura 1) (INEGI, 2006; www.eoaxaca.gob.mx).

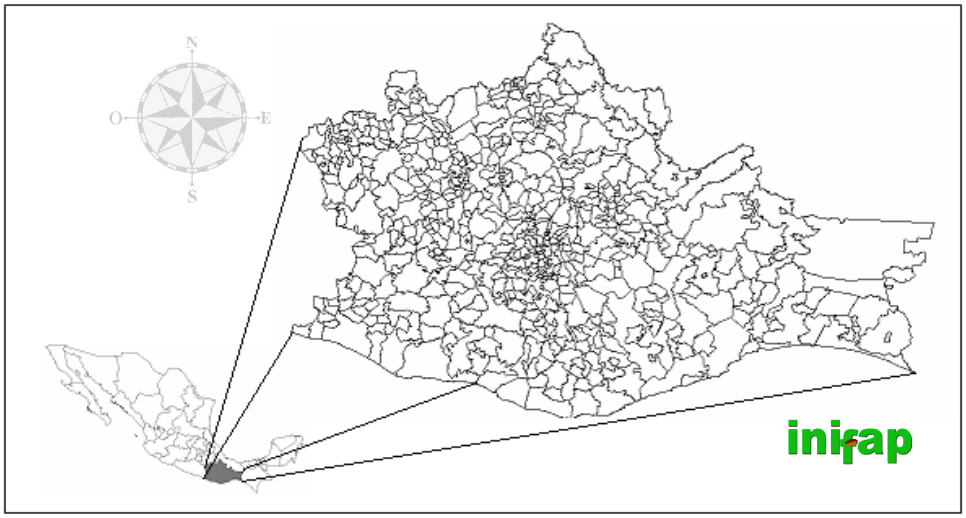
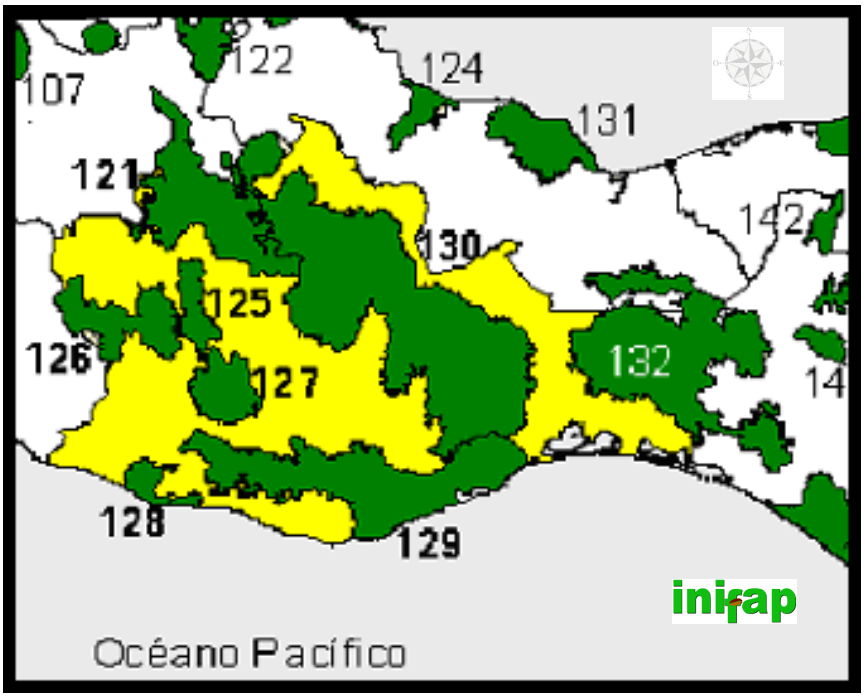


Figura 1: Estado de Oaxaca y sus municipios.

Con base en sus recursos naturales se divide en ocho regiones, a saber: Istmo, Papaloapan (también denominada Región Golfo por su cercanía con el Golfo de México), Cañada, Sierra Norte, Valles Centrales, Sierra Sur, Mixteca y Costa (www.eoaxaca.gob.mx). Su territorio comprende 30 distritos (divisiones administrativas, judiciales y rentísticas) y 570 municipios que corresponden al 25% del total nacional (www.eoaxaca.gob.mx).

La Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) implementó el Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad en el que se enmarca el Proyecto Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), cuyo objetivo general es la determinación de unidades estables, desde el punto de vista ambiental, en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica. Destacan Oaxaca y Quintana Roo por la alta proporción de superficie incluida en las RTP. En la figura 2 se muestran las RTP que se ubican en Oaxaca: 121) Valle de Tehuacán-Cuicatlán, 125) Cerros Negro-Yucaño, 126) Sierra Triqui-Mixteca, 127) El Tlacuache, 128) Bajo Río Verde-Chacahua, 129) Sierra Sur y Costa de Oaxaca, 130) Sierra del Norte de Oaxaca-Mixe, y 132) Selva Zoque-La Sepultura.



Fuente: INIFAP modificada de Arriaga *et al (*2000)

Figura 2: RTP de la Región Sur-Sureste de México

Relieve. Accidentado comprende parte de cinco Provincias Fisiográficas: a) Eje Neovolcánico, b) Sierra Madre del Sur (con seis subprovincias que ocupan 80% del territorio estatal), c) Llanura Costera del Golfo Sur, d) Sierras de Chiapas y Guatemala, y e) Cordillera Centroamericana. La montaña de mayor altitud es el Cerro Quiexoba, de 3750 msnm ubicado en la Región Sierra Sur (www.eoaxaca.gob.mx).

Suelos. La cartografía edáfica del INEGI (escala 1:1 000 000) registra para Oaxaca 16 unidades de suelo: Castañozem, Feozem, Gleysol, Nitosol, Planosol, Rendzina, Solelnochak, Vertizol, Xerosol, Acrisol, Regosol, Luvisol, Cambisol, Litosol, Fluvisol y Arenosol; pero las últimas siete son las más representadas en la entidad; se distribuyen en las regiones de topografía accidentada, presentan poco desarrollo, su consistencia es friable y cuando húmedos son más vulnerables a la degradación.

Clima. La gran variedad de climas presentes en Oaxaca, se atribuye a factores como: la posición geográfica, el intrincado relieve, la exposición a los sistemas meteorológicos que se desarrollan tanto en la vertiente pacífica, como en la del Golfo, las corrientes marinas y la temperatura del océano, entre otros (Trejo, 2004).

La temperatura media anual en las partes altas de las sierras es menor de 12 °C. En las zonas templadas se registra entre 12 y 18 °C, ocupan un 22% de la superficie estatal y se distribuyen por lo general en altitudes mayores a los 2 000 msnm. (Trejo, 2004).

La distribución de la lluvia es variada, existen ámbitos de precipitación anual que van de 300 mm a más de 4,500 mm. Las estaciones de Chilchotla, Tenango (Distrito de Teotitlán), Ayotzintepec y Soyalapa (Distrito de Tuxtepec) alcanzan precipitaciones anuales mayores a 4,000 mm. En la vertiente del Pacífico existe otra zona con precipitación anual superior a los 2,000 mm, La influencia de la sombra orográfica provocado por la presencia de las cadenas montañosas, tanto la Sierra Madre en el oriente, como la Sierra Madre del Sur, se reflejan en una menor cantidad de lluvia en las porciones internas de la entidad. Así pues, en menos del 2% de dicho territorio la precipitación es menor a 500 mm al año; en alrededor del 40% es menor a 1 000 mm y en 58% la cantidad de lluvia que se deposita es mayor a los 1,000 mm (Trejo, 2004).

La combinación de los elementos climáticos como la temperatura, la cantidad de lluvia que se deposita en un área y su distribución a lo largo del año, da como resultado los distintos tipos de clima; por lo que en el territorio oaxaqueño es posible identificar climas cálidos desde húmedos y subhúmedos hasta áridos y muy áridos; así como templados con un alto grado de humedad, hasta aquellos en donde la aridez es un factor importante, y climas semifríos de húmedos a subhúmedos. La superficie cubierta por climas templados es de poco más del 20%. Los más húmedos se localizan en las partes altas de la Sierra Madre de Oaxaca y los subhúmedos en las montañas y valles del occidente y centro de Oaxaca, en las laderas a sotavento de la Sierra Madre y las partes intermedias de la porción central de la Sierra Madre del Sur. Los climas semifríos, húmedos y subhúmedos se establecen en las partes más altas de las sierras del estado y representan menos del 1% de la superficie total (Trejo, 2004).

Vegetación. Los bosques templados se ubican en 84% de los municipios de Oaxaca; la mayor proporción en las regiones Cañada, Mixteca, Sierra Norte y Sierra Sur; y con una representación menor en las regiones Costa y Papaloapan.

En el estado de Oaxaca, a un tipo de vegetación le corresponde más de una clase de clima, así como intervalos amplios de condiciones térmicas y de presipitación anual (Cuadro 1), lo que se relaciona con la gama de comunidades que puede abarcar, por ejemplo, en los bosques de pino es posible identificar una gran diversidad de taxa que presentan diferencias en parámetros estructurales como la altura o la densidad; algunas especies de *Pinus* se establecen en climas semifríos con grandes requerimientos de humedad, en contraste con otras de tallas menores y con resistencia a condiciones de aridez. El mismo caso se da para las especies de *Quercus* (Trejo,2004).

Cuadro 1. Tipos de vegetación de las zonas templadas de Oaxaca sus condiciones climáticas.

Tipos de vegetación[1]	**Tipo de clima[2]**	**Temperatura media anual (°C)**	**Precipitación media anual (mm)**
Bosque de *Abies*	Cb´(w_2), Cb´(m)	8 a 12	800 - 2 500
Bosque de *Pinus*	C(w_2), C(w_1), Aw_2, (A)C(w_2)	14 a 18	600 - 2 500
Bosque de *Pinus-Quercus*	C(w_1), C(w_2), (A)C(w_1), (A)C(w_2)	16 a 20	800 - 2 500
Bosque mesófilo de montaña	(A)Cf, (A)C(m), C(m), (A)C(w_2)	16 a 20	2 000 - 4 500
Bosque de *Quercus*	C(w_0), (A)C(w_0), C(w_1), (A)C(w_1)	14 a 20	600 - 1 200
Bosque de *Juniperus*	BS1kw, C(w_0), BS1hw, C(w_1)	16 a 18	400 - 1 000

Cuadro modificado de Trejo (2004)
[1] Nomenclatura utilizada en el Inventario Nacional Forestal.
[2] Simbología de Köpen, modificada por García (1988).

Selección de especies.

Las especies consideradas en el presente estudio (Cuadro 2) fueron seleccionadas con base en su demanda en el mercado nacional e internacional, y como seguimiento a dos trabajos previos, el primero correspondiente a la distribución de 48 especies en el centro de México (Zamora-Martínez y Reygadas, 2000) y el segundo, un proyecto sobre comercialización y el procesamiento de hongos silvestres en la Sierra Norte de Oaxaca (Methodus, 2000).

Revisión de herbarios.

Se revisaron ejemplares de herbario de las principales colecciones del país que cuentan con material fúngico procedente de las zonas templadas de Oaxaca, a saber: Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del Instituto Politécnico Nacional; Instituto de Biología (MEXU) de la Universidad Nacional Autónoma de Mexico; Instituto de Ecología, A. C. (XAL); Facultad de Ciencias (FCME) de la Universidad Nacional Autónoma de Mexico; Herbario Nacional Forestal (INIF) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Escuela Nacional de Estudios Profesionales – Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de Mexico y; Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de Mexico. Así como el herbario estatal ITAO, del Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca.

Cuadro 2. Relación de especies fúngicas comestibles consideradas en el estudio.

ESPECIE	ESTATUS (NOM-059-SEMARNAT-2001)
A.caesarea	
A. rubescens	
Amanita vaginata	
Boletus aestivalis	
Boletus edulis	Amenazada
Cantharellus cibarius	
Gomphus floccosus	
Helvella crispa	
Lycoperdon perlatum	
Lycoperdon pyriforme	
Morchella angusticeps	Amenazada
M. conica	Amenazada
M. costata	Amenazada
M. elata	Amenazada
M. esculenta	Amenazada
Russula brevipes	
R. lutea	
Suillus granulatus	
Tricholoma flavovirens	
Tricholoma magnivelare	Sujeta a protección especial

En cada colección y para cada ejemplar se registraron los siguientes datos: Nombre científico con descriptor, familia, nombre (s) común (es), nombre del colector, número de colecta, número de catálogo, localidad, altitud, hábitat (tipo de vegetación, temperatura, precipitación, características edáficas, etc.), tipo de sustrato (microhábitat), usos y fecha de colecta.

La información se registró en una base de datos bajo el formato de BIOTICA 4.1 de la CONABIO (http:/www.conabio.gob.mx/proyectos/ficha.html.).

Revisión de bibliografía especializada.

Se revisaron las principales publicaciones micológicas nacionales y extranjeras que incluyen datos de especies recolectadas en Oaxaca, los temas de interés fueron los: ecológicos, micoflorísticos, etnomicológicos y taxonómicos. En dicha revisión se registraron datos de colecta para los taxa sujetos de estudio. A continuación se anotan las ediciones seriadas consultadas: Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología, Revista Mexicana de Micología, Micología Neotropical Aplicada, Acta Botánica, Biotica, Boletín de la Sociedad Mexicana de Botánica, Anales del Instituto de Biología, Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Polibotánica, Mycologia, Mycotaxon, Mycol. Res., Int. J. Mycol. Lichenol., entre otras, Así mismo se examinaron tesis, memorias de congresos, catálogos, folletos técnicos, guías técnicas y algunos libros.

Se integraron los datos de las fuentes oficiales sobre avisos y permisos de aprovechamiento de Especies Forestales No Maderables en posesión de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y del

Instituto Nacional de Ecología (INE); así como de los permisos para el establecimiento de Unidades de Manejo Ambiental (UMA), existentes en los bosques templados de Oaxaca.

La información obtenida se integró a la base de datos (BIOTICA 4.1) e incluye el mismo tipo de información obtenida en la consulta de los ejemplares de herbario. Siempre y cuando ésta haya sido registrada por los autores.

Obtención del mapa de distribución actual de las especies en estudio.

La distribución conocida de las especies fúngicas se generó a partir de dos fuentes:

a) Los puntos de recolecta individuales consignados en las etiquetas de herbario, previamente georreferenciados.

b) Los datos tanto de las fuentes oficiales (SEMARNAT, INIFAP), sobre el aprovechamiento y comercialización de estas especies, como de la bibliografía especializada, en este caso tambien se georreferenciaron las localidades.

La información curatorial y la referente a la distribución geográfica, coordenadas geográficas y el hábitat (datos obtenidos tanto de las papeletas de herbario y bibliografía, como de cartas tematicas) de los especímenes, se capturó en una hoja de cálculo (Microsoft Office Excel, 2003). Durante dicho proceso se respetó la información consignada en las etiquetas de herbario; aunque para el caso de algunos rubros se homogeneizó, por ejemplo: el tipo de vegetación se ajustó a la clasificación de Rzedowski (1978); y el nombre de la localidad se corrigió de tal manera que la ortografía, las abreviaturas, las unidades de distancia y nombres de parajes coincidieran cuando fueran los mismos.

La coordenadas geográficas de las localidades se convirtieron a grados decimales mediante la fórmula: grados + (minutos/60) + (segundos/3600), de tal manera que fueran compatibles con los mapas temáticos en el Sistema de Información Geográfica (SIG) *ArcView* 3.2 (ESRI, 2000). La versión resultante se exportó a un formato *DBase* (DBF 4), para generar una cobertura de puntos georreferenciados de los sitios de recolecta, en formato *Shapefile*.

Para el procesamiento de los datos espaciales se empleó la cartografía digital existente para Oaxaca sobre los temas de interés y se usaron los módulos y extensiones: *Spatial Análisis*, *Geoprocessing Wizard*, *Projector* y *Grids Tools* del programa Arc View 3.2.

Coberturas digitales temáticas.

Las coberturas digitales que se utilizaron, en formato *Shapefile* de *Arcview*, para la generación de mapas temáticos de la distribución conocida se presentan en las cuadros 3 y 4.

Modelo de Elevación Digital (MED).

El MED usado se obtuvo a partir del despliegue de la cobertura de los puntos de las localidades de recolecta, sobre el MED del INEGI (2000) y se eligieron sólo las cartas sobre las que se sobrepusieron dichos puntos, fueron unidas utilizando la extensión "Grid Transformation Tools" y el comando "Merge" de "Transform Grid", en ArcView 3.2; de tal forma que el MED resultante comprende por completo y exclusivamente las localidades de recolecta. Dado que éste tenía una proyección UTM (Universal Transversal Mercator*);* se cambio a coordenadas geográficas mediante el SIG ArcInfo, (ver 8.0) y la cobertura final se transformó a un archivo Shapefile.

Cuadro 3. Temas utilizados en los mapas de la distribución conocida de las especies fúngicas estudiadas.

Tema	Carta	Fuente	Fecha	Escala
Clima	Carta de climas	CONABIO INEGI	1998	1: 1'000,000 1:500 000
Suelos	Cartas edafológicas	CONABIO INEGI	2004	1: 250,000 1:1000,000
Textura de suelo	Carta edafológica	CONABIO INEGI	2004	1: 250,000 1:1000,000
Vegetación	Uso de suelo y vegetación	INEGI	1993	1: 250,000
Vegetación	Uso de suelo y vegetación	INIFAP	2002	1: 250,000

Cuadro 4. Fuentes para la generación del modelo de elevación digital y los temas de precipitación y temperatura.

Tema	Carta o bases de datos	Fuente	Fecha	Escala
Temperatura media anual	Datos de estaciones climatológicas	ERIC II	2000	No aplica
		NORM2	1998	No aplica
Precipitación media anual	Datos de estaciones climatológicas	ERIC II	2000	No aplica
		NORM2	1998	No aplica
Precipitación media anual	Carta de precipitación total anual	CONABIO	1998	1: 250,000
Temperatura media anual	Carta de isotermas medias mensuales	CONABIO	1998	1: 250,000
Altitud	Modelo de Elevación Digital, pixel 90 x 90 m	INEGI	2000	No aplica

Temperatura media anual (TMA) y precipitación media anual (PMA).

Dado que los datos de la precipitación y temperatura procedentes de las cartas de CONABIO 1999, se expresan en rangos muy amplios (lo que dificulta el conocimiento puntual del hábitat de las especies), se crearon coberturas a partir de datos provenientes de las estaciones climatológicas ubicadas en el estado de Oaxaca.

Las cifras se obtuvieron de los programas ERIC2 (Extractor rápido de información climatológica, con datos hasta 1990) y NORM2 (Programa de cómputo para el manejo de normales climatológicas de México, con datos de 1950-1980), y se crearon coberturas de TMA y PMA para cada base de datos. Sólo se tomó en cuenta la información de las estaciones climatológicas con más de 15 años de registro, que en total fueron 118 (ERIC2) y 123 (NORM2) para la TMA; 123 (ERIC2) y 120 (NORM2) para la PMA.

Los datos se capturaron en hojas de cálculo (Microsoft Office Excel 2003): latitud y longitud (coordenadas convertidas a grados y decimales de grado) y el valor de precipitación o temperatura, según el caso. Los archivos resultantes se exportaron a un formato DBase (DBF 4) y se desplegaron en ArcView 3.2 mediante el comando Add event theme para insertar los puntos georreferenciados representando a las estaciones climatológicas; después se procedió a eliminar de la tabla los puntos mal georreferenciados (información errónea de origen y detectada al ubicarse los puntos fuera de los límites estatales).

Una vez desplegados los puntos con la información depurada de las estaciones climatológicas, se llevó a cabo la interpolación de los datos de PMA y TMA bajo el método IDW (Inverso de la distancia al cuadrado, distancia inversa hacia un punto de un grupo de datos) incluido en el módulo Spatial Analysis de Arcview.

Las capas interpoladas con seis puntos vecinos fueron los más similares a la distribución de los intervalos de las capas temáticas correspondientes de CONABIO (1999), por lo que éstas fueron seleccionadas para convertirlas a un archivo Shapefile y hacerlas compatibles con el resto de las coberturas.

Por último, se desplegaron y compararon las coberturas provenientes de los datos de ERIC2 y del NORM2, con las de CONABIO (1999) y se decidió utilizar las provenientes del primero para la creación de los mapas de distribución de los hongos comestibles, pues los registros de dicha base de datos son más recientes.

Mapas de distribución de especies de hongos.

Las capas temáticas, en una misma proyección geográfica, se integraron en el SIG ArcView 3.2 con la finalidad de generar una base de datos con información asociada a los ejemplares, de cada uno de los temas evaluados. Para ello se desplegaron los puntos de muestreo sobre las cartas digitales temáticas (vegetación, edafología, clima, PMA, TMA y MED) y se unieron las variables de cada tema con los puntos de muestreo, mediante la extensión Geoprocesing Wizard y el comando Assign data by location.

Para la elaboración de los mapas temáticos digitales de la distribución conocida de las especies a nivel municipal se realizó la intersección de municipios individuales con cada una de las capas temáticas, para ello se usó

la extensión Geoprocesing Wizard y el comando Intersect; así se obtuvieron seis mapas de cada tema, delimitados de acuerdo a los municipios sobre los que se ubicaron los puntos de recolecta. La cartografía final se elaboró de acuerdo a los lineamientos de la CONABIO especificados en la dirección electrónica: http:/www.conabio.gob.mx/sig/ lineamientos.html. No está en referencias, además de que falta la fecha de consulta.

Definición del hábitat de las especies fúngicas estudiadas.

Los sitios de recolecta georreferenciados sobre cartas topográficas (1:50000) fueron sobrepuesto en cartas temáticas para corroborar u obtener información sobre su hábitat (la mayoría de los ejemplares o publicaciones no registraron todos los parámetros delineados en este estudio).

El hábitat para las veinte especies de hongos silvestres comestibles en los bosques templados de Oaxaca, se determinó conforme a intervalos de distribución para los rubros de altitud, temperatura media anual y precipitación media anual. El intervalo de distribución altitudinal se obtuvo de acuerdo a los valores provenientes del MED descrito en la sección anterior.

Como la información sobre la distribución espacial y temporal de las especies se obtuvo tanto de las papeletas de herbario, como de citas bibliográficas y mapas temáticos (físicos y digitales), para algunos rubros se contó con varios datos (provenientes de las diversas fuentes consultadas); lo que permitió su comparación y análisis para conocer las características del hábitat en cada punto de recolecta.

Obtención del mapa de distribución potencial de las especies en estudio.

Fuentes de información. En los cuadros 5, 6 y 7 se muestran los temas de apoyo para la generación de las áreas potenciales de distribución de las especies de hongos incluidas en el presente proyecto, su procesamiento espacial se hizo mediante la herramienta Shapefile de Arcview 3.3.

Cuadro 5. Temas utilizados en la generación de los mapas de la distribución potencial de las especies fúngicas en estudio.

Tema	Carta o bases de datos	Fuente	Fecha	Escala
Clima	Carta de climas	CONABIO	1998	1:1,000,000
Precipitación media anual	Carta de precipitación total anual	CONABIO	1998	1: 1000,000
Temperatura media anual	Carta de isotermas medias mensuales	CONABIO	1998	1: 1000,000
Altitud	Carta topográfica de México, (equidistancia entre curvas 200 m)	CONABIO	1998	1: 1000,000
Suelos	Carta edafológica	INIFAP	1994	1: 250,000
Textura de suelo	Carta edafológica	INIFAP	1994	1: 250,000
Vegetación	Uso de suelo y vegetación	INEGI, INE	1999	1: 250,000

Datos climatológicos. Se utilizaron las cartas de CONABIO (Cuadro 2), las cuales fueron generadas considerando como factor de influencia adicional la fisiografía del terreno. La corroboración de la información de estas capas se realizó con base en algunas localidades conocidas del estado.

Cuadro 6. Cartas temáticas de apoyo para la referencia topológica

Tema	Carta o bases de datos	Fuente	Fecha	Escala
Municipios	División municipal geoestadística	INEGI	2000	1: 250,000
Localidades	Localidades	INEGI	2000	No aplica
Límite estatal	Límite estatal geodésico	INEGI	2002	1: 250,000
Hidrografia	Corrientes principales	UNAM-CONABIO	1990	1: 4’000,000

Cuadro 7. Otras fuentes alternas de apoyo

Tema	Bases de datos	Fuente	Fecha	Escala
Temperatura media anual	Datos de estaciones climatológicas	SIMCLIM	2004	No aplica
Precipitación media anual	Datos de estaciones climatológicas	SIMCLIM	2004	No aplica

Generación de los mapas potenciales de distribución de especies de hongos. Las capas temáticas se integraron en un Sistema de Información Geográfica procurando que todas correspondieran a una misma proyección, en este caso todas las capas fueron convertidas al sistema de proyección geográfico retransformando el datum de origen de cada carta digital según era caso. Todas las capas eran vectoriales, sin embargo se tuvieron que transformar en formato raster para realizar operaciones de consulta y análisis espacial y de esta manera generar los mapas potenciales. El procedimiento de convertirlos de Vector a Raster se auxilia con el método “Conver to Grid” de Arcview, todas las capas fueron convertidas a una resolución de 1 ha.

Convertidas las capas de precipitación, vegetación, temperatura, suelos, textura, climas y tipos de vegetación se utilizó el proceso de “Map Query” de ArcView para generar otras capas con todos los datos coincidentes con respecto a las condiciones de esta especie de hongo. Las características ambientales de esta especie fueron obtenidas a partir de cientos de colectas realizadas, esta base de datos fue integrada y sistematizada para su utilización, a partir de esta base de datos se definieron los rangos de localización de la especie de interés, así también se elaboró el algoritmo de consulta para la generación del mapa potencial.

Los factores utilizados en el algoritmo de consulta fueron los siguientes: altitud, tipo de vegetación, tipo de suelo, textura del suelo, temperatura media anual, precipitación media anual y tipo de clima.

El raster resultante fue convertido a formato vectorial, generándose una capa de polígonos de tamaño variable, apegándose a la similitud de condiciones en que se pueden encontrar esta especie de hongo. Posteriormente, mediante un proceso de consulta y edición se procedió eliminar de la capa vectorial los polígonos menores a 10 ha, de esta manera se ajustó a unidades mínimas cartográficas de acuerdo a la escala generada para cada mapa (1:250,000).

Programa utilizado para procesamiento de datos espaciales: ArcView Ver. 3.3. Los módulos utilizados: Spatial Análisis, Santi Tools y Xtools 9/15/03.

Verificación de los mapas de distribución potencial.

Hipótesis

Ho:$p \leq 0.85$ vs $p \geq 0.85$

Diseño de muestreo

Con el propósito de verificar la efectividad de la determinación de las áreas potenciales de las especies de hongos silvestres comestibles y estimar la proporción de unidades de muestreo del área potencial en la cual se desarrolla una especie fúngica en particular, mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), cada una de ellas se evaluó de manera independiente.

En cada área potencial se llevó a cabo un muestreo sistemático, en el que las unidades de muestreo fueron parcelas cuadradas de 1000 m, mismas que estuvieron separadas a una distancia de 5 km (Figura 3). En cada parcela se determinó de forma detallada la presencia de los taxa de interés, para lo cual se consideró la presencia física al realizar la verificación en campo, o bien, que se tuvieran las condiciones ambientales propicias para su desarrollo; aunque en ese momento no se observara el taxón,

El tamaño de muestra correspondiente a cada especie se determinó en función del total de su área potencial, previamente estimada (Cuadro 8). Cabe señalar que de los 20 taxa considerados inicialmente, sólo se obtuvieron registros para 14, se excluyeron por falta de datos las del género *Morchella* y *Russula lutea.*

Cuadro 8. Tamaño de muestra para 14 especies de hongos silvestres comestibles.

Especie	Tamaño de muestra (n)
Amanita caesarea	41
Amanita rubescens	62
Amanita vaginata	41
Boletus eastivalis	9
Boletus edulis	41
Cantharellus cibarius	40
Gomphus floccosus	8
Helvella crispa	84
Lycoperdon perlatum	120
Lycoperdum piriforme	46
Russula brevipes	15
Suillus granulatus	25
*Tricholoma ecuestre**	19
Tricholoma magnivelare	102

*originalmente identificada como *T. flavovirens*

El período de recolecta comprendió las temporadas de lluvias de 2005,2006 y 2007, las localidades verificadas se distribuyeron en las siguientes regiones: Sierra Norte, Sierra Sur, Valles Centrales y La Mixteca Alta. Las exploraciones micológicas comprendieron los meses de junio noviembre, con la finalidad de recolectar especies de fructificación tardía prolongada como son las del género *Morchella* spp.

En los sitios visitados se recolectaron ejemplares de los hongos de interés de acuerdo a los procedimientos tradicionales de recolecta (Cifuentes *et al*., 1984). El material recolectado se identificó siguiendo las claves taxonómicas y monografías especializadas. Los ejemplares se depositaron en en el Herbario Nacional Forestal-INIF (INIFAP), y los datos de recolecta (taxonómicos, ecológicos, geográficos y de uso) se integraron a la base de datos previamente generada con la información de herbarios y bibliográfica.

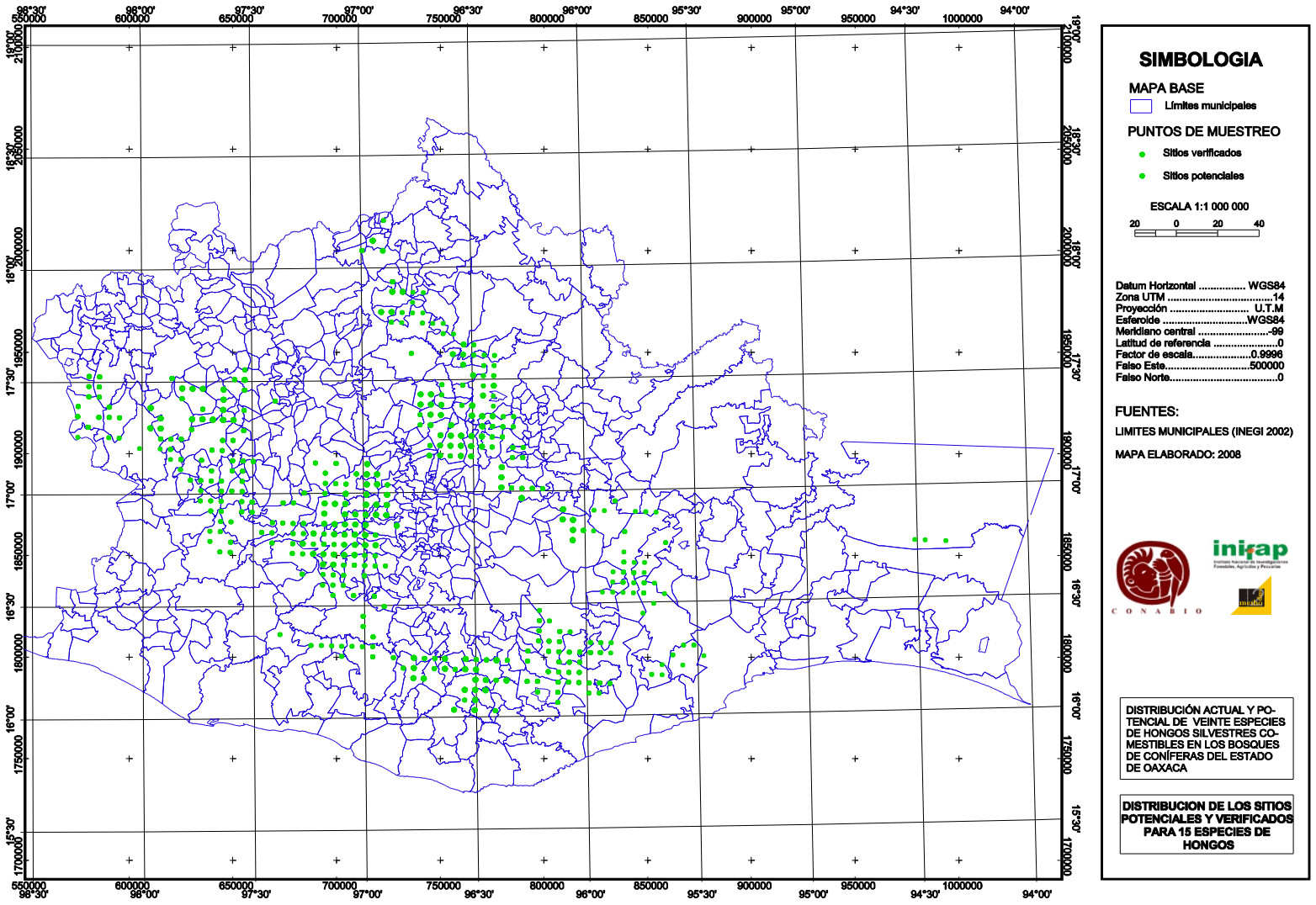


Figura 3: Diseño de muestreo

Análisis de los datos.

La proporción del número de unidades de muestreo presentes en el área potencial para cada una de las especies de hongos silvestres comestibles se estimó mediante:

$$\hat{p} = x / n$$

Donde:

x: variable que toma el valor 1, si en la unidad de muestreo, se presenta la especie fúngica de interés; cero en caso contrario

n: tamaño de la muestra

Además de la estimación puntual de *p*, también se obtuvo un intervalo de confianza, por medio de la siguiente expresión

$$\hat{p} - Z_{.025}\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \leq p \leq \hat{p} + Z_{.025}\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$$

Tomado de Hines y Montgomery (1998)

Fenología reproductiva.

Con base en las fechas de recolecta consignadas en las etiquetas de herbario, se definieron los períodos de fructificación para cada una de las 20 especies fúngicas consideradas en el proyecto. Las fechas de recolecta que se tomaron en cuenta para la elaboración de los cuadros fenológicos fueron aquellas que consignaron día y mes, éstas se agruparon por semana, integrándose los datos correspondientes a todos los años de recolecta en un cuadro por especie.

La clasificación del tipo de fenología reproductiva se hizo siguiendo la clasificación de Zamora-Martínez y Reygadas (2000):

- Temprana corta: junio - julio
- Temprana larga: junio – octubre
- Temprana prolongada: julio – diciembre
- Corta a mediados de temporada: julio – septiembre
- Tardía corta: septiembre – octubre
- Tardía larga: agosto - noviembre

Determinación del estatus de *Boletus edulis*.

En el presente estudio se incluyen siete especies que aparecen en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (Cuadro 2); no obstante, sólo se revisó el estatus de *Boletus edulis* debido a que existe poca información ecológica y de producción de las especies del género *Morchella**,*** y en el caso de *Tricholoma magnivelare*, recientemente se determinó su estatus siguiendo el Método de Evaluación de Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER) (Diario Oficial, 2002; Zamora-Martínez, 2001).

Revisión de herbarios.

Se visitaron las principales colecciones micológicas del país (Cuadro 9), con la finalidad de registrar la información consignada en las etiquetas de herbario pertenecientes a los ejemplares del complejo *Boletus edulis*, que han sido recolectados en las diversas exploraciones realizadas a distintas regiones de la República Mexicana.

De las diferentes colecciones visitadas, las resguardadas en los herbarios IZTA y FEZA no sobresalen dentro de aquellas que cuentan con un gran acervo fúngico; no obstante se tomaron en cuenta para la realización del trabajo por ser de fácil acceso (ubicarse en el área metropolitana del Distrito Federal). En el caso de la depositada en el ITAO, se incluyó debido a la línea de investigación que maneja (etnomicología), puesto que se consideró que los datos obtenidos en ella aportarían mayor información referente al uso que tiene el complejo *Boletus edulis*.

Cuadro 9. Colecciones micológicas revisadas.

Nombre de la Colección	Siglas	Institución
Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (Colección de Hongos GASTÓN GUZMÁN HUERTA)	ENCB	Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional
Herbario Nacional de México (Colección de hongos)	MEXU	Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México
Herbario de la Facultad de Ciencias (Sección de Micología)	FCME	Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
Herbario de la Facultad de Estudios Superiores, Unidad Iztacala (Colección de hongos)	IZTA	Facultad de Estudios Superiores, Unidad Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México
Herbario de la Facultad de Estudios Superiores, Unidad Zaragoza (Colección de hongos)	FEZA	Facultad de Estudios Superiores. Unidad Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México
Herbario del Instituto de Ecología (Departamento de hongos)	XAL	Instituto de Ecología, A. C.
Herbario Etnomicológico TEOFILO HERRERA	ITAO	Instituto Tecnológico de Oaxaca, No. 23

De las etiquetas de herbario de cada ejemplar se registraron los siguientes datos: nombre científico con descriptor, familia, nombre(s) común(es), nombre(s) del colector(es), número de colecta, número de catálogo, localidad, altitud, tipo de vegetación (hábitat), tipo de clima (temperatura, precipitación), características edáficas y hábito (sustrato). Una vez obtenidos se anotaron, en primera instancia, en una libreta de campo, después fueron capturados en una hoja de cálculo (Microsoft Excel, 2003) para su posterior análisis.

Georreferenciación de las localidades de recolecta del complejo *Boletus edulis*.

La georreferenciación de los sitios de recolecta del complejo *Boletus edulis* consignadas en las etiquetas de herbario, se hizo mediante su ubicación sobre mapas topográficos (escala 1:50,000) elaborados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1970), para así reconocer sus respectivas coordenadas geográficas (latitud N y longitud W); mismas que coadyuvaron a identificar en las siguientes cartas temáticas del INEGI: altitud (1:50;000), uso de suelo y vegetación (1:250,000), climas (1:500,000) y edafológicas (1:1,000,000) aspectos ecológicos como: altitud, vegetación, clima (temperatura y precipitación media anual); y unidades edafológicas. Todos los datos recabados se anotaron en una libreta de

campo para después incorporarse a la hoja de cálculo que contenía la información curatorial.

Revisión bibliográfica.

Se llevó a cabo la consulta de literatura especializada, en la que estuviera citado el complejo *Boletus edulis*; en particular se revisaron documentos de tipo: micoflorístico, etnomicológico, taxonómico y ecológico; además sobre aprovechamiento, comercialización y conservación.

Las fuentes revisadas fueron publicaciones científicas seriadas como: el Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología (volúmenes 1 al 20), y la Revista Mexicana de Micología (volúmenes 1 al 13); Acta Botánica Mexicana, Anales del Instituto de Biología, Biótica, Micología Neotropical Aplicada, entre otras. Así mismo se examinaron tesis, biologías de campo, memorias de congresos, folletos técnicos, guías técnicas, libros, Leyes Federales, Reglamentos, Normas Oficiales Mexicanas y registros de aprovechamiento de hongos silvestres comestibles.

Distribución conocida del complejo *Boletus edulis*.

A partir de las localidades de recolecta georreferenciadas y de la consulta de documentos referentes a la distribución nacional del complejo *Boletus edulis*, se identificaron los estados y municipios en los que se ha registrado al taxón *sensu lato* bajo estudio, mismos que se utilizaron para obtener el mapa de su distribución conocida en México, el cual se generó mediante su ubicación en la base digital de división política estatal y municipal del INEGI (2000) por medio de un Sistema de Información Geográfica ArcView 3.2., con las extensiones y módulos: Geoprocessing y Projector.

Con el propósito de precisar la amplitud real de la distribución conocida del complejo *Boletus edulis* en el país, ya que en la información curatorial y la bibliográfica se reconoce que el complejo *Boletus edulis* crece en hábitats específicos, se decidió trabajar de manera particular con los tipos de vegetación asociados a las localidades de recolecta; además dicho requerimiento ecológico es cuantificable y ocupa zonas geográficas mejor delimitadas en el país en comparación con otros, como los climas y las unidades edafológicas.

Para relacionar e identificar que tipos vegetación se presentan en las localidades donde se han recolectado a los ejemplares del complejo *Boletus edulis*, se elaboró la cartografía de los sitios de recolecta [proceso que derivó de las coordenadas geográficas transformadas a grados decimales en una hoja de cálculo (Microsoft Excel, 2003), e introducidas al programa ArcView 3.2], para después sobreponerse en la base digital de

uso de suelo y vegetación (escala 1:250,000) serie II del INEGI (CONABIO, 1999).

Lo anterior permitió tener en una misma cobertura digital los tipos de vegetación asociados a las localidades de recolecta, en la que sólo fueron elegidos los hábitats óptimos para el desarrollo del complejo *Boletus edulis*; es decir, se tomaron los correspondientes a los bosques de *Pinus*, bosques de *Quercus*, bosques mixtos (*Pinus*-*Quercus* o *Quercus*-*Pinus*), bosque de *Abies* y bosque Mesófilo de Montaña; ya que al examinar la información curatorial y bibliográfica son estos los que se citan como sus hábitats naturales.

Para conocer la extensión que ocupan los bosques templado-fríos seleccionados, en primera instancia se hizo la identificación y el recorte de las entidades federativas que registraron la presencia de la vegetación seleccionada para el crecimiento del complejo *Boletus edulis*, posteriormente se unió con la cobertura de las localidades de recolecta y tipos de vegetación por medio de la extensión Geoprocessing de ArcView 3.2.

Las cifras registradas de las superficies pertenecientes a los tipos de vegetación fueron tabuladas por estado, expresadas en hectáreas y kilómetros cuadrados; en seguida se sumaron para determinar el total, con el que se estimó el porcentaje que representó la distribución conocida del taxón en estudio con respecto al territorio nacional.

Distribución potencial del complejo *Boletus edulis*.

Con base en la revisión y en el ordenamiento de los tipos de vegetación, suelos, climas (temperatura y precipitación media anual); así como de la altitud consignados en las etiquetas de herbario, en la literatura consultada y de las cartas temáticas del INEGI (tipos de vegetación, tipos de clima, unidades edafologicas y datos de herbario), se identificaron los requerimientos ecológicos y al mismo tiempo se definieron los intervalos en que prospera el complejo *Boletus edulis* (Cuadro 10), los cuales se procesaron por medio de ArcView 3.2 para crear sus respectivas coberturas digitales, que después se unieron con la extensión Análisis Grid del SIG para generar el mapa donde se localizan las zonas potenciales para el desarrollo del taxón *sensu lato* de interés en la República Mexicana.

Cuadro 10. Requerimientos ecológicos utilizados para obtener la distribución potencial del complejo *Boletus edulis* en México.

Tipos de vegetación	Tipo de unidades edafológicas	Altitud (m)	Tipo de clima	Precipitación media mensual (mm)	Temperatura media mensual (˚C)
Bosque de *Pinus-Quercus* Bosque de *Pinus* Bosque de *Quercus-Pinus* Bosque de *Abies* Bosque de *Quercus* Bosque mesófilo de montaña	Andosol-húmico Feozem-háplico Cambisol-eútrico Regosol-eútrico Luvisol-crómico Regosol-dístrico	1,000-3,200	C(W2) (A)C(W2) C(W1) (A)C(W0) C(W0) C(m)(f)	300-2,000	8-22

Es importante señalar que los tipos de vegetación, unidades edafológicas y climas indicados en el Cuadro 10 corresponden a todos aquellos que han sido citados con más frecuencia en las fuentes consultadas. Para el caso de la altitud el intervalo óptimo se definió mediante la limitación tanto del rango inferior, como del superior de las alturas asociadas a la especie en estudio indicadas en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Altitudes asociadas al complejo *Boletus edulis* en México.

Altitud (m)	Referencia
3,200	Gispert (1958)
1,500-3,200	Herrera y Guzmán (1961)
2,100 y 2,350	Welden y Guzmán (1978)
2,380	Ayala y Guzmán (1984)
2,850-2,900	Aroche *et al*. (1984)
2,400	Quintos *et al*. (1984)
2,850	Villarreal y Guzmán (1985, 1986a y 1986b)
1,500-1,900	Garza *et al*. (1985)
2,900 y 3,200	Colón (1987)
2,300-2,900	Cifuentes *et al*. (1990)
1,900	Nava (1990)
3,050-3,150	Moreno-Zárate (1990)
3,000-3,050	Alvarado y Manzola (1993)
2,600-3,150	Pedraza *et al*. (1994)
1,940	Domínguez (1997)
2,610	Montañez (1999)
3,200	Zamora-Martínez *et al*. (2000a)
1,500-3,200	Zamora-Martínez *et al*. (2000b)
2,100 y 2,350	Blanc (2001)
2,400-3,000	http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/boletusedulis.html (2006)
1,000	Moreno (2003)
2,380	United Nations Environment Programe *et al*. (2003)

Respecto a la precipitación y temperatura se decidió trabajar con los promedios mensuales y no con los anuales, puesto que la época de aparición de los esporomas del complejo *Boletus edulis* coincide con la temporada de lluvias, que para el caso de las zonas templadas-frías del país se presenta entre junio y septiembre (Guzmán, 1994); sin embargo, para la realización de este trabajo se tomaron los datos pertenecientes a los meses de mayo a octubre, debido a que es el periodo en el que emergen las fructificaciones del taxón *sensu lato* en cuestión, según los diversos trabajos indicados en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Fenología reproductiva registrada para el complejo *Boletus edulis* en México.

Periodo de fructificación							
Mayo	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Referencia**
							Herrera y Guzmán (1961)
							Aroche *et al*. (1984)
							Gispert *et al*. (1984)
							Villarreal y Guzmán (1985)
							Villarreal y Guzmán (1986a)
							Villarreal y Guzmán (1986b)
							Carrillo-Terrones (1989)
							Aguilar-Pascual (1988)
							Moreno-Zarate (1990)
							Jiménez (1992)
							Díaz-Barriga (1992)
							Montoya-Esquivel (1992)
							González –Velázquez y Valenzuela (1993)
							Alvarado y Manzola (1993)
							Domínguez (1997)
							López-Eustaquio (2000)
							Zamora-Martínez *et al*. (2000a)
							Zamora-Martínez *et al*. (2000b)
							Zamora-Martínez *et al*. (2000c)
							Blanc (2001)
							http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/boletusedulis.html (2006)
							Zamora-Martínez (2002)
							Moreno (2003)
							United Nations Environment Programme *et al*. (2003)
							Zamora-Martínez *et al*. (2005)

Para crear las coberturas relativas a vegetación, suelos y climas, se usaron las bases digitales de uso de suelo y vegetación (1:250,000) serie II del INEGI (CONABIO, 1999); Edafología (1:250,000) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 1994) y climas (1:1,000,000) (CONABIO, 1995), en ellas se hizo la selección de cada requerimiento ecológico previamente definido (Cuadro 10), mismos que fueron representados en formato vectorial Shapefile, para después convertirse a Grid e integrarse en una sola capa continua por medio del

Merge de la extensión Transform Grid de ArcView 3.2. Conviene decir que dicho proceso se realizó para cada requerimiento de manera independiente.

En el caso de la altitud se empleó el modelo de elevación digital (MED) del INEGI (2000) con un tamaño de píxel de 100 x 100 m, sobre el cual se realizó una reclasificación binaria mediante Reclassify de la extensión Spatial Analysis de ArcView 3.2, conforme a los intervalos indicados en el Cuadro 10, asignándole el valor 0 a las elevaciones en las que no crece el taxón *sensu lato* y 1 a los rangos óptimos para el desarrollo del complejo *B*oletus *edulis*.

Respecto a la precipitación y temperatura media mensual, se llevó a cabo en primer instancia, un inventario climático a partir de la consulta directa a la base de datos del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua “ERIC III” (IMTA, 2006), en la que se seleccionaron todas las estaciones meteorológicas presentes en los estados con registro de recolectas. De ellas se obtuvieron los promedios históricos con un mínimo de 20 años de datos regulares; como ya se mencionó antes se consideraron sólo seis meses (mayo-octubre), periodo que se estableció con base en los datos referentes a la fenología reproductiva del complejo *Boletus edulis* citados en los trabajos bibliográficos (Cuadro 12) y, en el ordenamiento de las fechas de recolecta consignadas en las etiquetas de herbario.

Los datos climatológicos obtenidos se procesaron en ArcView 3.2, y mediante la aplicación del método de Interpolación Inverso de la Distancia (IDW), en el que se usaron seis estaciones meteorológicas cercanas entre si por medio del Interpolate Grid del SIG, se generaron las capas continuas de temperatura y precipitación media mensual sobre las cuales se realizó la reclasificación binaria con el Reclassify de la extensión Spatial Analysis de ArcView 3.2, conforme a los intervalos indicados en el Cuadro 10. Al igual que en el caso de la altitud, durante la reclasificación se le asignó el valor 0 a las condiciones en las que no crece el taxón *sensu lato* y, 1 para los rangos óptimos.

Creadas las coberturas de cada uno de los requerimientos ecológicos, se procedió a unirlas en una sola capa por medio del Map Calculador de la extensión de Análisis Grid de ArcView 3.2, para así identificar en ella las superficies en las que se reúnen todas las condiciones óptimas o potenciales para el desarrollo del complejo *Boletus edulis*; una vez obtenida, se sobrepuso con la base digital de división política estatal y municipal del INEGI (2000) para generar el mapa en el que se identifican las entidades federativas de la República Mexicana donde se localizan las superficies potenciales generadas.

A partir del recorte de los estados que registraron área óptima, con la unión del mapa de las zonas potenciales por medio de la extensión Geoprocessing de ArcView 3.2, se obtuvo el valor estimado de las superficies potenciales correspondientes a cada entidad federativa. La determinación del total y el porcentaje que representa del territorio nacional se realizó de la misma forma que para el caso de la distribución conocida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Base de datos (BIOTICA 4.1).

El total de ejemplares incorporado a la base de datos por colección se muestra en el Cuadro 13. Se aprecia que *Morchella angusticeps*, *M. conica*, *M. costata*, *M. elata*, *Russula brevipes, R. lutea* y *Tricholoma magnivelare;* no tuvieron ejemplares en las colecciones micológicas revisadas. Cabe señalar que tanto *T. magnivelare* como *Russula lutea* se incorporaron en el proceso de generación de mapas, a partir de la información obtenida de los avisos de aprovechamiento en Oaxaca (*T. magnivelare*) y en la bibliografía consultada (*R. lutea*); mientras que, *Morchella* spp. no se incluyeron en la elaboración de los mapas de distribución conocida y potencial

Durante el trabajo de campo (períodos de lluvias de 2005, 2006 y 2007) se recolectaron individuos de los siguientes taxa: *Russula brevipes*, *R. lutea* y *Tricholoma magnivelare*; no así del género *Morchella*; lo que corrobora la distribución restringida del taxon en el estado de Oaxaca y justifica la realización en el futuro trabajos específicos sobre su distribución y ecología.

Cuadro 13. Número de ejemplares por especie revisados e incluidos en la base de datos BIOTICA (4.1).

ESPECIE	NO DE EJEMPLARES DE HERBARIO REVISADOS	NO. DE EJEMPLARES INGRESADOS A BIOTICA
Amanita caesarea	19	19
A. rubenscens	12	12
A. vaginata	17	17
*Boletus aestivales**	1	1
B. aff. edulis	163	161
Cantharellus cibarius	34	23
Gomphus floccosus	12	11
Helvella crispa	10	12
Lycoperdon perlatum	20	21
L. pyriforme	11	11
Morchella angustipecs	0	0
M. conica	0	0
M. costata	0	0
M. elata	0	0
*M. esculenta**	1	1
Russula brevipes	0	0
R. lutea	0	0
Suillus granulatus	8	10
*Tricholama flavovirens**	3	3
*T magnivelare**	0	0
Total	**311**	**302**

* Nombre válido *Tricholoma equestre*

En los cuadros 14, 15 y 16 se resume la información contenida en la base de datos, misma que se adjunta al presente documento en su versión digital.

Cuadro 14. Contenido de la base de datos BIOTICA (4.1)

Concepto	Número
Registros de ejemplares	530
Copias	563
Registros de ejemplares colectados	563
Familias (*)	8
Géneros (*)	10
Especies (*)	15
Infraespecies (*)	2
Registros determinados hasta especie	442
Registros determinados hasta infraespecie	8
Colecciones nacionales (*)	7
Localidades (*) (diferentes de “No disponible”)	195
Sitios(*) (diferentes de “No disponible”)	194
Sitios con coordenadas no disponibles (*)	1
Registros asociados a localidades (diferentes de “No disponible”)	550
Localidades georreferenciadas(*)	194
Registros georreferenciados	549
Porcentaje de registros georreferenciados	99.8

(*) Datos de registros de ejemplares.

Cuadro 15. Registros e individuos por colección incluidos en la base de datos BIOTICA (4.1).

Siglas Colección	Nombre Colección	Siglas Institución	Nombre Institución	No. registros	No. individuos
ENCB	Colección Micológica	ENCB	Departamento de Botánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N.	90	90
FCME	Colección de Macromicetos	FC-UNAM	Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México	37	37
INIF	Herbario Nacional Forestal "Biól. Luciano Vela Gálvez"	INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, SAGARPA	240	240
ITAO	Herbario Etnomicológico "Dr. Teofilo Herrera Suarez"	ITAO	Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca	48	48
IZTA	Herbario	ENEPI	Depto. de Biología Experimental, Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Unidad Iztacala, U.N.A.M.	8	8
MEXU	Herbario Nacional de México	IBUNAM	Departamento de Botánica, Instituto de Biología, UNAM	104	104
XAL	Colección de Hongos	INECOL	Instituto de Ecología, A. C.	23	23

Cuadro 16. Catálogos asociados al ejemplar y al nombre en la base de datos BIOTICA (4.1).

CatalogoEjemplar	No.
Tipos de vegetación / Tipo de vegetación - ND / ND	53
Tipos de vegetación / Tipos de vegetación - Rzedowski, 1978 / Bosque de coníferas	15
Tipos de vegetación / Tipos de vegetación - Rzedowski, 1978 / Bosque de coníferas / Bosque de	23
Tipos de vegetación / Tipos de vegetación - Rzedowski, 1978 / Bosque de coníferas / Bosque de	2
Tipos de vegetación / Tipos de vegetación - Rzedowski, 1978 / Bosque de coníferas / Bosque de	298
Tipos de vegetación / Tipos de vegetación - Rzedowski, 1978 / Bosque de *Quercus*	250
Tipos de vegetación / Tipos de vegetación - Rzedowski, 1978 / Bosque mesófilo de montaña	15
Tipos de vegetación / Tipos de vegetación - Rzedowski, 1978 / Bosque tropical perennifolio	1

Oaxaca es considerado el estado de mayor diversidad biológica de México, cuya población culturalmente heterogénea posee una ancestral tradición etnomicológica, aunado a que es una de las entidades de mayor extensión del país; con esta investigación se esperaba obtener una cantidad considerable de información sobre los taxa estudiados. Idea incluso documentada por algunos autores (Cifuentes *et al.*, 1993), y cierta para sus habitantes (Garibay-Orijel, 2006); pero que dista de ser una realidad en la comunidad de micólogos (Ramos-Ramírez, 1978; Córdova, 2001; Garibay-Orijel, 2006; Chávez-Sánchez, 2001; García-Padilla, 2001; Sánchez-Cortés, 2002; Córdova, 2004; Velásquez, 2004). Lo anterior se corroboró durante la recopilación de información curatorial y bibliográfica realizada en el desarrollo de la presente investigación.

Distribución conocida.

La base de datos final utilizada para la generación de los mapas de distribución conocida se integró con 177 registros, correspondientes a 15 de los 20 taxa considerados, esta información corresponde a su presencia en áreas forestales específicas, pero no a su abundancia. Las especies sin datos distribución a nivel municipal en bosques templados de Oaxaca en los ejemplares herborizados o en la bibliografía fueron: *Morchella angusticeps, M. conica, M. costata, M. elata* y *Russula brevipes*. La Figura 4 muestra la distribución de las recolectas en los Municipios y Regiones de Oaxaca, con bosques templados.

Se georreferenciaron 84 sitios, de los cuales 68 formaron parte de la base de datos final. La Región Sierra Norte ha sido la mejor explorada, en ella se ubican 65% de las localidades (Figura 5); la Región Itsmo careció de recolectas procedentes de bosques no templados. A pesar de que la Región Sierra Norte presentó el mayor número de sitios con recolectas, su diversidad fúngica aún es poco conocida; ya que se tienen registros tan sólo en 10 de sus municipios, que a su vez representan 20% del total con bosques templados, y 72% de los sitios se localizan en dos de ellos: 51% en Ixtlán de Juárez y 21% en San Miguel Amatlán, los dos pertenecientes al

Benemérito Distrito de Ixtlán de Juárez. En las Regiones Cañada, Mixteca y Sierra Sur, con un alto porcentaje de municipios con superficie cubierta por bosques templados, existen datos de los taxa de interés en menos del 5%

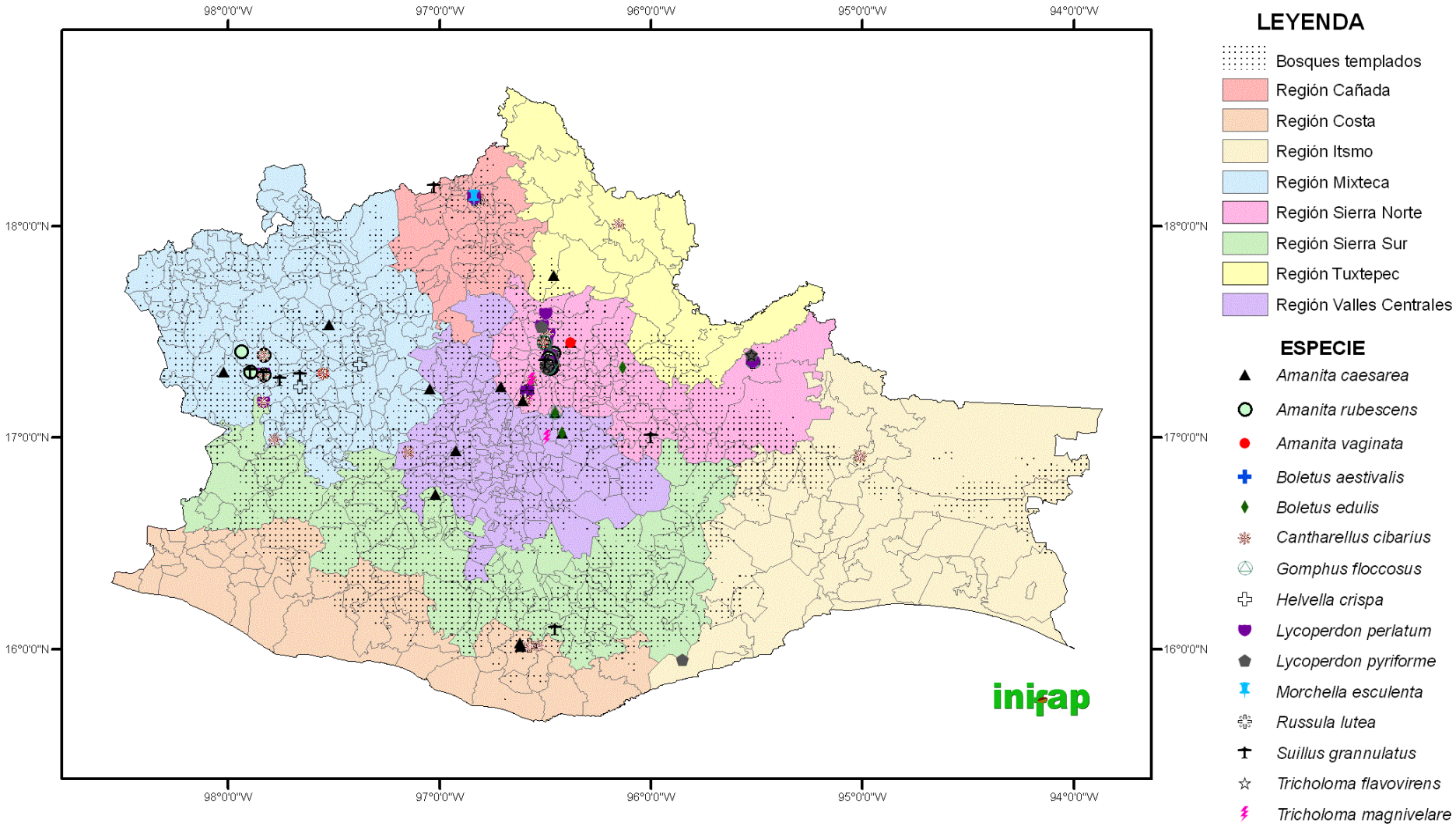


Figura 4: Localidades de recolecta en los bosques templados de Oaxaca

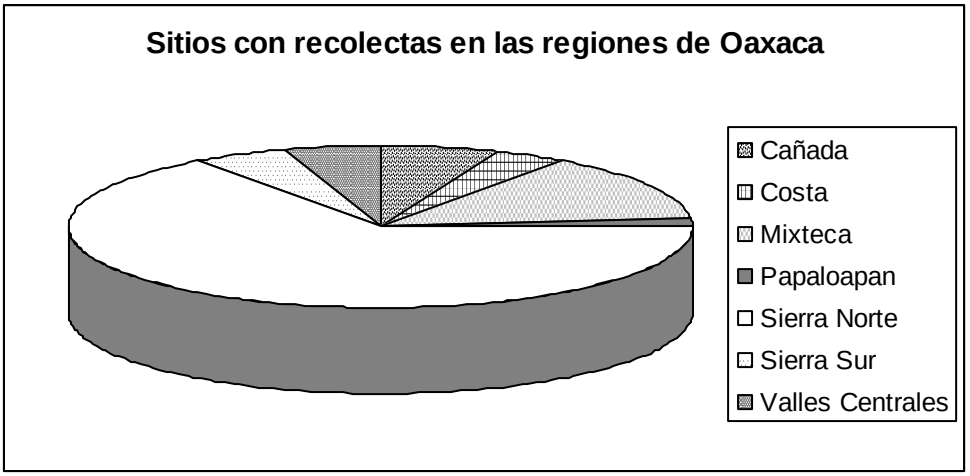


Figura 5: Porcentaje de sitios con recolectas en las Regiones de Oaxaca

En el Anexo 1 se ordenan los mapas con la distribución conocida, a nivel municipal, de las 15 especies de hongos silvestres comestibles de interés.

Caracterización del hábitat de las especies fúngicas.

Vegetación

De acuerdo al despliegue de los puntos de recolecta georreferenciados en las cartas de uso de suelo y vegetación (Inventario Forestal Nacional Serie II y Serie III, del INEGI) los especímenes fueron recolectados en bosques de *Pinus, Pinus-Quercus, Quercus, Quercus-Pinus, Abies*, Mesófilo de montaña, Selva alta perennifolia, temporal o no aplicable (en estos últimos casos se asignó a los registros la vegetación más cercana, de acuerdo a lo definido en la metodología). Sin embargo, se observaron diferencias entre la vegetación asociada a los puntos en el mapa de la Serie II y el de la Serie III del INEGI, las que responden en gran medida, al cambio de uso del suelo (Figuras 6 y 7).

La descripción de la vegetación de recolecta en la bibliografía, casi siempre, se hace a nivel estatal o nacional como parte de la descripción del hábitat de las especies; por ello la comparación entre esta información y la obtenida de los mapas no siempre fue posible hacerla a nivel local; sin embargo, por lo general, el tipo de vegetación asociada al punto de recolecta en el SIG, coincidió con una de las registradas en la literatura consultada, teniendo en cuenta que en algunos casos las áreas forestales han sido desplazadas por las de uso agrícola, pecuario, o urbano. Sobre todo considerando que algunos datos proceden de ejemplares de herbario muy antiguos.

En el Cuadro 17 se aprecia que casi todos los especímenes fueron recolectados en bosques de *Pinus-Quercus* con excepción de *Morchella esculenta* y *Boletus aestivalis* que, de acuerdo al único individuo herborizado, se obtuvieron de un bosque mesófilo de montaña, el primero y de una vegetación no definida (entre *Pinus-Quercus* y *Quercus*), el segundo. La especie mejor representada en los bosques templados fue *Lycoperdon perlatum,* a diferencia de *Trichilloma magnivelare, Suillus granulatus* y *Russula lutea* que sólo han sido registrados en *Pinus-Quercus*; *B. aestivalis*, al igual que *M. esculenta*, se ubicaron en un tipo de vegetación.

La distribución conocida predominante en los bosques de *Pinus-Quercus,* de los especímenes del presente estudio, podría relacionarse a que este tipo de vegetación es el más estudiado en Oaxaca, sin embargo, de acuerdo a León y Guzmán (1980) y Guzmán-Dávalos y Guzmán (1979), dicha tendencia se mantiene con independencia de la cantidad de exploraciones. Además, otras investigaciones, consignan una mayor diversidad y abundancia de hongos macroscópicos de hábito humícola para esos ecosistemas (Guzmán, 1977; Sánchez-Cortés, 2002).

La relativa abundancia y riqueza de la micoflora en estos bosques, es un fenómeno que en parte responde a las asociaciones micorrícicas características de los pinos y encinos (Sánchez-Cortés, 2002). Los exudados de las raíces de las plantas estimulan la germinación de las esporas de especies ectomicorrizógenas, lo que resulta en un impacto selectivo para los hongos, por lo que no es de sorprender que los géneros más comunes de macromicetos en dichos lugares sean: *Amanita, Boletus, Cantharellus, Helvella, Lycoperdon* y *Tricholoma*; así como las especies *Suillus granulatus* y *Russula brevipes* (Ramos-Ramírez 1978; Guzmán-Dávalos y Guzmán 1979; Smith y Read, 1997)

En relación con los bosques de *Pinus-Quercus-Abies*, es interesante señalar que *Abies religiosa* forma masas puras en otras partes del país, pero de acuerdo a Ramos-Ramírez (1978) en la ruta Tuxtepec-Oaxaca, está representado por manchones entre los pinares. Guzmán-Dávalos y Guzmán (1979) en su estudio ecológico comparativo de los macromicetos de los bosques tropicales y los de coníferas del sureste de México, mencionan que *Lycoperdon pyriforme, Russula brevipes* y *Tricholoma flavovirens* son especies características de los bosques de estas asociaciones vegetales, y *Gomphus floccosus* figura entre los taxa más comunes de los oyametales.

La fungora del bosque de *Abies* en el centro del país se diferencia de la observada en Oaxaca en la riqueza de especies, misma que en dicha entidad incluye un número menor de taxa, entre ellos: *Gomphus floccosus, A. rubescens* y *L. perlatum;* como respuesta a que el bosque de oyamel ocupa un área pequeña (picos altos de la zona del Llano de las Flores en la carretera de Tuxtepec a Oaxaca) y a que ha sido poco explorado. Así mismo, se cita la probable existencia de *Helvella crispa, H. lacunosa, Amanita vaginata* y *B. edulis* (León y Guzmán, 1980).

Lycoperdon perlatum ha sido recolectado en un bosque tropical perennifolio de la parte alta de la Cuenca del Río Uxpanapa (León y Guzmán, 1980). Por otro lado, ocasionalmente se ubica en bosques de *Abies*. Así *L. perlatum* resulta ser el taxon con la distribución conocida más amplia en el estado de Oaxaca, además de tener una amplia distribución tanto en el resto del territorio nacional, como en otros países, con una enorme variación en cuanto a su morfología y hábitat (Velásquez, 2004).

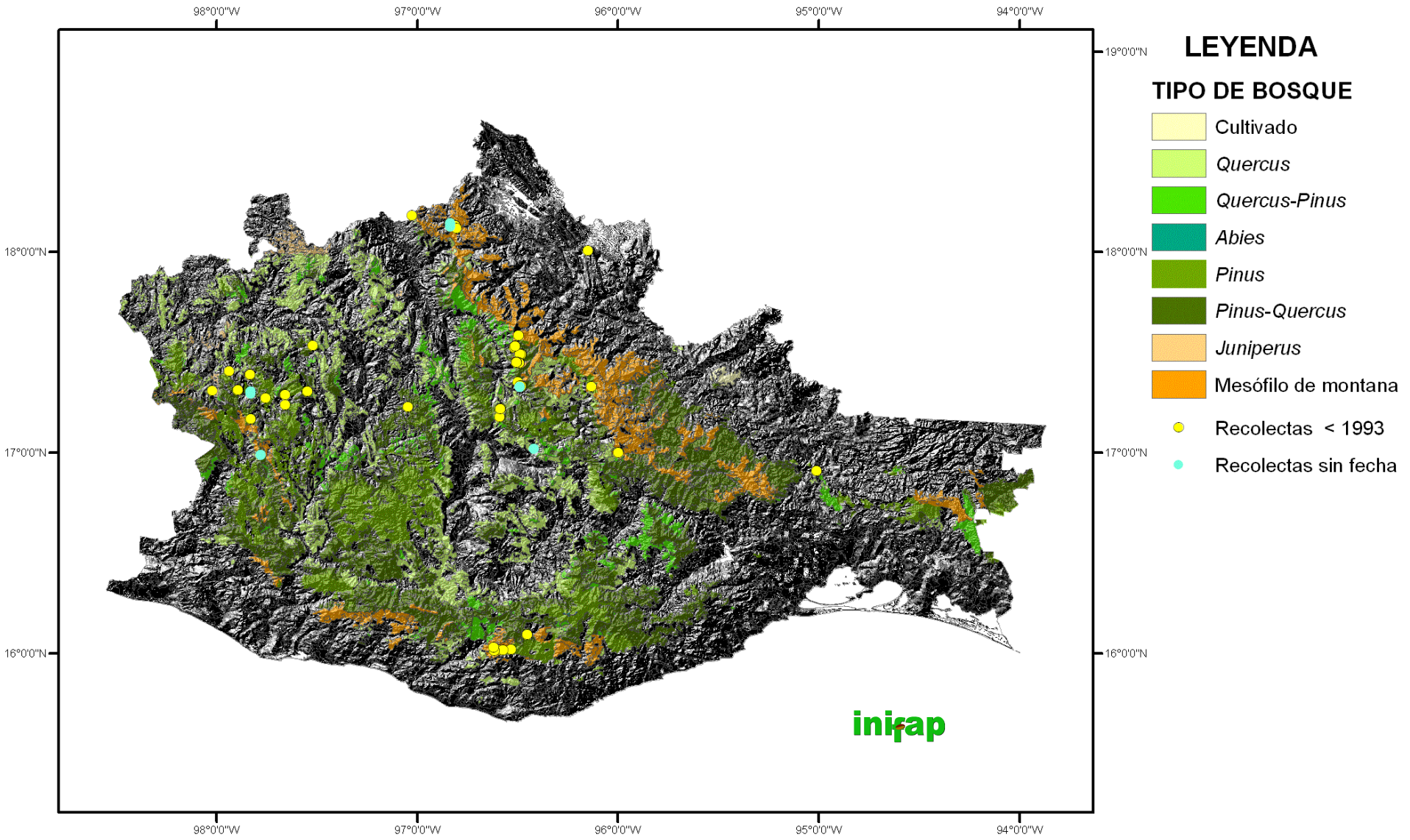


Figura 6: Recolectas en los bosques templados de la Serie II del Inventario Nacional Forestal.

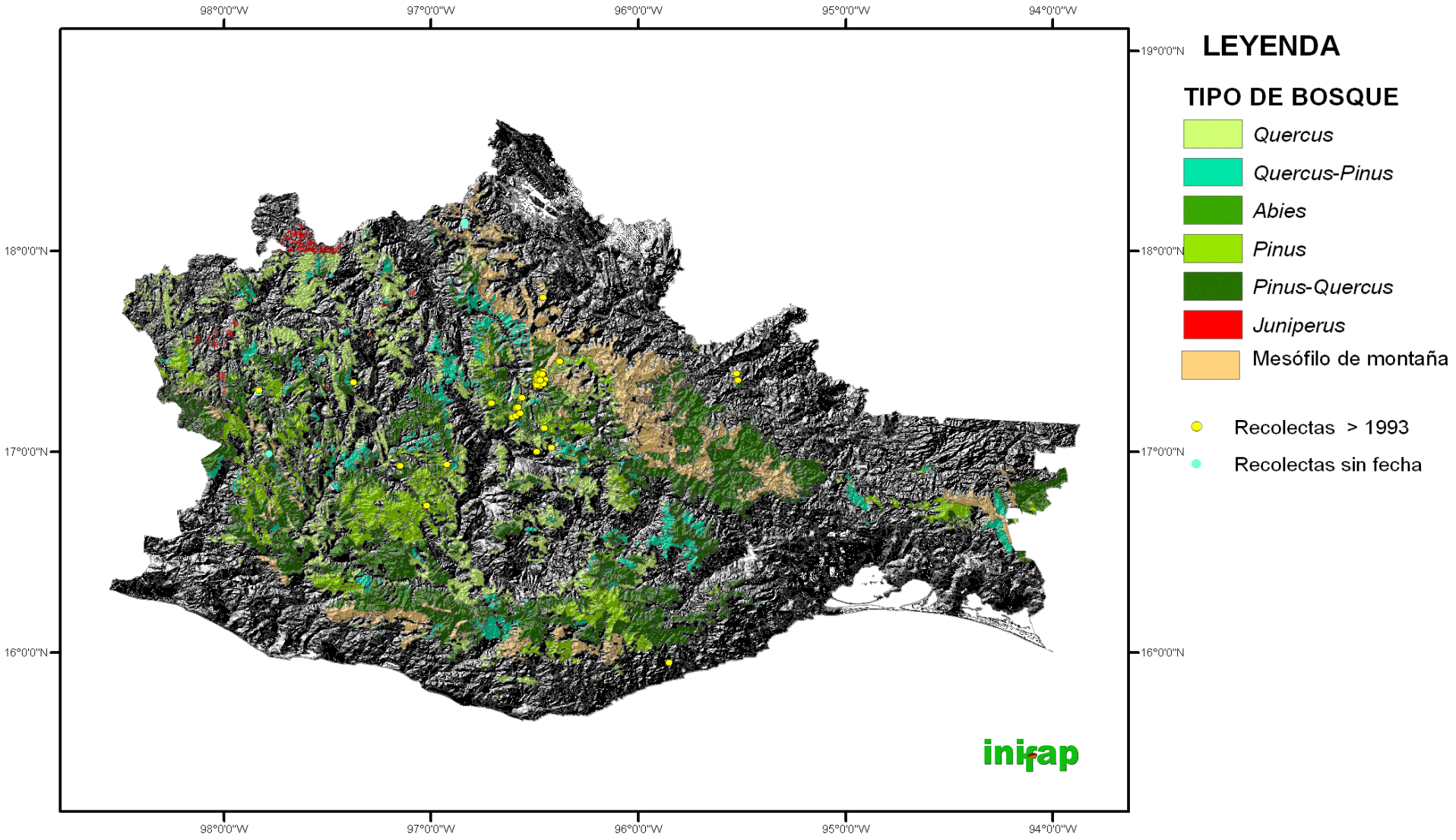


Figura 7: Recolectas en los bosques templados de la Serie III del Inventario Nacional Forestal.

Cuadro 17. Bosques templados de Oaxaca con recolectas de los taxa de interés.

Taxon	*Pinus*	*Quercus*	*Pinus-Quercus*	*Quercus-Pinus*	*Pinus-Abies*	*Pinus-Quercus-Abies*	Mesófilo de Montaña	Indefinida*
***Amanita caesarea* complejo**		x	x				x	x
A. rubescens		x	x				x	
A. vaginata			x				x	
Boletus aestivalis								x
B. edulis	x		x		x			x
Cantharellus cibarius		x	x				x	x
Gomphus floccosus			x	x				x
Helvella crispa		x	x				x	x
Lycoperdum perlatum	x***		x	x		x	x	x
L. pyriforme			x			x		
Morchella esculenta							x	
Russula lutea			x					
Suillus granulatus			x					
Tricholoma flavovirens **			x	x				x
T. magnivelare			x					

*Localidad en área no forestal, ubicada entre asociaciones diversas de *Pinus* y *Quercus.*
**Nombre válido: *T. equestre*
*** En bosque artificial y natural

La distribución conocida, en términos ecológicos, más precisa y completa corresponde a *Tricholoma magnivelare,* a diferencia de lo observado con el resto de los taxa, para los cuales los huecos de información en los bosques templados de Oaxaca son grandes; tal es el caso de las especies *Morchella angusticeps, M. conica, M. costata, M. elata, M. esculenta* y *Russula brevipes*, para las cuales es inexistente el material herborizado y los

registros bibliográficos. En este sentido, Guzmán-Dávalos y Guzmán (1979) afirman que los taxa del Phylum Ascomycota son menos abundantes en la naturaleza, en comparación con los Basidiomycota; también contribuyen a estos resultados la poca exploración micológica en la entidad, *R. brevipes* es un caso opuesto; ya que es relativamente abundante, por lo que es probable que los recolectores los ignoren durante las colectas micológicas. Así mismo, resalta la falta de registros en los bosques de *Juniperus,* hecho preocupante dada la presencia reducida y los ritmos acelerados de cambio de uso de suelo que prevalecen en tales ecosistemas.

Altitud

El mayor número de especímenes se han recolectado en una altitud que va de los 2,000 a 2,500 msnm. Únicamente se detectaron nueve sitios en altitudes superiores a los 3000 msnm y seis que van de los 1,000 a los 1,500 msnm. La recolecta efectuada por debajo de los 500 msnm, corresponde al Bosque de *Pinus* de la Fábrica de Papel Tuxtepec (área forestal originalmente ocupada por selva alta perennifolia).

En relación con los diferentes tipos de vegetación y la altitud (Figura 8), los bosques más explorados fueron los de *Pinus-Quercus*, situados en el intervalo altitudinal de 1,500 a 3,000 m (1,757-3,024 msnm). Sobresalen las recolectas del bosque mesófilo de montaña que, aunque pocas en comparación con los de *Pinus-Quercus*, proceden de una altitud semejante.

La mayoría de los taxa se recolectaron entre los 2,000 a 3,000 msnm. *Lycoperdon perlatum* se registró en un gran número de clases altitudinales (1,000 – 3,000msnm); así como en las elevaciones más cercanas al nivel del mar, pero sólo *Boleltus edulis* y *Gomphus floccosus* se han observado en altitudes superiores a los 3,000 msnm.

Suelo

Los principales tipos de suelos en los que se han recolectado los ejemplares de interés, en los bosques templados de Oaxaca, son: Acrisol (A), Cambisol (B), Rendzina (E), Feozem (H), Litosol (I), Luvisol (L) y Regosol (R), de los cuales el mejor representado es el tipo L en el tipo específico de Luvisol vértico (Lv) asociado a los bosques de *Pinus-Quercus*, *Quercus* y Mesófilo de Montaña. El Cambisol se relacionó con todos los tipos de bosque, excepto con el de *Quercus-Pinus* y la plantación de *Pinus,* los subtipos identificados para este suelo fueron: crómico (c), dístrico (d), eutrico (e), húmico (h) y cálcico (k).

Los taxa recolectados en sitios con diversas condiciones de suelo fueron: *Helvella crispa, Cantharellus cibarius* y *Lycoperdum perlatum*.

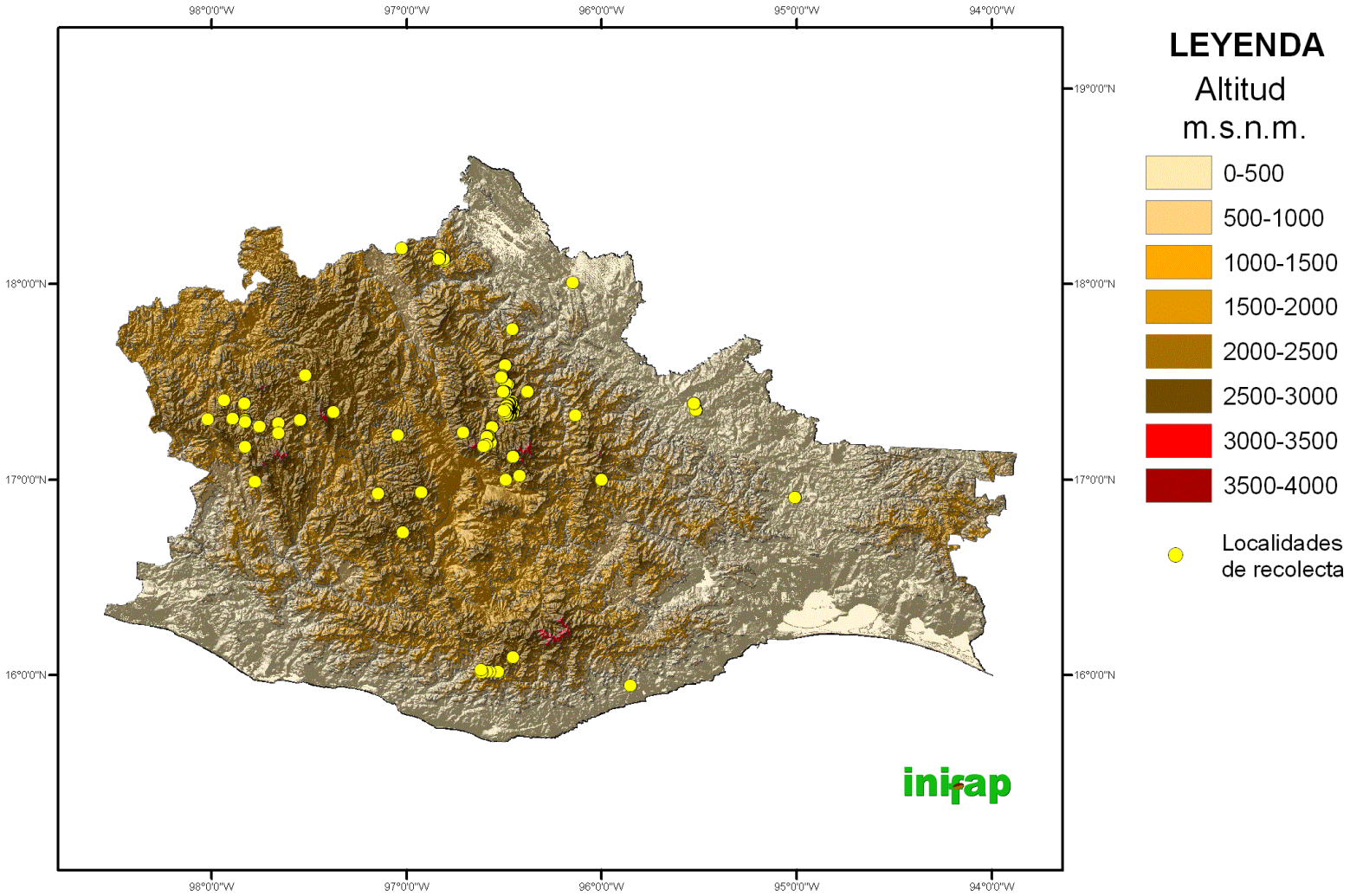


Figura 8: Distribución altitudinal de los sitios con recolectas.

Clima

Los climas en los que se han recolectado los taxa en estudio correspondieron a: (A)C(w_2), semicálido, templado subhúmedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual; Am, cálido húmedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual; BS_1hw, semiárido, templado con lluvias en verano del 5 al 10.2% anual; BS_1kw, semiarido, templado, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual; C (m), templado, húmedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual; C (w_2), templado, subhúmedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual; C (w_1), templado, subhúmedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual; C (w_o), templado, subhúmedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual; y Cb' (m), templado, semifrío con verano fresco largo, húmedo, lluvias en verano del 5 al 10.2% anual. En el clima C (w_2) se distribuye 49% de las recolectas (Figura 9).

Los taxa recolectados en una mayor diversidad de climas fueron el complejo *Amanita caesarea, Lycoperdon perlatum* y *Helvella crispa*. Los especímenes obtenidos en climas más cálidos que templados pertenecieron a las especies *Amanita caesarea* (complejo), *A. rubescens, C. cibarius, Helvella crispa y Lycoperdon perlatum*.

De acuerdo a lo obtenido en los resultados, la amplitud ecológica conocida de los taxa se puede ubicar en las fórmulas descritas en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Distribución ecológica conocida de los taxa de interés.

Fórmula			*Ac*	*Ar*	*Av*	*Ba*	*Be*	*Cc*	*Gf*	*Hc*	*Lp*	*Ly*	*Me*	*Rl*	*Sg*	*Tf*	*Tm*
Vegetación	Suelo	Clima															
Q	Ah	C(m)	x		x												
Q	Be	$C(w_o)$	x														
Q	I	BS_1hw		x				x		x							
Q-P	Lv	$C(w_2)$							x		x	x				x	
A	Bh	Cb'(m)					x										
P	Ah	$(A)C(w_2)$															
P	Be	Cb'(m)															
P	Be	$C(w_2)$					x										
P	Re	$C(w_2)$									x						
P	Bh	Cb'(m)					x										
P-Q	Ah	C(m)		x	x				x		x	x				x	
P-Q	Ah	$C(w_2)$	x														
P-Q	Ah	Cb'(m)	x	x	x			x	x	x	x	x		x		x	
P-Q	Bc	$C(w_1)$															
P-Q	Be	$C(w_2)$					x	x									x
P-Q	Bh	Cb'(m)					x										
P-Q	Bk	$C(w_1)$	x														
P-Q	Lv	$C(w_1)$									x						
P-Q	Lv	$C(w_2)$	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
P-Q	Re	$C(w_1)$						x									
BMM	Ah	$(A)C(w_2)$	x							x							
BMM	Bd	C(m)		x				x		x							
BMM	E	C(m)			x						x						
BMM	Lv	$C(w_2)$															
BMM	Lv	C(m)									x						
Q/QP	Rc	$C(w_1)$															
Q/QP	I	$C(w_1)$								x							
Q/PQ	Be	$C(w_1)$					x	x		x	x					x	x
Q-P/P-Q	I	$C(w_1)$						x									
P/P-Q	Bh	Cb'(m)					x		x								
P/P-Q	Bk	Cb'(m)						25?			26?						
Q/SBC/*PQ*	Bc	$C(w_1)$	x					x									
SAP	Hl	Am									x						

* Vegetación: *Q* (*Quercus*), *P* (*Pinus*), *A* (*Abies*), BMM (Bosque Mesófilo de Montaña), SAP (Selva Alta Perennifolia), SBC (Selva Baja Caducifolia), / (Equidistante entre vegetaciones diferentes);

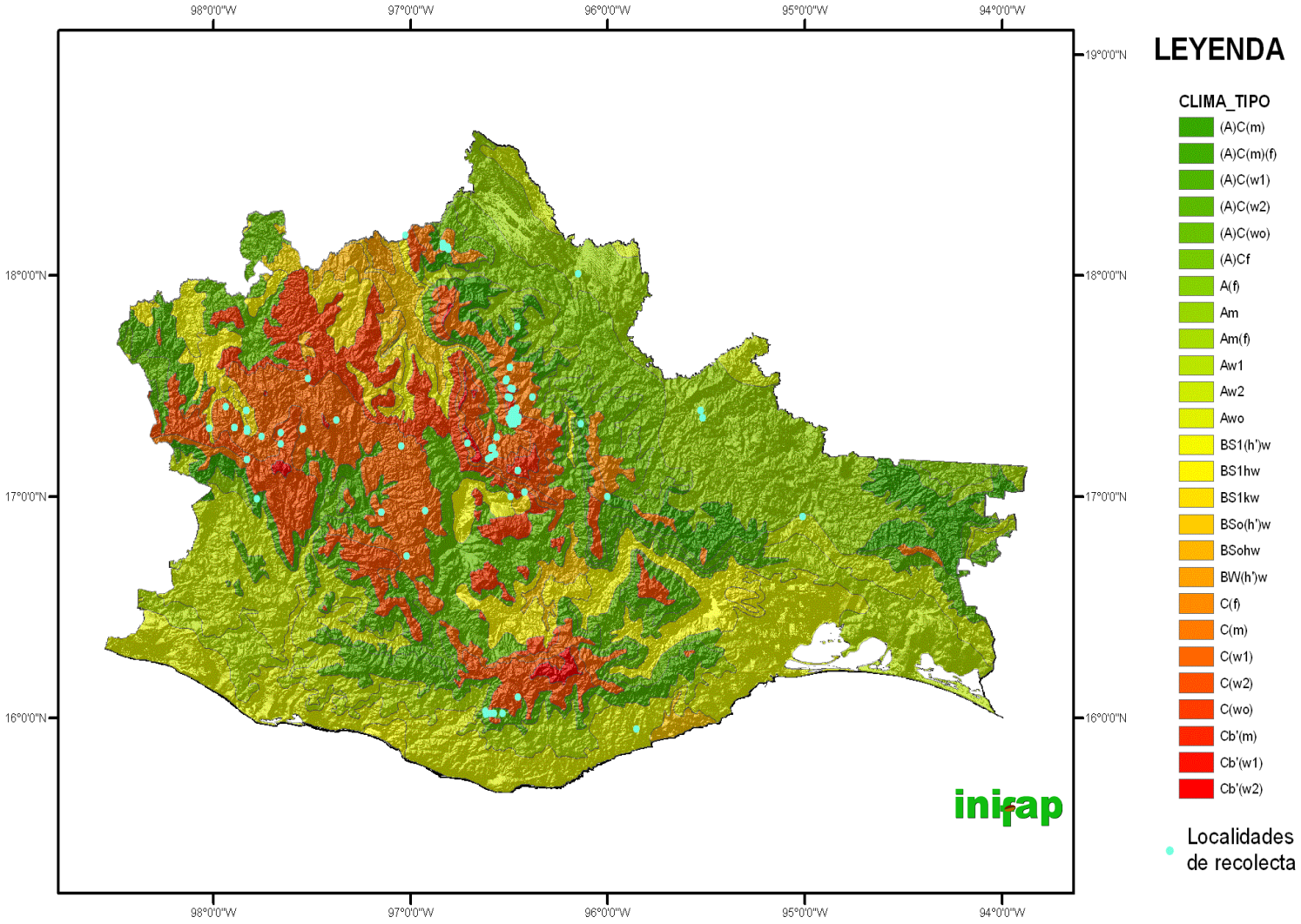


Figura 9. Distribución de los especímenes registrados en las diversas regiones climáticas de Oaxaca.

Conocer la distribución ecológica de los hongos es importante pues de acuerdo a su naturaleza se adaptan a un medio específico (Guzmán-Dávalos y Guzmán, 1979). Existen múltiples evidencias de que las condiciones ambientales influyen en las características de los esporomas, por ejemplo, Montañez (2006) detectó que las especies del género *Tricholoma* de píleo de base amarilla, oliva, verdusca y color café presentan coloraciones más pálidas en los basidiomas procedentes de bosques de *Quercus*.

Las diferencias entre la fungora de diferentes regiones o localidades, no se restringen a las características de sus esporomas, sino también a otros aspectos de su fisiología. *Tricholoma magnivelare*, que se distribuye de manera restringida en el continente americano, emerge en diferentes condiciones ambientales y temporadas del año de acuerdo a la región en la que se desarrolla (Gómez y Castellanos, 1998; Martínez-Carrera *et al.,* 2002; Zamora-Martínez y Nieto de Pascual-Pola, 2004).

Distribución potencial.

Respecto a la elaboración de los mapas de distribución potencial mediante el uso del SIG y el diseño de muestreo para su posterior validación, en el Cuadro 19 se presenta un resumen de los resultados.

Cuadro 19. Área potencial por especie

Especie	Área Potencial (ha)
Amanita caesarea	1,949,812.49
Amanita rubescens	552,928.90
Amanita vaginata	376,268.13
Boletus aestivalis	44,103.44
Boletus edulis	290,448.74
Cantharellus cibarius	714,729.33
G floccosus	43,938.13
Helvella crispa	883464.3330
Lycoperdon perlatum	1,023,936.63
Lycoperdon pyriforme	444,693.00
Morchella esculenta	27,397.54
Rusula lutea	2,824.53
Suillus grannulatus	286,032.15
*Tricholoma flavovirens**	98,089.22
Tricholoma magnivelare	694,557.88
Total	**7,635,098.40**

*Nombre válido: *T. equestre*

En el anexo 2 se presentan los mapas con la distribución potencial para las 15 especies de hongos silvestres comestible bajo estudio en los bosques templados de Oaxaca; los cuales son aplicables a las variedades, afinidades y subespecies de cada una de los taxa principales.

Verificación en campo de la distribución potencial

En el Cuadro 20 se presentan los valores obtenidos del estimador puntual y el intervalo de confianza (límite inferior y superior) para cada una de las 14 especies de hongos silvestres comestibles. *Amanita caesarea* y *Russula brevipes* fueron los taxa que presentaron los mayores límites superiores, mientras que *Helvella crispa*, *Lycoperdon perlatum*, *Lycoperdon piryforme* y *Tricholoma magnivelare* registraron los más bajos.

Cuadro 20. Intervalo de confianza para 14 especies de hongos silvestres comestibles.

Especie	Abreviación	Límite inferior	Estimador puntual	Límite superior
Amanita caesarea	*A. cae*.	0.04	0.15	0.84
Amanita rubescens	*A. rub*.	0.08	0.18	0.27
Amanita vaginata	*A. vag*.	0.09	0.22	0.35
Boletus aestivalis	*B. aes*.	-0.09	0.11	0.32
Boletus edulis	*B. edu*.	0.04	0.15	0.24
Cantharellus cibarius	*C. cib*.	0.12	0.25	0.38
Gomphus floccosus	*G. flo*.	-0.10	0.13	0.35
Helvella crispa	*H. cri*.	0.04	0.11	0.17
Lycoperdon perlatum	*L. per*.	0.07	0.13	0.19
Lycoperdon piryforme	*L. pir*.	0.01	0.09	0.17
Russula brevipes	*R. bre*.	0.15	0.4	0.65
Suillus granulatus	*S. gra*.	0.07	0.24	0.41
*Tricholoma flavovirens**	*T. fla*.	0.03	0.21	0.39
Tricholoma magnivelare	*T. mag*.	0.05	0.11	0.17

*Nombre válido: *T.equestre*

En la Figura 10 están representados los intervalos de confianza, se observa que ninguno de los taxa analizados en la proporción de las unidades de muestreo donde se registró la especie de interés fue superior al 0.85.

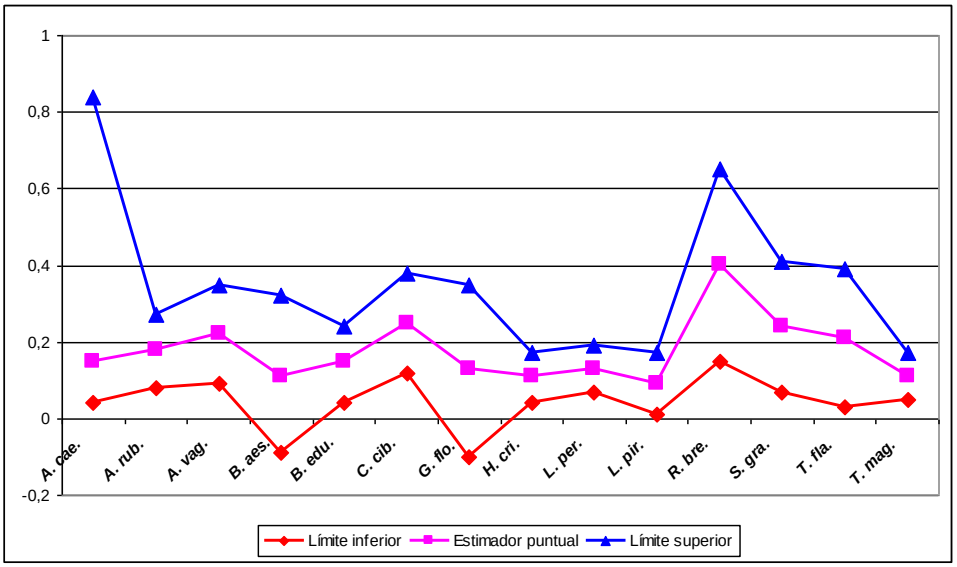


Figura 10. Intervalo de confianza para 14 especies de hongos silvestres comestibles

Los resultados anteriores, respondieron a la información curatorial utilizada, ya que para el caso de *Tricholoma magnivelare,* especie con el intervalo de confianza más bajo, no hay ejemplares herborizados para los bosques templados de Oaxaca en las colecciones revisadas; no así para *Amanita caesarea* (complejo), taxon que registró el mayor intervalo de confianza, debido a que se empleó el mayor número de datos curatoriales. Otro factor determinante fue la información ecológica de cada una de las especies fúngicas, lo que incide en que no todas tuvieran el mismo tamaño de muestreo; puesto que los requerimientos ecológicos para su desarrollo son características de cada taxon, y en particular la emergencia de los esporomas responde a las condiciones del microhábitat (Guzmán-Dávalos y Guzmán, 1979; Gómez-Cárdenas *et al.,* 1999; Chávez-Sánchez, 2001, García-Padilla, 2001; Martínez-Carrera *et al.,* 2002; Zamora-Martínez y Nieto de Pascual-Pola, 2004).

Hipótesis.

Ho:$p \leq 0.85$ vs $p \geq 0.85$

Se considera que no se rechaza la hipótesis, por lo tanto, se concluye que bajo las condiciones en las cuales se llevó a cabo el estudio, las áreas potenciales de hongos definidas no son confiables. Por lo tanto, es recomendable ampliar las áreas de recolecta de las especies consideradas en el estudio, a fin de contar con más información de base, con la cual alimentar el Sistema de Información Geográfica y, así generar superficies de distribución potencial que garanticen con mayor certeza la localización de hábitats donde se desarrollen las especies fúngicas bajo investigación.

Cabe señalar que el conocimiento preciso de la distribución ecológica en límites geográficos específicos son cada vez más útiles dadas las aplicaciones posibles a través de los SIG, como lo es la producción de mapas para ubicar su distribución potencial, así como reconocer la pérdida de comunidades fúngicas en dimensiones espaciales y temporales, o bien ubicar posibles áreas para su propagación. Sin embargo, todavía la información disponible es escasa por lo que se requieren estudios más precisos bajo condiciones naturales, a corto plazo, considerando la amenaza que representa el acelerado cambio de uso de suelo y el cada vez más perceptible cambio climático. Velásquez (2004) señala que en Oaxaca la vegetación más afectada por las actividades humanas es la de *Pinus-Quercus* y el bosque tropical perennifolio

Con respecto al estudio y conservación de la biodiversidad fúngica, tanto para describir tendencias y proyectar escenarios, como para participar activamente en la búsqueda de soluciones y estrategias sobre el desarrollo sustentable de las comunidades rurales, se requieren estudios que involucran cuantiosos datos de

naturaleza diversa, por lo que el SIG representa una herramienta ideal para el proceso de análisis que puede describirse como dar un paso atrás y ver las cosas con cierta perspectiva, de tal forma que la toma de decisiones sea la más adecuada a las necesidades de los seres vivos que requieren de recursos naturales y de un espacio físico para establecerse. Este ejercicio también requiere de una comunicación cada vez más activa entre especialistas de distintas áreas y de un verdadero compromiso con el bienestar social y natural. Desgraciadamente la comunidad de micólogos todavía es reducida y la voz que aboga por el mantenimiento de los hongos en la naturaleza es aun muy débil por lo que es necesario fortalecerla.

Fenología reproductiva.

La fenología reproductiva obtenida en el presente estudio, representa una aproximación al período real de aparición de los carpóforos; ya que los sitios de recolecta no son los mismos para todos los ejemplares y el número de especímenes considerado es reducido, en casos como *Boletus aestivalis* y *Morchella esculenta* se refieren a un solo ejemplar.

En general las 15 especies presentan una fructificación temprana-larga, a excepción de *Amanita vaginata*, *Helvella crispa* (sólo cuatro registros), *Suillus granulatus* y *Tricholoma flavovirens* cuya fructificación es corta a Mediados de la estación. Así mismo, la de *Gomphus floccosus* es tardía corta y la *Tricholoma magnivelare* tardía larga (Cuadro 21). Cabe señalar que la especie *H. crispa* en otras regiones del país, generalmente, se recolecta entre septiembre y diciembre (tardía larga), en bosques de *Abies religiosa*, los ejemplares aquí registrados proceden de material recolectado en bosques de *Pinus*, menos húmedos, y únicamente son de cuatro colectas; lo que explica las diferencias en el tipo de fructificación.

Cuadro 21. Fenología reproductiva de 15 especies fúngicas comestibles

ESPECIE	TEMPRANA CORTA	TEMPRANA LARGA	CORTA A MEDIADOS DE ESTACIÓN	TARDÍA CORTA	TARDÍA LARGA
Amanita caesarea		X			
A. rubescens		X			
A. vaginata			X		
*Boletus aestivalis***					
B. edulis		X			
Cantharellus cibarius		X			
Gomphus floccosus				X	
Helvella crispa			X		
Lycoperdon perlatum		X			
L. periforme		X			
*Morchella esculenta***					
Russula lutea		X			
Suillus granulatus			X		
*Tricholoma flavovirens****			X		

Tricholoma magnivelare	X

*Un registro en el mes de enero; **Un solo registro; ***Nombre válido *T. equestre*

La fenología reproductiva de *Boletus aff. edulis*, corresponde a la categoría de temprana larga, misma que se determinó con base en la información de los ejemplares de herbario procedentes de 18 entidades federativas (Anexo 3).

Los taxa que en la literatura se registran con intervalos de fructificación diferentes a los rangos definidos en el presente documento, son *L. perlatum, L. pyriforme* y *T. magnivelare*. Para el primero refiere que sus esporomas son más abundante en el periodo de junio a octubre, con escasas recolectas de noviembre a mayo.

Gómez y Castellanos (1998) observaron que en Oaxaca *Tricholoma magnivelare* presentó una variación tanto en el inicio, como en la duración total de la estación productiva en tres zonas productoras de Oaxaca. Así, en la Mixteca Alta durante 1997 inició a mediados de junio, en Santa Catarina Ixtepeji a partir del 27 de junio y en Ixtlán a mediados del mismo mes. Por otra parte en la temporada productiva de 1998 comenzó el 2 y 3 de agosto en todo el estado, con presencia de esporomas hasta octubre y noviembre. Los autores asocian dicho comportamiento con precipitaciones tardías.

En el caso de *Boletus edulis* Blanc (2001) observó que la producción máxima de esporomas ocurre en otoño, y que las condiciones óptimas para la fructificación se produjeron entre octubre y noviembre.

Validación del estatus de *Boletus aff. edulis*.

JUSTIFICACIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

Boletus edulis Bulliard 1791: Fr. (1821)
Bulliard, Herviré de la France, Histoire p. 322, (1971)
Fries, Sistema Mycologicum I, p 392, (1821)

Sinonimias

=*Leccinum edule* (Fries) S.F. Gray, Nat. Arr. Brit Pls. 1647 (1821)
=*Tubiporus edulis* (Fries) Karsten, Rev. Mycol. 3:16 (1881)
=*Dyctyopus edulis* (Fries) Quélet, Enchir. Fung., p. 159 (1886)
=*Ceriomyces crassus* Murrill, Mycologia 1:149 (1909)
=*Boletus crassus* (Murill) Jaczewski, Opred. Gris. 1:549 (1913)

Ubicación taxonómica (modificado de: Herrera y Ulloa, 1990 con base en Ainsworth, 1973; Snell y Dick, 1970; García, 1999, conforme a Singer, 1986).

Reino: Fungi
División: Eumycota
Subdivisión: Basidiomycotina
Clase: Holobasidiomycetes
Subclase: Hymenomycetidae
Orden: Agaricales
Suborden: Boletinae
Familia: Boletaceae
Subfamilia: Boletoideae
Género: *Boletus*
Sección: *Boletus*
Subsección: *Boleti*
Especie: *edulis*
Subespecies:
pinicola
aestivalis

Amplitud de la distribución del taxón.

Distribución conocida

Con base en las localidades de recolecta georreferenciadas y en la consulta de documentos referentes a la distribución nacional del complejo *Boletus edulis*, se identificaron un total de 21 entidades federativas y 100 municipios en los que se ha recolectado o registrado el complejo *Boletus edulis*. De la información curatorial se obtuvieron 18 estados y 71 municipios; en tanto que de la revisión bibliográfica sólo se reconocieron tres estados: Aguascalientes, Baja California y Nuevo León; y 29 municipios (Figura 11).

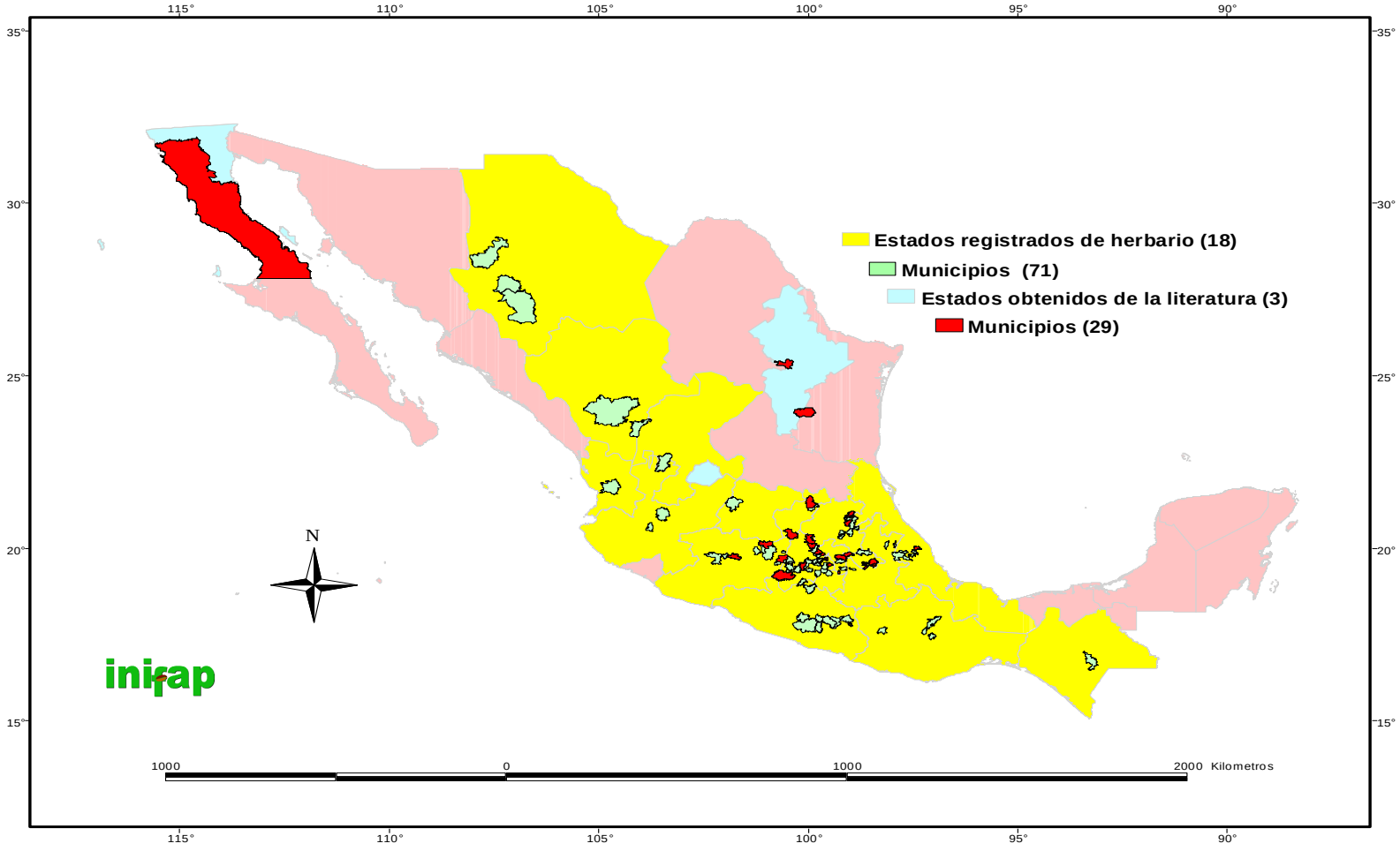


Figura 11. Distribución actual conocida del complejo *Boletus edulis* en México.

La estimación de la amplitud de la distribución conocida del Complejo *Boletus edulis* con base en el tipo de vegetación donde se desarrolla, fue de 1,497,153.49 ha (14,971.53 km^2), que representan 0.76 % del territorio nacional y se localizan en los bosques templado-fríos y el Mesófilo de Montaña de 16 estados, es decir en 50 % de las entidades federativas. Chihuahua con 857,813.32 ha presentó la mayor superficie; mientras que en Veracruz se registró la menor con 1,417.44 ha (Cuadro 22).

Cuadro 22. Amplitud de la distribución actual estimada para complejo *Boletus edulis* en México.

Entidad Federativa	Tipo de Vegetación	Superficie por tipo de Vegetación Subtotal (ha)	Superficie Total (ha)	Superficie Total (km^2)
Chiapas	Bosque mesófilo de montaña	2,616.94	2,616.94	26.17
Chihuahua	Bosque de *Quercus*	432,754.59		
	Bosque de *Quercus-Pinus*	1,937.91	857,813.32	8,578.13
	Bosque de *Pinus*	423,120.82		
Distrito Federal	Bosque de *Abies*	6,114.28	6,801.27	68.01
	Bosque de *Pinus*	686.99		
Durango	Bosque de *Pinus-Quercus*	237,890.60	277,720.08	2,777.20
	Bosque de *Quercus-Pinus*	39,829.48		
Estado de México	Bosque de *Quercus-Pinus*	1,883.71		
	Bosque de *Abies*	12,102.50	80,292.28	802.92
	Bosque de *Pinus*	34,538.63		
	Bosque de *Pinus-Quercus*	31,767.44		
Guanajuato	Bosque de *Quercus*	31,724.93	31,724.93	317.25
Guerrero	Bosque de *Quercus*	2,491.36		
	Bosque de *Quercus-Pinus*	81.80		
	Bosque de *Pinus*	8,063.67	40,063.68	400.64
	Bosque de *Pinus-Quercus*	9,684.26		
	Bosque mesófilo de montaña	19,742.58		
Hidalgo	Bosque de *Quercus*	2,739.05		
	Bosque de *Abies*	4,570.90	10,274.91	102.75
	Bosque de *Pinus-Quercus*	2,964.96		
Jalisco	Bosque de *Quercus-Pinus*	27,581.60	28,877.93	280.90
	Bosque de *Quercus*	508.17		
Michoacán	Bosque de *Abies*	12,490.88	29,877.93	298.78
	Bosque de *Pinus*	17,387.05		
Morelos	Bosque de *Abies*	21.21		
	Bosque de *Pinus*	9,248.63	9,731.62	97.32
	Bosque mesófilo de montaña	461.78		
Oaxaca	Bosque de *Pinus-Quercus*	55,245.91	59,638.53	596.38
	Bosque de *Quercus*	4,392.62		
Puebla	Bosque de *Pinus*	19,058.06	19,058.06	190.58
Tlaxcala	Bosque de *Pinus*	2,117.70	2,117.70	21.18
Veracruz	Bosque de *Abies*	1,417.44	1,417.44	14.17
Zacatecas	Bosque de *Quercus-Pinus*	39,914.77	39,914.77	399.15
Total			**1,497,153.49**	**14,971.53**
Total de la superficie geográfica del territorio nacional (ha)				**196,718,300**
% que representa del territorio nacional				**0.76**
Total de la superficie de los bosques templados-fríos en el territorio nacional (ha)				**30,433,893**
% que representa considerando solo la superficie de los bosques templado-fríos				**4.91**

Distribución potencial

En cuanto a la distribución potencial se calcularon 3,483,547.82 ha (34,835.48 km^2), que equivalen 1.77 % de la extensión geográfica total del país, distribuidas en 19 entidades federativas. El estado de Durango registró la superficie más alta con 684,696.82 ha; en tanto que para Querétaro se estimó la menor con 12,012.23 ha (Cuadro 23).

Cuadro 23. Superficie de la distribución potencial del complejo *Boletus edulis* en México.

Entidad Federativa	Superficie (ha)	Superficie (km^2)
Aguascalientes	24,024.59	240.25
Chiapas	108,110.64	1,081.11
Chihuahua	192,195.93	1,921.96
Distrito Federal	36,036.75	360.37
Durango	684,696.82	6,846.97
Estado de México	252,256.66	2,522.57
Guanajuato	120,122.76	1201.23
Guerrero	84,085.73	840.86
Hidalgo	84,085.39	840.85
Jalisco	468,476.84	4,684.77
Michoacán	396,403.20	3,964.03
Morelos	48,048.98	480.49
Oaxaca	420,428.58	4,204.29
Puebla	48,048.78	480.49
Querétaro	12,012.23	120.12
Sinaloa	36,036.62	360.37
Tlaxcala	36,036.82	360.37
Veracruz	48,048.84	480.49
Zacatecas	384,391.65	3,843.92
Total	**3,483,547.82**	**34,835.48**
Total de la superficie geográfica del territorio nacional (ha)		**196,718,300**
% que representa del territorio nacional		**1.77**
Total de la superficie de los bosques templados-fríos en el territorio nacional (ha)		**30,433,893**
% que representa considerando solo la superficie de los bosques templado-fríos		**11.44**

La ubicación de las superficies potenciales para el desarrollo de los esporomas del complejo *Boletus edulis* se presentan a lo largo de las siguientes cadenas montañosas: Sierra Madre Occidental, parte de la Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico, Sistema Montañoso del norte y Sierra Sur de Oaxaca; así como la Sierra Madre de Chiapas y el Macizo Central de Chiapas (Figura 12).

Zonas muy aptas, aptas y poco aptas para el desarrollo del complejo *B. edulis.*

Referente a la superficie estimada bajo el criterio de zonas muy aptas y aptas, se obtuvieron en conjunto 158,894.17 ha, que corresponden 0.08 % del territorio nacional, distribuidas en sólo seis entidades federativas. Para el caso de las poco aptas no se generaron superficies (Cuadro 24).

Cuadro 24. Superficie estimada para las zonas establecidas para el desarrollo del complejo *Boletus edulis*.

Entidad Federativa	Superficie muy apta		Superficie apta	
	Ha	km^2	Ha	km^2
Chihuahua	10,654.24	106.54		
Durango			20,695.53	206.95
Estado de México	31,962.72	319.63		
Hidalgo	10,654.24	106.54		
Guerrero			10,374.77	103.75
Michoacán	74,579.68	745.80		
Subtotal	127,850.88	1,278.51	31,043.30	310.70
Total en conjunto (zonas muy apta + zonas aptas)			**158,894.18**	**1,589.21**
Total de la superficie geográfica del territorio nacional (ha)				**196,718,300**
% que representa del territorio nacional				**0.08**
Total de la superficie de los bosques templados-fríos en el territorio nacional(ha)				**30,433,893**
% que representa considerando sólo la superficie de los bosques templado-fríos				**0.5**

Las zonas muy aptas se ubican en los estados de Chihuahua, Estado de México, Hidalgo y Michoacán; mientras que las áreas aptas se localizan en Durango y Guerrero (Figura 13).

Al examinar los porcentajes estimados de la distribución conocida, potencial y de las zonas muy aptas y aptas; se aprecia que cada uno de ellos representa menos del 5 % de la extensión geográfica del territorio nacional, por lo que conforme a lo propuesto en el criterio A del MER, al complejo *Boletus edulis* se le adjudicaría una distribución muy restringida.

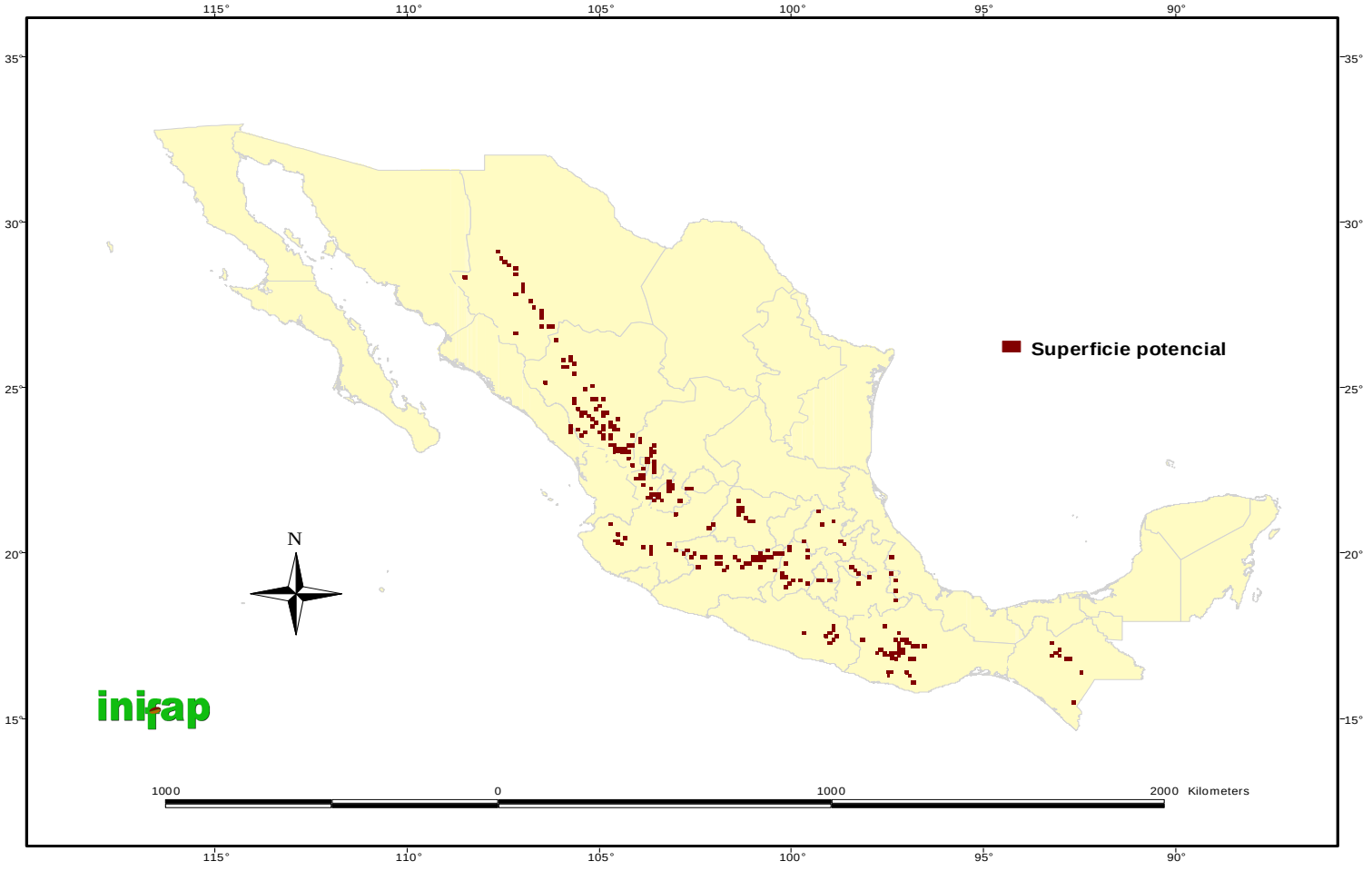


Figura 12. Distribución potencial del complejo *Boletus edulis* en México.

No obstante, es conveniente remarcar que los taxa incluidos dentro de la primera graduación son aquellos considerados como microendémicos o extralimitantes, que según la definición dada en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 una especie endémica es *aquella cuyo ámbito de distribución natural se encuentra circunscrito únicamente al territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción*; término que no se puede aplicar al taxón *sensu lato* bajo estudio, debido a que existen registros que avalan su presencia en varios países del mundo, al grado de que autores como Wang *et al*. (1995) y Hall *et al*., (1998) lo consideran un complejo taxonómico cosmopolita.

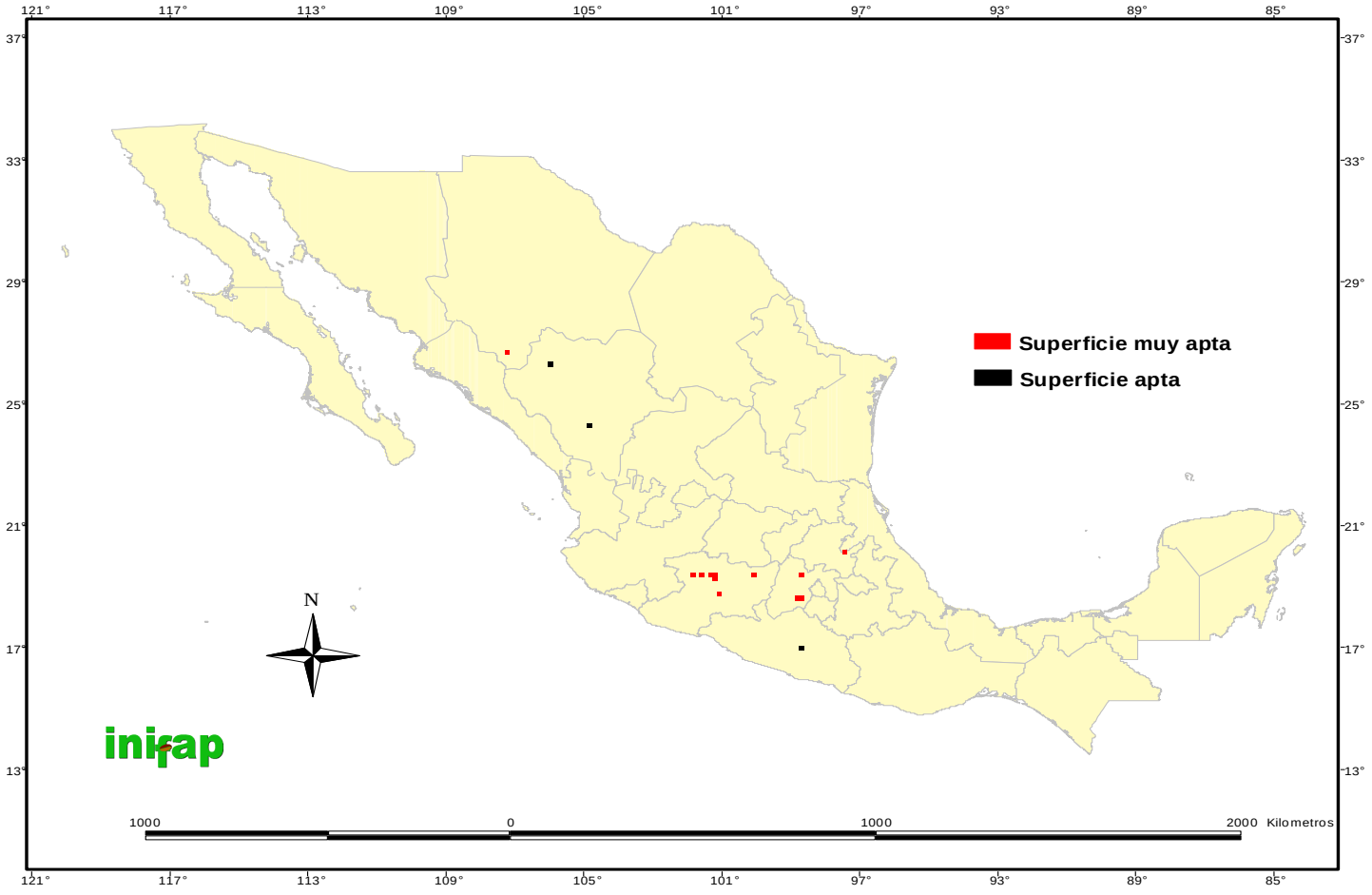


Figura 13. Distribución de zonas muy aptas y aptas para el desarrollo del complejo *Boletus edulis* en México.

Así mismo en el texto de la NOM-059-SEMARNAT-2001 se entiende por especie extralimital, a*quella cuya distribución natural actual se da en su mayor parte fuera de los límites nacionales, por lo que su presencia en el territorio nacional es marginal, esto es, menor al 5%*; expresión que tampoco se le puede asignar al complejo *Boletus edulis*, ya que su distribución geográfica comprende 21 entidades federativas de la República Mexicana en donde se ha recolectado.

Ante estas premisas el problema de los bajos porcentajes obtenidos obedeció en primera instancia a la superficie que se empleó para realizar el cálculo, ya que para las estimaciones de la distribución conocida, potencial y de las zonas muy aptas, aptas y poco aptas se consideró toda el área geográfica del país, lo cual repercutió al momento de que se llevó a cabo la evaluación, debido a que se tomaron en cuenta las extensiones ocupadas por distintos tipos de vegetación como matorrales xerófilos, pastizales, bosques tropicales; además de las áreas agrícolas y urbanas; donde es evidente que el taxón *sensu lato* no se desarrolla.

Por lo anterior se afinó el análisis, con la restricción de incluir sólo la superficie registrada en el país para los bosques templado-fríos, misma que ocupa 30,433,893 ha, (SEMARNAT, 2006a), puesto que son los hábitats naturales para el crecimiento del complejo *Boletus edulis*, así, los porcentajes de las superficies estimadas se incrementaron; para la distribución conocida aumentó a 4.91%, en tanto que la distribución potencial fue de un poco más del 11%. El valor para la distribución conocida se mantuvo bajo (<5%); es decir, la graduación continua en el nivel de muy restringida, no así la distribución potencial, que pasó a ser restringida (>5%).

La cantidad de datos utilizados también tuvieron un papel decisivo en la estimación de la distribución conocida, debido a que se tienen entidades federativas como Chiapas, Guanajuato, Jalisco, Nayarit, Querétaro y Zacatecas que cuentan con poco material de herbario (sólo uno o dos ejemplares); o bien con un número reducido de localidades georreferenciadas. Al respecto, Zacatecas con un sólo ejemplar registró cifras superiores (39,914.77 ha) en comparación con aquellos que tienen un número más alto de registros curatoriales, *p. ej*: Veracruz con 24 ejemplares presentó apenas 1,417.44 ha, lo anterior obedeció a que el número de sitios diferentes georreferenciados en Veracruz se redujo, además la mayoría de estas localidades (11 sitios) al sobreponerse con la base digital de uso de suelo y vegetación se ubicaron en áreas no propicias para el desarrollo del taxón *sensu lato*.

Además existen estados a saber: Aguascalientes, Baja California y Nuevo León que carecen de ejemplares de herbario en las colecciones consideradas en este estudio; sin embargo los trabajos de Pardavé (1996); Ayala y Guzmán (1984) y García y Castillo (1981); Garza *et al*. (1985) citan la presencia del complejo *Boletus edulis*, por lo que se presupone su presencia en los bosques templado-

fríos de dichas entidades federativas.

Por consiguiente se recomienda revisar las colecciones micológicas depositadas en herbarios con acervos de tipo regional como: el Herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (CFNL), Herbario de la Universidad de Baja California (BCMEX), para documentar la existencia de ejemplares del complejo *Boletus edulis*, lo que permitiría incrementar el conocimiento de su distribución, en especial hacia las zonas noreste y noroeste de la República Mexicana, de donde hay pocos representantes en los herbarios de influencia nacional (MEXU, ENCB).

Referente a la distribución potencial se registraron superficies en estados citados en la literatura con la presencia del complejo *Boletus edulis*, tal es el caso de Aguascalientes, o que presentaron poco material de herbario *p. ej:* Querétaro, e incluso en otros que carecen de ambas fuentes consultadas, *p. ej:* Sinaloa (36,036.62 ha) en cuyo territorio existen hectáreas de bosques templados-fríos, hábitats favorables para el crecimiento del taxón *sensu lato* analizado (SEMARNAT, 2006c).

En este contexto hay que resaltar que los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta que coadyuva a identificar las áreas de distribución potencial para el crecimiento de especies silvestres en un país o una región determinada (Davis *et al*., 1990; citado por Zamora-Martínez *et al*., 1999).

Los bajos porcentajes estimados para las zonas muy aptas y aptas resultó de la restricción en los intervalos de las variables que conforman a cada uno de los requerimientos ecológicos, los cuales representan las características ambientales donde ha sido recolectado el taxón *sensu lato* con mayor frecuencia, por lo que se asumieron como las más propicias para su desarrollo, de modo que las superficies obtenidas corresponden a las áreas exclusivas en las que se cumplen con todas las condiciones de vegetación, clima y suelo seleccionadas.

A pesar de ser reducidas las extensiones calculadas para la distribución potencial y las áreas muy aptas y aptas; se consideran sitios muy valiosos, puesto que en el caso de las superficies potenciales se sugiere el diseño de planes de manejo sustentable de las poblaciones silvestres del complejo *Boletus edulis*, mientras que, en las zonas muy aptas y aptas se podrían iniciar programas de conservación para el taxón mediante el establecimiento de áreas exclusivas para la protección del hábitat de este recurso fúngico. Empero, es importante en forma previa, realizar la validación en campo tanto de las superficies potenciales como de las zonas muy aptas y las aptas generadas en el presente trabajo.

Con base en que el complejo *Boletus edulis* tuvo presencia en más del 50 % de las entidades federativas y al considerar la superficie cubierta por los bosques templado-fríos se desarrolló en un área superior al 10 % se infiere que la amplitud de la distribución en México del taxón *sensu lato* analizado, es medianamente restringida o amplia.

Evaluación de su hábitat.

Incendios

Según la Comisión Nacional Forestal (2007), durante el año 2006 se registraron 8,725 incendios que afectaron 243,864.01 ha (Cuadro 25). Cabe señalar que la superficie forestal estimada incluye pastizal, arbolado adulto y renuevo; así como arbustos y matorrales, por lo que es difícil precisar el área dañada correspondiente a los bosques templado-fríos.

Cuadro 25. Informe de incendios por entidad federativa.

Entidad Federativa	No de incendios (enero-octubre 2006)	Superficie forestal afectada (ha)
Aguascalientes	22	681.50
Baja California	159	13,737.70
Baja California Sur	5	62
Campeche	20	2,655
Coahuila	151	24,475.41
Colima	50	812.50
Chiapas	329	10,485.02
Chihuahua	1,057	18,504.66
Distrito Federal	1,078	1,694.06
Durango	174	13,228
Estado de México	1,511	7,072.76
Guanajuato	19	934
Guerrero	163	6,961.50
Hidalgo	172	1,448.98
Jalisco	815	15,810
Michoacán	1,062	13,175.55
Morelos	176	888.30
Nayarit	99	2.923
Nuevo León	71	2,000.45
Oaxaca	239	13,076.95
Puebla	350	3,306.30
Querétaro	41	347
Quintana Roo	142	53,618.50
San Luis Potosí	72	2,746.50
Sinaloa	94	5,687.50
Sonora	55	8,505.50
Tabasco	1	1
Tamaulipas	44	4,393
Tlaxcala	222	945.50
Veracruz	142	1,305
Yucatán	89	9,389
Zacatecas	65	2,972.07
Total	**8,725**	**243,864.01**

Fuente: Comisión Nacional Forestal. Gerencia de incendios forestales (2007)

Tasa de deforestación

Al respecto el dato publicado más reciente corresponde al año 2000, en el que se estimaron 259,000 ha de bosques templado-fríos afectadas (SNIARN, 2007).

Aprovechamiento Maderable

La producción maderable estimada durante el año 2004, considerando sólo a los grupos de especies de *Pinus*, *Quercus* y *Abies* fue de 5,939,765 m^3r que representó 88.5 % del total generada a nivel nacional (SEMARNAT, 2006a). El grupo de las especies de *Pinus* aportaron 5,110,479 m^3r; el de *Quercus* 623.363m^3r y el de *Abies* contribuyó con 205.923 m^3r (Cuadro 26).

Cuadro 26. Producción nacional maderable por entidad y grupo de especies.

	Grupo de especies (m^3r)			
Entidad Federativa	***Pinus***	***Abies***	***Quercus***	**Total**
Aguascalientes	20	0	4,357	4,377
Baja California	1,715	0	0	1715
Coahuila	1,864	0	0	1,864
Colima	1,540	4	2,776	4,320
Chiapas	136,614	0	433	137,047
Chihuahua	1,239,621	0	704	1,240,325
Entidad Federativa	***Pinus***	***Abies***	***Quercus***	**Total**
Distrito Federal	0	1,450	0	1,450
Durango	1,530,469	0	324,309	1,854,778
Estado de México	115,443	82,227	11,286	208,956
Guanajuato	0	0	21,431	21,431
Guerrero	137,667	5,043	4,051	146,761
Hidalgo	80,882	4,512	14,991	100,385
Jalisco	335,740	4,430	40,918	381,088
Michoacán	518,615	35,744	73,126	627,485
Morelos	417	284	9	710
Nayarit	46,861	0	8.676	55,537
Nuevo León	16,474	917	3,655	21,046
Oaxaca	485,450	1,464	7,134	494,048
Puebla	208,599	56,751	14,358	279,708
Querétaro	3,526	0	5,015	8,541
San Luis Potosí	1,760	0	5,501	7,261
Sinaloa	38,272	0	371	38,643
Sonora	13,432	0	27,238	40,670
Tamaulipas	12,181	0	1,493	13,674
Tlaxcala	14,821	12,872	3,821	31,514
Veracruz	160,065	223	11,935	172,223
Zacatecas	8,431		35,776	44,207
Total	**5,110,479**	**205,923**	**623,363**	**5.939.765**
Total Nacional				**6718.508**
% que representa de la producción maderable nacional				**88.5**

Fuente: Anuario Estadístico de la Producción Forestal (2004)

Durango fue el principal estado productor durante el 2004, ya que registró los valores más altos en cuanto al aprovechamiento del grupo de especies de *Pinus* y *Quercus* con 1,530,469 m^3r y 324,309 m^3r, respectivamente; en tanto que el Estado de México presentó el valor superior referente al grupo de especies de *Abies* 82,227 m^3r (SEMARNAT, 2006a).

Aprovechamiento No Maderable

En el año 2004 la producción forestal no maderable considerando sólo a la resina de pino y el volumen extraído de tierra de monte fue de 373,733 ton, que constituyeron 86 % del total generado por los productos forestales no maderables (PFNM) en el país. En el Cuadro 27, sólo se indican las entidades federativas en las que se realizaron tales actividades; así como las cifras aprovechadas para ambos productos, el estado de Michoacán mostró los valores más altos en cuanto a resina de pino con 16,600 ton; mientras que Sonora presentó la mayor extracción de tierra de monte 162,555 ton (SEMARNAT, 2006a).

Cuadro 27. Producción Nacional No Maderable por entidad y productos.

	Productos (toneladas)		
Entidad Federativa	**Resina de Pino**	**Tierra de Monte**	**Total**
Coahuila	0	3,448	3,448
Distrito Federal	0	82,093	82,093
Estado de México	7,178	58,778	65,956
Guerrero	0	102	102
Jalisco	253	3,468	3,721
Michoacán	16.600	0	16,600
Morelos	0	38,414	38.414
Oaxaca	76	0	76
Puebla	0	48	48
Querétaro	0	98	98
Sonora	0	162,555	162,555
Tamaulipas	0	19	19
Tlaxcala	0	28	28
Yucatán	0	575	575
Subtotal	**24,107**	**349,626**	**373,733**
Total Nacional no maderable			**433,097**
% que representa de la producción no maderable nacional			**86**

Fuente: Anuario Estadístico de la Producción Forestal (2004)

A pesar de que los resultados anteriores no se presenta una cifra sobre el área afectada de los bosques templado-fríos por los incendios, se considera una amenaza significativa para la degradación de dichas comunidades forestales, sobre todo para las constituidas por especies de *Pinus*, ya que a menudo son sometidas a la acción del fuego, en especial durante la época seca del año con el fin de inducir la producción de pastos forrajeros para alimentar al ganado o debilitar el arbolado para justificar la extracción de su madera, lo que provoca profundos cambios en la vegetación, al grado de modificar por completo la composición de las zonas forestales en todos sus estratos (Rzedowski, 1978).

Montoya-Esquivel (2003) menciona que en el estado de Tlaxcala los recolectores de hongos llevan a cabo quemas anuales en sus bosques para favorecer la fructificación de ciertas especies fúngicas *p. ej*: *Hebeloma aff*. *mesophaeum* Pers. Quél., es un taxón que se desarrolla de manera abundante en sitios que fueron incendiados de forma superficial (Montoya-Esquivel, 2003). En el caso del complejo *Boletus edulis* no existen informes sobre los efectos que

conlleva el realizar esta práctica de manejo. Sin embargo, los incendios favorecen la deshidratación del suelo y la pérdida de la cobertura vegetal, lo que impacta en el crecimiento y propagación del micelio.

Por otra parte, aunque en el sitio Web del SNIARN (2007) se señala que la tasa estimada de deforestación para los bosques con clima templado-fríos, es menor en comparación con la registrada para las selvas y las zonas áridas, es evidente el impacto negativo que tiene sobre los tipos de vegetación asociados al complejo *Boletus edulis*, puesto que al retirarse la cubierta forestal no sólo se eliminan de manera directa las poblaciones vegetales ahí presentes, sino que las condiciones ambientales locales también se modifican seriamente, de tal forma que muchos organismos que constituyen la diversidad biológica ahí presente, son incapaces de sobrevivir (SNIARN, 2007).

En el caso de los hongos, en particular los ectomicorrizógenos, disminuyen considerablemente sus poblaciones, ya que la eliminación de las especies arbóreas con las que se asocian, incide en el desarrollo de los basidiomas y en consecuencia la formación de esporas, es decir altera el ciclo de vida, lo que conlleva al decremento, en primera instancia, de las poblaciones fúngicas, y en el mediano plazo a su desaparición. Lo anterior es importante para los taxa agrupados en el complejo *Boletus edulis*, puesto que forman micorrizas con diversas especies del género *Pinus*.

Los valores obtenidos para el aprovechamiento maderable, en conjunto representaron la más alta participación porcentual del año 2004, debido a que la mayoría de las operaciones forestales con fines comerciales a gran escala se limitan de forma exclusiva a los bosques de *Pinus* y *Quercus*, ya que a lo largo de la historia, ambos tipos de vegetación, en especial aquellos conformados por especies de *Pinus*, y en comparación con los de *Quercus*, han sido -y seguirán siendo- las más aprovechadas, puesto que son consideradas el pilar de la industria forestal mexicana. Más del 60 % de los taxa de *Pinus* tienen importancia comercial y, 80 % de los productos forestales del país se obtienen de bosques de coníferas (Challenger, 2003; CESPEDES, 2005). El impacto de la explotación comercial intensiva y sin control de las especies arbóreas trae consigo implicaciones ecológicas como la considerable disminución de las poblaciones silvestres de hongos (Zamora-Martínez, 1994).

La resina de pino y la tierra de monte constituyeron durante el año 2004 la mayor parte de la producción forestal no maderable. Lo anterior obedece a que su extracción produce beneficios de tipo económico a la gente que habita cerca de las zonas forestales, en la que se generan de forma natural ambos recursos (Boyas y Reyes, 1997; SEMARNAT, 2006b; 2006c).

Es importante señalar que la extracción de las resinas se realiza en áreas boscosas donde la altura y la tasa de crecimiento se presentan por debajo de las requeridas para el aprovechamiento forestal comercial (Challenger, 2003). Además, es frecuente que se efectúe de manera burda y descuidada, lo que provoca severas lesiones a la corteza del tronco de los árboles, al grado de facilitar el acceso de organismos patógenos, mismos que pueden debilitar y, en última instancia inducir la declinación de los bosques de coníferas (Styles, 1993 citado por Challenger, 2003).

Entre las especies forestales que a menudo se usan para tal fin están: *Pinus leiophylla* Schltldl. *et* Cham. (principal productor de resina), *P*. *oocarpa* Schiede ex. Schltdl., *P*. *michoacana* Mart., *P*. t*eocote*, *P*. *montezumae*, y *P*. *pseudostrobus* Lindl. (Challenger, 2003), elementos arbóreos que se reconocieron en la vegetación asociada al complejo *Boletus edulis* (Anexo 4), por lo que se asume que con algunos de ellos establece una asociación micorrízica, la cual conlleva a un incremento en la sobrevivencia y crecimiento de los árboles, y para el caso específico de los hongos silvestres favorece la producción de los basidiomas (Zamora-Martínez, 1994). Por lo tanto el debilitamiento del arbolado incidirá, en consecuencia, sobre las poblaciones fúngicas.

El aprovechamiento de la tierra de monte es una actividad que se ha incrementado en las últimas décadas, debido a la alta demanda generada en los grandes centros de población del país, los cuales necesitan de este recurso para satisfacer los requerimientos de sustrato en viveros y en el establecimiento de áreas verdes, por lo que su explotación constante ha provocado serios problemas al ecosistema, como la erosión y pérdida de la productividad del suelo (SEMARNAP, 1996). Para el caso específico de los hongos silvestres el remover el mantillo forestal genera perjuicios al micelio, ya que lo deja expuesto a la resequedad, de tal modo que representa un efecto negativo para la productividad natural del hongo (García, 1993; Zamora-Martínez, 1994).

Además, dado el extenso uso local de muchos de los productos maderables y no maderables, se asume que una parte importante del aprovechamiento de tales recursos no se cuantifica en muchas zonas rurales, donde los usuarios no tienen obligación de informar la extracción de los mismos. Por ello, los valores analizados son una subestimación del aprovechamiento que se realiza en los bosques templados-fríos del país.

Bajo las anteriores premisas se considera que los bosques templado-fríos son afectados en mayor o menor grado por los factores arriba mencionados, los cuales inciden en la reducción de la cobertura vegetal o el debilitamiento del arbolado, de tal forma que son una amenaza directa para el desarrollo de las poblaciones silvestres del complejo *Boletus edulis*. Así mismo, existen vacíos en la información disponible sobre los diversos factores que propician la degradación de los bosque

templado-fríos, lo que impide dar un seguimiento preciso a ciertas variables *(p. ej:* incendios y tasa de deforestación) y hacen difícil su evaluación correcta, se determinó que el estado actual del hábitat del complejo *Boletus edulis* es intermedio o limitante.

Vulnerabilidad intrínseca del taxon.

Carácter micorrízico

Dentro de la vegetación arbórea asociada al complejo *Boletus edulis* que se registró a partir de los trabajos consultados e indicados en el Anexo 4 del presente estudio, se identificaron representantes de las familias *Pinaceae*, *Fagaceae*, y *Betulaceae* con las que al parecer el taxón *sensu lato* en cuestión pudiese establecer una asociación ectomicorrizica. (Cuadro 28). Los género *Quercus* y *Pinus* fueron los mejor representados con 21 y 13 especies, respectivamente, entre las más frecuentes están: *Quercus crassifolia* Humb. *et* Bonpl., *Q*. *crassipes* Humb. *et* Bonpl., *Q*. *rugosa* Née., *Pinus montezumae*, *P*. *patula*, y *P*. *teocote*.

Cuadro 28. Vegetación arbórea asociada al complejo *Boletus edulis* en México.

Familias		
Pínaceae	***Fagaceae***	***Betulaceae***
Pinus arizonica Engelm.	*Quercus arizonica* Sarg.	*Alnus jorullensis* HBK. spp.
P. ayacahuite Schltldl.	*Q. canby* Trel.	*jorullensis*
P. hartwegii Lindl.	*Q. candicans* Née.	
P. leiophylla Schltldl. *et* Cham.	*Q. castanea* Née.	
P. lumholtzii Robinson *et* Fern.	*Q. coccolobaefolia* Trel.	
P. oaxacana Mirov.	*Q. conspersa* Benth.	
P. pseudostrobus Lindl.	*Q. crassifolia* Humb. *et* Bonpl.	
P. teocote Schltldl. *et* Cham.	*Q. crassipes* Humb. *et* Bonpl.	
P. montezumae Lamb.	*Q. glaucoides* Mart. *et* Gal.	
P. patula Schltldl, *et* Cham.	*Q. greggii* Trel.	
P. ponderosa var. arizonica Schaw.	*Q. laeta* Liebm.	
P. pringlei Shaw.	*Q. laurifolia* Michx.	
P. rudis Lindl	*Q. mexicana* Humb. *et* Bonp.	
Abies religiosa (HBK.) Schltldl. *et*	*Q. microphylla* Née	
Cham.	*Q. omisa* A. DC.	
	Q. polymorpha Schltldl. *et* Cham.	
	Q. pulchella Humb. *et* Bonpl.	
	Q. rugosa Née.	
	Q. rysophylla Weath	
	Q. texcocana Trel.	
	Q. urbanii Trel.	

Fenología Reproductiva

El patrón fenológico registrado en los estudios revisados e indicados en el Cuadro 29, muestran que la época de aparición de los carpóforos para el complejo *Boletus edulis*, es de mayo hasta noviembre, en la que los meses de julio, agosto y septiembre son los más citados.

Con base en lo anterior y conforme al sistema de clasificación propuesto por Zamora-Martínez *et al*. (1999) para caracterizar los ritmos de fructificación, mismo que se presenta en el Cuadro 29, el complejo *Boletus edulis* presenta una fenología reproductiva temprana-larga, es decir, sus basidiomas emergen a principios de la temporada y se prolonga hasta a finales de la estación de lluvias.

Cuadro 29. Sistema de Clasificación usado para determinar la fenología del complejo *Boletus edulis*.

Categoría	Meses que abarca
Temprana corta	junio - julio
Temprana larga	junio - octubre
Temprana prolongada	julio - diciembre
Corta a mediados de temporada	julio - septiembre
Tardía corta	septiembre - octubre
Tardía larga:	agosto - noviembre

Fuente: Zamora-Martínez *et al*. (1999)

Productividad Natural

La productividad natural registrada a partir de los estudios generales sobre el monitoreo de la producción de hongos silvestres para complejo *Boletus edulis* en México se muestra en el Cuadro 30. En la mayoría de las investigaciones las cifras obtenidas corresponden a las estimaciones por hectárea para la abundancia (No. de carpóforos/ha) y la producción (peso fresco en g/ha); en otros trabajos se presenta los valores obtenidos en unidades de muestreo menores a una hectárea.

Cuadro 30. Producción natural registrada para el complejo *Boletus edulis* en México.

Estado	Zona de estudio/ Unidad de muestreo	Año	Abundancia (No. de carpóforos)	Producción (Peso fresco en kg)	Cita
Veracruz	Cofre de Perote (1ha)	1983	450*	149.50*	Villarreal y Guzmán (1985)
Veracruz	Cofre de Perote (1ha)	1984	100*	20.25*	Villarreal y Guzmán (1986a)
Veracruz	Cofre de Perote (1ha)	1985	150*	9.03*	Villarreal y Guzmán (1986b)
Veracruz	Cofre de Perote (50 x 400 m^2)	1983 1984 1985 1986 1987	29** 4** 4** - 2**	5.019* 0.500* 0.144* - 0.164*	Villarreal (1994)
Estado de México	Santa Catarina del Monte (1ha)	1990	ND	16.30*	Moreno-Zarate(1990)
Puebla	San Juan Tetla (1ha)	1992	5*	0.860*	Alvarado y Manzola (1993)
Tlaxcala	Volcán La Malinche (1ha)	1997-1999	50*	7.7*	Zamora-Martínez *et al*. (2000c)
Tlaxcala	Nanacamilpa (1ha)	2002	12*	2.11*	Zamora-Martínez *et al*. (2005)
Oaxaca	Sierra de Juárez (25 m x 25 m)	2001	167**	--	Blanc (2001)
Tlaxcala	Tlaxco (1ha)	2004	20*	2.65*	Zamora-Martínez *et al*. (2005)

*Producción estimada por hectárea
**Producción obtenida en superficies menores a una hectárea

El registró de diversas especies arbóreas presentes en el hábitat del complejo *Boletus edulis* con las que pudiese formar ectomicorrizas, hace presuponer que la diversidad de sus hospederos es bastante amplia. Sin embargo, no existen estudios específicos que ratifiquen dicha afirmación. Además, de manera general se asume que existe poca o ninguna especificidad entre las plantas y los hongos que establecen la asociación ectomicorrízica (Estrada-Torres, 2003).

Así mismo, autores como Molina *et al*. (1993) y Amaranthus y Pilz, (1996) señalan que el taxón bajo estudio tiene la habilidad de formar la relación simbiótica mutualista con una gran variedad de plantas superiores adscritas a diferentes familias (Cuadro 31), a diferencia de otros taxa que sólo se relacionan con elementos vegetales que pertenecen a un género o una familia, *p. ej: Hydnangium carneum* Wallr., forma de manera particular micorrizas con especies de *Eucalyptus*; mientras que *Suillus plorans* (Rolland) O. Kutze., se relaciona exclusivamente con *Pinus cembra* L. (Duddridge, 1987 y Molina *et al*., 1992, citados por Estrada-Torres, 2003).

Cuadro 31. Hospederos del complejo *Boletus edulis*.

Familia	**Género**	**Especie**
Betulaceae	*Betula*	*Betula pendula* Roth.
Fagaceae	*Quercus*	*Quercus robur* L.
		Q. petrae Mattuschka.
		Q. palustris Muenchh.
		Q. cerris L.
Pínaceae	*Pinus*	*Pinus tabulaeformis* Carr.
		P. radiata D. Don.
		P. patula Schltldl. *et* Cham.
		P. taeda L.

Fuente: Modificado de Hall *et al*. (1998)

El patrón de la fenología reproductiva registrado para el complejo *Boletus edulis* coincide con el periodo de lluvias para las zonas templada-frías en México, el cual se presenta durante los meses de junio a septiembre (Guzmán, 1994), es decir, la aparición de las estructuras reproductoras (carpóforos) involucradas en la multiplicación de los individuos y en la dispersión de esporas es temporal, por lo que resulta ser vulnerable, sí la extracción de basidiomas es masiva y se realiza de forma incorrecta.

Los estudios fenológicos considerados permiten tener una visión general del periodo en el que se han registrado con mayor frecuencia los cuerpos fructíferos del taxón *sensu lato* analizado, mismo que debe ser verificado mediante exploraciones de campo que incluyan el seguimiento de la producción natural de los esporomas en un número mayor de registros de distribución, ya que dicha información serviría de base para llevar acabo programas regionales de manejo sustentable.

Respecto a la productividad natural del complejo *Boletus edulis*, hay que subrayar que en México los trabajos son escasos, ya que se considera un campo de investigación incipiente, además como lo mencionan Martínez *et al*. (2003) resulta más frecuente en la literatura registrar estimaciones puntuales referidas a este hongo como parte de los resultados parciales de otras investigaciones micológicas de productividad más generales.

Los valores registrados para la abundancia y biomasa, varían de una investigación a otra, lo cual obedece a las diferentes metodologías que se emplearon en cada uno de los trabajos, a las variaciones climáticas y a las características particulares de la vegetación presentes en los rodales estudiados, mismos que son factores de suma importancia, debido a que favorecen o limitan la fructificación de los hongos silvestres (Villarreal, 1994 y 1996).

Así mismo, hay que tener en cuenta que la producción no es constante año con año, como lo han discutido Bandala *et al.* (1997); Villarreal y Guzmán (1985); quienes observaron diferencias en la productividad natural de los hongos silvestres en distintos periodos y mencionan que para poder ver un patrón en las fluctuaciones se requieren al menos cinco temporadas de muestreo, debido a los cambios del medio ambiente y al impacto de las actividades humanas sobre éste.

La amplia diversidad de hospederos con los que al parecer el complejo *Boletus edulis* forma ectomicorrizas, asociado al hecho de presentar una fenología reproductiva temprana-larga, son factores que inciden de manera favorable en su sobrevivencia y propagación natural. Referente a las estimaciones cuantitativas sobre la producción basidiomas; aún cuando son pocos los datos disponibles susceptibles de compararse entre sí, en el caso de los obtenidos en Tlaxcala (Zamora-Martínez *et al*., 2000c, 2001, 2005) en promedio se registraron 4kg/ha, cifra superior a la citada para otras especies como *Tricholoma mangivelare* (2kg/ha) (Zamora-Martínez y Nieto de Pascual-Pola, 2004).

Con base en lo antes expuesto se considera que el complejo *Boletus edulis* presenta una vulnerabilidad media

Impacto de la actividad humana sobre el taxón.

Aprovechamiento

Durante un periodo de cuatros años (2001-2004), los registros oficiales de la recolecta del taxón *sensu lato* en estudio sólo hacen referencia al provechamiento en dos UMA's, el cual fue de 10,404 kg (10.4 ton). El Estado de México y Oaxaca fueron las únicas entidades federativas que notificaron ante la Dirección General de Vida Silvestre adscrita a la SEMARNAT, la extracción de los carpóforos (Cuadro 32) (SEMARNAT, 2005).

Cuadro 32. UMA's registradas para el aprovechamiento del complejo *Boletus edulis* en México.

Nombre de la UMA	Registro y Ubicación	Temporada de aprovechamiento/cantidad (kg)				Total
		2001	2002	2003	2004	
Pueblos Mancomunados	SEMARNAT-UMA-EX-001-OAX Sierra Norte, Oaxaca	2,814	3,200	2,800	1,400	10,214
Comunidad San Francisco La Albarada	SEMARNAT-UMA-EX024-MEX Temascaltepec, México	---	---	---	190	190
Total		**2,814**	**3,200**	**2,800**	**1,590**	**10,404**

Fuente: SEMARNAT (2005).

Como se mencionó en el apartado correspondiente a la evaluación del hábitat del presente estudio, los incendios, la deforestación, el aprovechamiento intensivo maderable y no maderable alteran y destruyen en mayor o menor grado el hábitat natural del complejo *Boletus edulis*.

Así mismo, observaciones en campo llevadas a cabo en el norte y este de Europa, proponen que la contaminación del aire es una de las principales amenazas que provoca la desaparición de las poblaciones de los hongos silvestres, en especial de los ectomicorrizógenos (Arnolds, 2001; Jansen y Van Dobben, 1987; Høiland, 1993 citado por Salcedo *et al*., 2001). Además, se considera que la declinación de la diversidad fúngica también se debe al desarrollo e industrialización de la sociedad, que ha provocado la perdida de grandes extensiones de bosques templado-fríos. Sin embargo, en México no existen investigaciones, que documenten y evidencien ambos problemas, lo cual no significa que tales fenómenos no se presenten (Villarreal, 1994).

En cuanto al aprovechamiento comercial, sus valores sólo representan la información oficial registrada ante las autoridades competentes. No obstante, la recolección de los carpóforos del complejo *Boletus edulis* al igual que de otras especies comestibles posee desde tiempos prehispánicos un predominio en su valor de uso (autoconsumo) sobre el valor de cambio (Villarreal y Pérez-Moreno, 1989). Esta clase de aprovechamiento como lo indica Toledo *et al*. (1985) citado por Villarreal, (1994), mantiene un equilibrio con los ecosistemas, ya que la cantidad de producto extraído únicamente se utiliza para satisfacer las necesidades inmediatas y más elementales. Pero, en las últimas dos décadas, diversas compañías comercializadoras extranjeras y nacionales han promovido el aprovechamiento intensivo y con fines de exportación de las poblaciones silvestres del taxón *sensu lato* en estudio junto con las de otras especies (Bandala *et al*., 1997, Moreno-Fuentes, 2002).

Por otra parte, *Boletus edulis* es uno de los hongos comestibles más frecuentes en los mercados de la Región Central del país durante la época de lluvias y uno de los más apreciados por los consumidores, lo que implica que su recolecta sea

abundante, pese a la falta de registros oficiales, es decir, hay una presión sobre sus poblaciones que es necesario cuantificar.

A pesar de que hay el interés por la recolecta comercial de los diversos taxa agrupados en el complejo *Boletus edulis* y de otras especies comestibles, durante muchos años se ha mantenido una polémica sobre el impacto que puede causar la extracción de los basidiomas en sus hábitats naturales y la subsecuente productividad del micelio (Villarreal, 1994); sin que a la fecha existan datos concretos y concluyentes.

En este contexto, Sieger (1987) citado por Villarreal, (1994) menciona que dicha actividad es destructiva, ya que tan sólo la compactación del suelo a causa del pisoteo constante en las áreas donde se recolecta el recurso puede ser un factor limitante para el desarrollo del micelio. Sin embargo, Mid (1978) citado por Villarreal (1994) opina que la recolección de los basidiomas no perjudica el crecimiento de la masa micelial, ya que el hombre únicamente aprovecha alrededor del 30 % para su consumo y el 70 % restante se presenta contaminado con larvas y es incorporado al suelo forestal.

La evidencia de que amenazas como el fuego, la deforestación y el aprovechamiento maderable y no maderable conllevan a la fragmentación del hábitat natural del complejo *Boletus edulis* son inducidas por las actividades antropogénicas; aunado al incremento en la extracción intensiva de los carpóforos para fines comerciales que se ha registrado en los últimos años, determinan que la magnitud de impacto que genera la influencia humana sobre el taxón *sensu lato* analizado es medio.

Asignación de la categoría de riesgo del complejo *Boletus edulis* conforme a la escala del MER

A continuación se presentan cada uno de los criterios del MER (Anexo 5), así como sus respectivos valores asignados:

Criterio A. Amplitud de la distribución del taxón en México
Medianamente restringida o amplia = *2*
Criterio B. Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón
Intermedio o limitante = 2
Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón
Media = 2
Criterio D. Impacto de la actividad humana sobre el taxón
Medio = 3

La sumatoria de los criterios da como resultado 9 puntos, por lo que al aplicar la escala de asignación a las categorías de riesgo propuesta en el MER (Cuadro 33), se concluye que el complejo *Boletus edulis* no esta amenazado.

Cuadro 33. Escala de asignación a las categorías de riesgo propuesta por el MER.

Definición	Categoría de riesgo
Especie cuya suma total se sitúe entre 12 y 14 puntos	En peligro de extinción
Especie cuya suma total se sitúe entre 10 y 11 puntos	Amenazada

Fuente: SEMARNAT (2002)

Ante ello, se recomienda su inclusión a la categoría de sujeta a protección especial, la cual se define en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, como *aquella especie que podría llegar a encontrarse amenazada por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y protección o la recuperación y la conservación de poblaciones de especies asociadas.*

CONCLUSIONES

- La diversidad fúngica de Oaxaca está poco representada tanto en los acervos curatoriales, como en la literatura especializada, en contraposición con el basto conocimiento que la población tiene sobre los hongos silvestres.
- En los municipios de la Región Sierra Norte existe el mayor número de sitios de recolecta, lo que no necesariamente indica que sea un área bien explorada.
- L región del Istmo es la menos explorada desde el punto de vista micológico.
- La distribución de las especies *Morchella angusticeps, M. conica, M. costata, M. elata, M. esculenta* y *Russula brevipes*, carecen de respaldos de herbario y bibliográficos.
- Los taxa más recolectados en los bosques templados de Oaxaca son *Lycoperdon perlatum, Boletus aff. edulis, Lycoperdon pyriforme, Cantharellus cibarius*, *Amanita caesarea*, *Amanita vaginata* y *Gomphus floccosus.*
- El bosque de *Pinus-Quercus* presenta el mayor número de recolectas; mientras que el de *Juniperus* carece de registros micológicos.
- Los SIG son una herramienta de gran utilidad para evaluar el estado de conocimiento de la micoflora mexicana y para la toma de decisiones complejas por parte de autoridades locales.
- El área de distribución de los taxa estudiados se ha reducido considerablemente debido al cambio de uso de suelo.
- Se recomienda el cambio de la categoría de estatus del complejo *Boletus edulis* **sujeta a protección especial.**
- Las superficies potenciales, las muy aptas y las aptas para el desarrollo del complejo *Boletus edulis* determinadas en el presente estudio, deberán ser validadas mediante exploraciones en campo. En el caso de

las muy aptas y aptas se consideran zonas propicias para el establecimiento de microreservas o áreas dirigidas a la conservación *in situ*.

REFERENCIAS

Agree, J. K., S. C. Stitt, M. Nyquist and R. Root. 1989. A geographic analysis of historical Grizzly Bear sightings in the North Cascades. Photogrammetric engineering and remote sensing. 55 (11): 1637-1642.

Aguilar-Fernández, M. 1998. Contribución al conocimiento de la micobiota (hongos comestibles) de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *In:* Memorias del III Congreso Mexicano de Etnobiología, Oaxaca. Oax. México.

Aguilar-Pascual, O. 1988. Análisis sobre la comercialización de los hongos silvestres comestibles en la Ciudad de México: correlación entre selectividad y valor nutricional. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. México. 167 p.

Ainsworth, G. C. 1973. Introduction and Keys to higher taxa. *In*: Ainsworth, G. C., F. K. Sparow, A. S. Sussman (Ed.) The fungi: An advanced treatise, IV B. Academic Press New York, NY. USA. pp. 1-7.

Alvarado L., G. y J. M. Manzola C. 1993. Análisis de la producción de hongos silvestres comestibles en dos tipos de vegetación del Campo Experimental Forestal “San Juan Tetla”, Puebla. Informe del servicio social. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México, D. F. México. 68 p. + Anexos.

Amaranthus, M. and D. Pilz. 1996. Productivity and sustainable Harvest of wild mushrooms. *In*: D. Pilz, and R. Molina (Eds). Managing forest ecosystems to conserve fungus diversity and sustain wild mushrooms harvests. Tech. Rep. PNW-GTR-371. Departament of Agriculture. Forest Service, Pacific Northwest Station. Portland, OR. USA. pp. 42-61.

Arnolds, E. 2001. The future of fungi in Europe: threats, conservation and management. *In*: D. Moore, M. Nauta, S. Evans and M. Rotheroe (Eds). Fungal Conservation. Issues and Solutions. The British Mycological Society. Cambridge. London, UK. pp. 64-80.

Aroche R. M., J. Cifuentes, F. Lorea, P. Puentes, J. Bonavides, H. Galicia, E. Menéndez, O Aguilar y V. Valenzuela. 1984. Macromicetos tóxicos y comestibles de una región comunal del Valle de México, I. Bol. Soc. Mex. Mic. 19:291-318.

Ayala, N. y G. Guzmán, 1984. Los hongos de la península de Baja California, I. Las especies conocidas. Bol. Soc. Mex. Mic. 19:73-91.

Bandala M., V., L. Montoya and I. Chapela H. 1997. Wild Edible Mushrooms in México: A Challenge and Opportunity for Sustainable Development. *In*: Palm M. E. and I. Chapela H. (Eds). Mycology in Sustainable Development: Expanding concepts, vanishing borders, Parkway Publishers, Inc. Boone, NC. USA. pp. 76-90.

Berry, J. K. and W. J. Ripple 1994. Emergence and role of GIS in natural resources. *In*: Ripple W. J., (Ed). The GIS applications book examples in natural resources: a compendim. Publisher by American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Bethesda, Md. USA. pp. 3-19.

Blanc P., P. 2001. Forest mushrooms production at a community level in southern Mexico, the case of *Boletus edulis*. Tesis de Maestría. Cranfield University at Silsoe. Bedford, UK. 73 p.

Bonham-Carter, G. F. 1991. Integration of geoscientific data using GIS. *In*: Longley, P. A., M. F. Goodchild, D. J. Maguire, D. W. Rhind, (Eds). Geographical Information Systems, Principles, Techniques, Applications and Management. Wiley & Sons. West Sussex,UK. Vol. 2: 171-184.

Boyas D., J., C. y C., Reyes, R. 1997. Instructivo técnico para regular los aprovechamientos de tierra de monte y de hoja en suelos forestales de la región central de México. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Social. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Centro. México D. F. México. 29 p.

Cantú, C. R., G. J. Wright, M. Scout and E. Strand. 2003. Assessment of current and proponed nature reserves of México base don ther capacity to Project geophysical features and biodiversity. Biological Conservation 115:411-417.

Carrillo-Terrones, A. A. 1989. Contribución a la etnomicología de San Pablo Ixayoc, Texcoco. Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México D. F. México.140 p.

Challenger, A. 2003. Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación. *In*: Sánchez, O., E. Vega, E. Peters y O. Monroy- Vilchis (Eds.). Conservación de ecosistemas templados de montaña en México. INE, SEMARNAT, U.S. Fish y Wild Life Service. México, D. F. México. pp. 17-44.

Cifuentes, J., M. Villegas y L. Pérez-Ramírez, 1984. Distribución e importancia de las especies de hongos (Macromicetos) del Parque Nacional “Cerro Garnica”, Sierra de Mil Cumbres y Parque Nacional “Insurgentes José Ma. Morelos”, Michoacán. Biología de campo. Facultad de Ciencias, UNAM. México D. F. México. 35 p.

Cifuentes, J., M. Villegas, L. Pérez-Ramírez, M. Bulnes, V. Corona, Ma. Del R. González, I. Jiménez, A. Pompa y G. Vargas, 1990. Observaciones sobre la distribución, hábitat e importancia de los hongos de los Azufres, Michoacán. Rev. Mex. Mic. 6:133-149.

Cifuentes, J., M. Villegas, L. Pérez-Ramírez, 1993. Hongos macroscópicos. *In*: Luna V., I. y B. Llorente J. (Eds). Historia Natural del Parque Ecológico Estatal Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. México. pp. 59-126.

Colón T., L. 1987. Estudio Florístico ecológico de los hongos (macromicetos) en el Parque Nacional Nevado de Toluca. Tesis de Licenciatura. Escuela

Nacional de Estudios Superiores Profesionales Iztacala, UNAM. Los Reyes Iztacala, Edo. de México. México. 96 p.

Córdova H., J. 2001. Influencia de dos tratamientos silvícolas en la micobiota de importancia económica de Ixtlán, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura en Biología. ITAO No.23. Oaxaca, Oax. México. 101 p.

Córdova H., J. 2004. Producción natural de hongos silvestres comestibles del bosque de Pino-Encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Tesis de Maestría. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. México, D. F. México. 104 p.

Córdova, J., R. Garibay-Orijel, R. Valenzuela y J. Cifuentes. 2002. Inventario de las especies de hongos comestibles del bosque de pino-encino de Ixtlán de Juárez, Oaxaca (México). *In:* Guzmán, G. y G. Mata (Eds). 2002. Estudio sobre los hongos latinoamericanos. Nanacatepec. Xalapa, Ver. México. pp.540.

Cruz, I., E. Martínez, E. Muñoz y F. Vázquez. 1997. La Biodiversidad y los Sistemas de Información Geográfica. Biodiversitas 3 (11):11-14.

Chávez-Sánchez F. 2001. Insectos y mamíferos asociados a Tricholoma magnivelare (Fungi) y alometría de carpóforos en Ixtlán, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23.Oaxaca, Oax. México. pp. 1-26.

Dangermond, J. 1991. Where is the technology leading us? *In*: Ripple, W. J. (Ed). The Gis aplications book, examples in Natural Resources: a compendium. American Society. Bethesda, Md. USA. pp. 21-25.

Davis, F. W., D. M. Stoms, J. E. Estes, J. Scepan and J. M. Scott. 1990. An information systems approach to the preservation of biologial diversity. Int. J. Geographical Information Systems. 4(1):55-78.

Daza A., M. Camacho, L. Romero de la Osa, J. Manjón, G. Moreno y C. Santamaría. 2007. Distribución espacial de la fructificación del hongo ECM comestible *Amanita ponderosa* Malençon & R. Heim durante seis años consecutivos en un encinar adehesado de la Sierra de Aracena (Huelva) Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 16(1): 89-94.

Díaz-Barriga, H. 1992. Hongos: comestibles y venenosos de la cuenca de Pátzcuaro, Michoacán. Instituto de ecología A. C. Centro Regional del Bajío. Páztcuaro, Michoacán. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán (CIDEM). Morelia, Mich. México. 148 p.

Domínguez G., J., M. 1997. Contribución al estudio etnomicológico de algunas localidades de Metzquititlan y Zacualtipan, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México D. F. México. 65 p.

Draper, D., A. Rosselló-Graell, C. Garcia, C., T. Gomes and C. Sergio. 2003. Application of GIS in plant conservation programmes in Portugal. Biological Conservation 113:337-349.

Estrada M., E. 2002. Etnomicología en torno a los volcanes Iztaccihuatl y Popocátepetl. *In*: Guzmán, G. y G. Mata (Eds). 2002. Estudio sobre los hongos latinoamericanos. Nanacatepec. Xalapa, Ver. México. pp.541.

Estrada-Torres A. 2003. Ecología de los hongos ectomicorrizógenos. *In*: A. Estrada-Torres y G. Santiago-Martínez (Editores). Avances en el estudio de la ectomicorriza en el estado de Tlaxcala. Sistema de Investigación Ignacio Zaragoza. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, Tlax. México. pp. 26-34.

Flores-Garnica, J. G. y N. P. Omi. 2002. Mapeo de combustibles forestales para simulaciones del comportamiento espacial del fuego usando estrategias de Geomática. Agrociencia 37: 65-72.

García, E. 1988. Los climas de México y cartas de clima, esc: 1:2 500 000. Proyecto y Ejecución Editorial S. A de C. V. México, DE. F.México.

García J., J. 1993. Una lista preliminar de los hongos del suborden *Boletinae* (*Basidiomycetes, Agaricales*) en el noroeste de México. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Reporte Científico. Número especial 13:116-131.

García J., J. 1999.Estudio sobre la Taxonomía, ecología y distribución de algunos hongos hongos de la familia Boletaceae (basidiomicetes, Agaricales) en México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L. México. 563 p.

García, J. y J. Castillo, 1981. Las especies de Boletáceos y Gomfidiáceos conocidas en Nuevo León. Bol. Soc. Mex. Mic. 15:121-197.

García, N. H., R. García, R. Moreno y A. González. 2002. Uso de sensores remotos y SIG para delimitar los cambios en el uso del suelo agrícola de 1970 a 1997 en el estado de Guanajuato. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. 47:97-112.

García-Padilla E. 2001. Influencia del grosor de hojarasca sobre la producción del hongo blanco de ocote (*Tricholoma magnivelare*) en la Sierra Norte de Oaxaca. Memoria de residencia profesional. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23. Oaxaca, Oax. México. 64 p.

Garibay-Orijel R. 2006. Análisis de la relación entre la disponibilidad recurso fúngico y la importancia cultural de los hongos en los bosques de Pinus-Quercus de Ixtlán, Oaxaca. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F., México. 231 p.

Garza, F., J. García y J Castillo, 1985. Macromicetos asociados al bosque de *Quercus rysophylla*, en algunas localidades del centro del estado de Nuevo León. Rev. Mex. Mic. 1:423-437.

Gispert, M. 1958. Especies del genero *Boletus* de la Sierra de las Cruces y del Desierto de los Leones, D. F. Bol. Soc. Bot. Méx. 22:28-40.

Gispert, M., O. Nava y J. Cifuentes, 1984. Estudio comparativo del saber tradicional de los hongos en dos comunidades de la Sierra del Ajusco. Bol. Soc. Mex. Mic. 19:253-273.

Gkaraveli, A., J. E. G. Good and J. H. Williams. 2002. Determining priority areas for native woodland expansion and restoration in Snowdonia Natonal Park, Wales. Biological Conservation. 115:395-402.

Gómez, C. M. y J. F. Castellanos. 1998. Caracterización ecológica para la conservación del hongo blanco Tricholoma magnivelare (Peck) Redhead, en Oaxaca. *In*: Memorias del 1er Simposio Nacional de Hongos comestibles. Pachuca, Hgo. México. pp. 79-81.

Gómez-Cárdenas M., M. Zamora Martínez, J. F. Castellanos Bolaños. 1999. Sugerencias Técnicas para la recolección del Hongo Blanco de Ocote. Folleto Técnico Forestal No. 10. INIFAP. México, D.F. México. 23 p.

González-Velázquez, A. y R. Valenzuela, 1993 Boletáceos y Gonfidiáceos del Estado de México I. Discusiones sobre su distribución en diferentes tipos de vegetación, asociaciones ectomicorrizógenas, fenología y comestibilidad. Rev. Mex. Mic. 9:35-46.

Gracia, C., L. Gil y G. Montero.2005. Impactto sobre el sector forestal. *In*. Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Ed. Ministerio del Medio Ambiente. Madrid. España. pp. 399-435.

Gulden, G., E. Bendiksen, E. Johannesen y J. Bjarne, J. 1999. Mapping of Macromycetes in Norway. Natural History Museums and Botanical Garden, University of Oslo. http/www.nhm.uio.no/botanisk/bot-mus/sopp/h-mapp.html. (mayo de 2007).

Guzmán, G. 1977. Identificación de los hongos; comestibles, venenosos, alucinógenos y destructores de madera. Ed. Limusa. México D. F. México. 452 p.

Guzmán, G. 1994. Algunos aspectos importantes en la ecología de los hongos (en especial de los macromicetos). Ecológica. 3(2):1-9.

Guzmán, G. 1998. Análisis cualitativo y cuantitativo sobre la diversidad de hongos en Méxíco. *In*: Halffter G. (Editor). La diversidad biológica de Iberoamérica II. Instituto de Ecología.Xalapa, Ver. México. pp 111-179.

Guzmán-Dávalos, L. y G. Guzmán. 1979. Estudio ecológico comprativo entre los hongos (macromicetos) de los bosques tropicales y los de coníferas del sureste de México. Boletin de la Sociedad Mexicana de Micología. 13: 89-125.

Hall I. R., A. Lyon E. J., Y. Wang and L. Sinclair, 1998. Ectomycorrhizal fungi with edible fruiting bodies. Economic Botany 52(1):44-56.

Harris, R. 2003. Remote sensing of agriculture change in Oman. Int. J. Remote Sensing. 24(23):4832-4852.

Herrera, T. y G. Guzmán, 1961. Taxonomía y ecología de los principales hongos comestibles de diversos lugares de México. An. Inst. Biól. 32:33-135.

Herrera, T. y M. Ulloa. 1990. El reino de los hongos. Micología básica y aplicada. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. México. 552 p.

Herrera F., S., M. A. Vásquez, D. y H. León. A. 1995. Hongos, un recurso alimentario y medicinal potencial para Oaxaca. In: Sociedad y naturaleza en

Oaxaca 2: Recursos vegetales. ITAO/CONACYT. Oaxaca, México pp. 81-93.

Hines W.,W, y C. Montgomery D. 1998. Probabilidad y Estadística para Ingeniería. Compañia Editorial Continental S. A de C. V. México D.F. 317 p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2006. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Oaxaca. http://www.inegi.org.mx/lib/buscador/busqueda.aspx (mayo de 2007).

Iturbe C., J. 1998. Aprovechamiento del hongo blanco en el estado de hidalgo. *In:* 1er Simposio Nacional de Hongos Comestibles. Pachuca, Hidalgo. 9-11 de septiembre. INIFAP/UAEH. pp. 71-78.

Jansen, E. and Van Dobben, H. F. 1987. Is decline of *Cantharellus cibarius* in the Netherlands due to air pollution?. Ambio. 16(4): 211-213.

Jiménez P., L. R. 1992. Acervo etnomicológico en tres poblados de la Delegación Xochimilco, Distrito Federal: Santiago Tepalcatlalpan, Santa Cruz Xochitepec y Santa Maria Tepepan. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México D. F. México. 48 p.

Kirk P.M. and A. Ansell E. (Comp.). 1992. Authors of fungal names (index of fungi supplement). International Mycological Institute. An Institute of CAB International. Kew, Surrey. UK. 95 pp.

LaGro, J. Jr. 1991. Assessing Patch Shape in Landscape Mosaics. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 57(3):285-293.

León A., H., J. González, L. y E. Estrada, L. 1992. Exploración etnobotánica de hongos comestibles silvestres de la Sierra Juárez, Oaxaca, México. *In*:Memorias de Etnobotánica 92. Córdoba, España. pp. 115.

León, G. y G. Guzmán. 1980. Las especies de hongos micorrícicos conocidas en la región de Uxpanapa-Coatzacoalcos-Los Tuxtlas-Papaloapan-Xalapa. Bol. Soc. Mex. Mic. 14:27-38.

López-Eustaquio, L. 2000. Los hongos de la familia Boletaceae *sensu lato* (Fungí, Basidiomycotina, Agaricales) de Morelos. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México D. F. México. 86 p.

Martínez-Carrera D., P. Morales, E. Pellicer-Gonzales, H. Leon, A. Aguilar, P. Ramírez, P. Ortega, A. Largo, M. Bonilla and M. Gómez. 2002. Rural Management of Matsutake mushrooms in Oaxaca, Mexico. Micologia Aplicada International, 14(2):1-18.

Martínez, L. M. y J. M. Ramírez. 1998. Unidades fisiográficas de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán bajo un sistema de información geográfica. Terra. 16(3): 195-203.

Martínez P., F., R. San Martín y A. Rubio. 2003. Hacia un modelo de producción de *Boletus edulis* Bull.: Fr. en masas ordenadas de *Pinus sylvestris* L. del sistema Ibérico Norte. *In*: Actas del I Congreso Nacional de Micología Forestal Aplicada. Soria, España. pp. 1-8.

Methodus S. C. 2000. Fortalecimiento de las iniciativas de aprovechamiento y comercialización de Especies Forestales No-Maderables (EFNM) en tres estados del Sureste Mexicano. Informe Técnico. Oaxaca, Oax. México.

Molina, R., T. O'Dell, D. Luoma, M. Amaranthus, M. Castellano and K. Russell. 1993. Biology, ecology and social aspects of wild edible mushrooms in the forests of the Pacific Northwest a preface to managing comercial harvest. Gen. Tech. Rep. PNM-GTR-309. Departament of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Portland, OR. USA. 42 p.

Montañez A., A. 1999. Análisis de la diversidad de Macromicetos que crecen en bosques de encino del Municipio Chapa de Mota, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México D. F. México. 86 p.

Montañez A., A. 2006. Contribución al conocimiento taxonómico del género *Tricholoma* (Fungi: Agaricales) en el centro de México. Tesis de maestría en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM. México D. F. México. 87 p.

Montoya-Esquivel, A. 1992. Análisis comparativo de la etnomicología de tres comunidades, ubicadas en las faldas del Volcán La Malitzin, Estado de Tlaxcala. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM. Los Reyes Iztacala, Edo. de México. México. 155 p.

Montoya-Esquivel, A. 2003. Conocimiento tradicional de los hongos ectomicorrizógenos en Tlaxcala. *In*: A. Estrada-Torres y G. Santiago-Martínez (Editores). Avances en el estudio de la ectomicorriza en el estado de Tlaxcala. Sistema de Investigación Ignacio Zaragoza. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala,Tlax. México. pp. 35-41.

Moreno R., A. 2003. Contribución al conocimiento de los Boletáceos del estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores, Iztacala, UNAM. Los Reyes Iztacala. Edo. de México. México. 54 p. + Anexos.

Moreno-Fuentes, A. 2002. Estudio etnomicológico comparativo entre comunidades Rarámuris de la alta tarahumara, en el estado de Chihuahua. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. México D. F. México. 236 p.

Moreno-Zárate, C. 1990. Los hongos comestibles: un componente de la productividad del bosque de Santa Catarina del Monte, Estado de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Edo. de México. México.141 p.

Nava M., R. J. 1990. Contribución al conocimiento fungístico de la Sierra de Nanchititla, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I. P. N. México D. F. México. 73 p.

Pardavé D., L. M. 1996. Los hongos como recurso alimenticio en Aguascalientes. Cuadernos de trabajo. Agricultura y Recursos Naturales. 37. Aguascalientes, Ags. México. 21 p.

Pedraza K., D., C. Silva B. y J. García J. 1994. Algunos hongos comestibles y tóxicos del estado de Querétaro. Secretaría de Desarrollo Social. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Qro. México. 55 p.

Pereira, J. M. and R. M. Itami. 1991. GIS-Based habitat modeling using Logistic Multiple Regresión: A study of the Mt. Gram. Red Squirrel. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 57(11):1475-1486.

Pérez-Moreno J. y D. Read. 2004. Los hongos ectomicorrÍzicos, lazos vivientes que conectan y nutren a los árboles en la naturaleza. INCI.29 (5): 239-247.

Pérez S., E. y J. Reyes, S. 1998. Macromicetos tóxicos de San Juan Mixtepec en la Mixteca Alta, Oaxaca. *In*: Memorias del III Congreso Mexicano de Etnobiología. Oax. Oaxaca, Oax. México. pp. 59.

Ponce, R. R. 2003. Distribución potencial de lagartijas del género Abronia (Squamata:Anguidae) en México y su conservación en áreas protegidas. Tesis para obtener el título de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. México. 79 p.

Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de los Recursos Forestales. (PROCYMAF). 2001. Especies con usos no maderables en los estados de Chihuahua, Durango, Michoacán, Jalisco y Guerrero. www. semarnat.gob.mx./proyectos (mayo de 2007).

Quintos, M., L. Varela y M. Valdés, 1984. Contribución al estudio de los macromicetos, principalmente los ectomicorrizicos en el estado de Durango, México. Bol. Soc. Mex. Mic. 19:283-290.

Ramos-Ramírez L. 1978. Ensayo sobre la distribución ecológica de algunos hongos (macromicetos), a lo largo de la ruta Tuxtepec-Oaxaca (Estado de Oaxaca). Tesis de Licenciaturaen Biología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN. México, D. F. México. 40 p.

Reygadas, P. D., M. C. Zamora-Martínez y F. Moreno, S. 2000. Sistemas de información geográfica para la determinación de áreas potenciales de hongos comestibles. *In:* Memorias del VII Congreso Nacional de Micología. Querétaro, Qro. Octubre. pp. 75.

Rodríguez, J. R. 2003. Descripción del uso del Sistema de Información Geográfica GRASS como herramienta en el Diagnóstico de la Vegetación. *In*: Programa: Diagnóstico de la Vegetación y Educación Ambiental en el Izta-Popo. Informe de Servicio Social. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México.México, D. F. México.

Ruan, F., R Garibay-Orijel y J Cifuentes. 2002. Aproximación al conocimiento micológico tradicional en tres regiones del sureste mexicano, a través de un estudio en mercados. *In*: Guzmán, G. y G. Mata (Eds). 2002. Estudio sobre los hongos latinoamericanos. Nanacatepec. Xalapa, Ver. México. pp. 549.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México D. F.México. 431 p.

Salcedo I., M. Gartzia, N. Rodríguez y E. Sarrionandia, 2001. Gestión y conservación de los hongos. Belarra (Barakaldo). (17-18):123-132.

Sánchez-Cordero, V., A.T. Peterson y P. Escalante-Pliego. 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. *In:* Hernández, H., M., A. N. García- Aldrete, F. Álvarez y M. Ulloa (Eds). Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad. Ediciones Científicas Universitarias, Fondo de Cultura Económica/Academia Mexicana de las Ciencias/ Instituto de Biología. UNAM. México, D.F. México. pp. 359-379.

Sánchez-Cortés. C. 2002. Hongos macroscópicos del bosque de Pino-Encino de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. Memoria de residencia profesional, Lic.

Biología. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. Oaxaca, Oax. México. 23. 83 pp.

Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-003-RECNAT-1996 que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de tierra de monte. Diario Oficial de la Federación. (6 de mayo de 1996). México, D.F. México. 6 p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección Especial especie nativas de México de flora y fauna silvestres categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. México, D.F. México.85 p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Instituto Nacional de Estadística, geografía e Informática (INEGI), Instituto Nacional de Ecología (INE) e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2004. Documento estratégico rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos. 29 p. www.conafor.gob.mx (agosto, de 2007).

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2005. Registros de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA's) referentes al manejo de hongos silvestres comestibles. Subsecretaria de Gestión para la Protección Especial. Dirección General de Vida Silvestre. Oficio No. 06690 (Documento restringido) México, D. F. México. 4 p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2006a. Anuario Estadístico de la Producción forestal 2004.México, D.F. México.161 p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2006b. Ley General de Vida Silvestre. Última reforma. Diario Oficial de la Federación. (26 de enero de 2006). México, D.F. México. 43 p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2006c. Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre. (Diario Oficial de la Federación 30 de noviembre de 2006).México, D.F México. 44 p.

Singer, R. 1986. Agaricales in modern taxonomy. Koelltz Scientist Books. Koenigstein, Germany. 981 p.

Skidmore A. K., Wietske B., Karin S. y L. Kumar. 1997. Use of remote sensing and GIS for sustainable land management. ITC Journal ¾: 302-315 .

Smith, S. E. y D. J. Read. 1997. Mycorrhyzal symbiosis. Second Edition. Academic Press. San Diego, CA. USA. 605 p.

Snell, H. W. and E. A. Dick. 1970. The Boleti of Northeastern North Americ. Verlang Von Cramer. USA. 115 p + Anexos.

Townshend J. R. G. 1991. Environmental databases and GIS. *In*: D. J. Maguire, M. F. Goodchild y D. W. Rhind (Eds). Geographical Information Systems: principles and applications Vol. 2. Longman Scientific &Technical. London. UK. pp. 201-216.

Trejo, I. 2004. Clima. *In:* García-Mendoza, A. J., M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund. México, D. F. México. pp. 67-85.

United Nations Environment Programe, World Conservation Monitoring Centre y Methodus Consultora S. C. 2003. El mercado de los hongos silvestres. Proyecto de comercialización de Productos Forestales No Maderables. Factores de Éxito y Fracaso. Oaxaca, Oax. México. 40 p.

Vásquez D., M. A., H. León, A. y S. Herrera, F. 1996. Importancia económica de macromicetos (Fungi) de dos regiones de Oaxaca. *In:* VII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. DGTA. Guanajuato, México. 65 p.

Velásquez S., A. 2004. Estudio taxonómico de los gasteromycetes del estado de Oaxaca. Tesis de licenciatura en Biología. Instituto Politécnico Nacional, ENCB. México, D. F. México. 103p.

Villarreal, L. 1994. Análisis ecológico-silvícola de la productividad natural de hongos comestibles silvestres en los bosques del Cofre de Perote, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. México. 158 p.

Villarreal, L. 1996. Los hongos Silvestres: Componentes de la biodiversidad y alternativa para la sustentabilidad de los bosques templados de México. (Informe final). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D. F. México. 88 p.

Villarreal, L. y G. Guzmán, 1985. Producción de los hongos silvestres comestibles en los bosques de México (Parte 1). Rev. Mex. Mic. 1: 51-90.

Villarreal, L. y G. Guzmán, 1986a. Producción de los hongos silvestres comestibles en los bosques de México (Parte 2). Biotica 11:271-280.

Villarreal, L. y G. Guzmán, 1986b. Producción de los hongos silvestres comestibles en los bosques de México (Parte 3). Rev. Mex. Mic. 2:259-277.

Villarreal, L. y J. Pérez-Moreno, 1989. Los hongos comestibles de México, un enfoque integral. Micología. Neotropical Aplicada 2:131-144.

Wang, Y., L. Sinclair y R. I. Hall, 1995. *Boletus edulis sensu lato*: a new record for New Zealand. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 23:227-231.

Welch, R., M. Remillard y J. Alberts. 1992. Integration of GPS, Remote Sensing, and GIS Techniques for Coastal Resource Management. Photogrammetric Engineering and Remote Sesing. 58(11): 1571-1578.

Welden L., A. y G. Guzmán, 1978. Lista preliminar de los hongos. Líquenes y mixomicetos de las regiones de Uxpanapa, Coatzacoalcos, los Tuxtlas, Papaloapan y Xalapa (parte de los estados de Veracruz y Oaxaca). Bol. Soc. Mex. Mic. 12:59-102.

White, J. D., Glenn K. y John P. III. 1995. Forest mapping at Lassen Volcanic National Park, California, using Landsat TM data and a Geographical

Information System. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 61(3):299-305.

Wu X. B., Smeins F. E. 2000. Multiple-scale habitat modelling approach for rare plant conservation. Landscape and Urban Planning. 51:11-28.

Zamora-Martínez, M. C. 1994. Guía tecnológica para la recolecta y propagación del hongo blanco de ocote (*Tricholoma magnivelare* (Peck) Redhead). Guía Tecnológica No. 3. SARH/INIFAP. México, D. F. México. 28 p.

Zamora-Martínez, M. C. 1999. Hongos Comestibles de México. *In:* Ciclo de Conferencias. "La Investigación y Educación Forestal en México" Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Subsecretaría de Recursos Naturales, Dirección General Forestal. 6 de abril al 29 de junio de 1999. México, D.F. México. pp. 87-104.

Zamora-Martínez, M. C. 2001. Propuesta para el cambio de categoría de riesgo de *Tricholoma mangivelare* (Peck) Redhead (hongo blanco de ocote). Informe técnico al Instituto Nacional de Ecología. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México D. F. México. 9 p.

Zamora-Martínez, M., C. 2002. Potencial productivo de los hongos silvestres comestibles en un bosque de Pino Nanacamilpa, Tlaxcala. (Ciclo 2001-2003). Fundación Produce, Tlaxcala, A. C. INIFAP. México, D.F. México. 30 p.

Zamora-Martínez, M. C. y C. Nieto de Pascual, P. 1995. Natural production of wild edible mushrooms in the southwestern rural territory of Mexico City, Mexico. Forest Ecology and Management 72(1995): 13-20.

Zamora-Martínez, M. C., y D. Reygadas P., L. Zamora-Martínez, F. Moreno, S., G. Alvarado, L. y J. M. Domínguez, G. 1999. Distribución conocida y potencial de 48 especies de hongos silvestres comestibles en la región central del país. (Informe final). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D. F. México. 24 p.

Zamora Martínez, M. C. y D. Reygadas, P. 2000. Distribución conocida y potencial de 48 especies de hongos silvestres comestibles en la región central de México. Informe Técnico. CONABIO/INIFAP (documento de circulación restringida).México, D.F. México. 24 p. + Anexos.

Zamora-Martínez, M. C., G. Alvarado L. y J. M. Domínguez G. 2000a. Hongos Silvestres comestibles de Tlaxcala, parte 1. SAGAR, INIFAP y Fundación Produce Tlaxcala. Folleto técnico No 21. Ciudad, Estado. México. 19 p.

Zamora-Martínez, M. C., G. Alvarado L. y J. M. Domínguez G. 2000b. Hongos silvestres comestibles, región de Zacualtipán, Hidalgo. Fundación Hidalgo Produce. INIFAP. Publicación especial No 13. México, D.F. México. pp. 5.

Zamora-Martínez, M. C., G. Alvarado L. y J. M. Domínguez G. 2000c. Producción de hongos silvestres comestibles en un bosque de pino del Volcán La Malitzin (1997-1999). *In***:** Memorias VII Congreso Nacional de Micología. Querétaro, Qro. México. pp. 83.

Zamora-Martínez, M. C., J. M. Torres, R. y L. I. Zamora-Martínez. 2001. Análisis de la información sobre productos forestales no madereros (PFNM) en México. http/www.rlc.fao.org./proyecto/rla133ec/pag/informe.htm. (marzo de 2007).

Zamora-Martínez, M. C. y C. Nieto de Pascual-Pola, 2004. Studies *of Tricholoma mangivelare* in Mexico. *Micología Aplicada Internacional.* 16(1):13-23.

Zamora-Martínez, M. C., A. Montoya-Esquivel, y C Nieto de Pascual-Pola. 2005. Potencial productivo de hongos silvestres comestibles en los bosques templados de Tlaxcala (ciclo 2004). Informe técnico anual. Marzo 22. Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR. México D. F. México. 22 p.

Sitios Web

http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/incendios_forestales/reporte_semanal2006.pdf (enero de 2007).

http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/deforestacion/cap_4.htm (CESPEDES. 2005. Incendios forestales y deforestación en México: Una perspectiva analítica (marzo de 2007).

http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/BoletusEdulis.html. Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales en México (2001). (febrero de 2006).

http://www.eoaxaca.gob.mx/web/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=21&Itemid=120 (mayo 2007).

http://www.semarnat.gob.mx/informaciónambiental/pages/sniarn.aspx (enero de 2007).

http: www. CLIMsystems.com/simclim (enero de 2007).

Bases digitales

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. 1998. Climas (escala 1:1,000,000). Conforme a García, E. 1964.

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. 1999. Uso de suelo y vegetación serie II del INEGI (escala 1:250,000).

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.2000. Eric II Documentación de la base de datos climatológica y del programa extractor. Instituto Mexicano de

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2006. Base de datos del ERIC III

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2000. División política estatal y municipal.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2000. Modelo de elevación digital (píxel de 100 x 100m).

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 1994. Edafología (escala 1:250,000).

Cartas Temáticas

Topográficas (escala 1:50000) Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática,1970.E-13-B-39
E-14-A-14
E-14-A-21
E-14-A-24
E-14-A-25
E-14-A-26
E-14-A-28
E-14-A-35
E-14-A-36
E-14-A-38
E-14-A-39
E-14-A-46
E-14-A-47
E-14-A-48
E-14-A-49
E-14-A-58
E-14-A-67
E-14-A-68
E-14-B-15
E-14-B-21
E-14-B-26
E-14-B-27
E-14-B-31
E-14-B-41
E-14-B-43
E-14-C-27
E-14-C-28
E-14-C-29
E-14-C-38
E-14-D-32
E-14-D-44
E-14-D-48
E-15-D-84
F-13-B-11
F-13-B-33
F-13-B-75
F-13-D-31
F-13-D-65
F-13-D-74
F-14-C-43
F-14-C-58
F-14-D-62
F-14-D-72

F-14-D-81
F-14-D-82
F-14-G-62
G-13-A-12
G-13-A-21
G-13-A-22
G-13-A-22
G-13-A-43
G-13-A-53
H-12-D-78

Climáticas (escala 1:500000) Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1970.

Acapulco 14Q-VII
Durango 13R-VIII
Guadalajara 13Q-IV
Hidalgo del Parral 13R-V
México 14Q-V
Oaxaca 14Q- VII
Pachuca 14Q-V
Querétaro 14Q-III
Veracruz 14 Q-VI
Villahermosa 15Q-VII
Zacatecas 13Q-

Edafología (escala 1:1000,000), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1970.

Chihuahua
Guadalajara
México
Mérida
Villahermosa

Edafológica (escala 1:250,000), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 1995.

Uso de suelo y vegetación (1,250000). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática e Instituto Nacional de Ecología. 1996.

Municipal (1,250000), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2002.

Límites estatales (1,250000), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2002.

Hidrográfica (1:4’000,000), Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. 1990.

ANEXO 1.

Mapas con la distribución conocida, a nivel municipal, de 15 especies de hongos comestibles en los bosques templados de Oaxaca.

ANEXO 2.

Mapas con la distribución potencial para 15 especies de hongos silvestres comestibles en los bosques templados de Oaxaca.

ANEXO 3.

Material de herbario consultado del complejo *Boletus edulis.*

Herbario	No. de catálogo	Colector(es)	No. de colecta	Fecha de colecta
ENCB	ND	ND	10514	15/07/1972
ENCB	ND	G. Guzmán	1902	ND
ENCB	ND	G. Guzmán	6789	21/07/1968
ENCB	ND	G. Guzmán	762	28/06/1957
ENCB	ND	García Franco	ND	12/06/1985
ENCB	ND	E. Fanti	214	17/08/1982
ENCB	ND	E. Fanti	230-A	20/08/1982
ENCB	ND	R. E. Santillán	302	02/09/1983
ENCB	ND	R. E. Santillán	350	03/09/1983
ENCB	ND	M. Palacios Rios	347	03/09/1983
ENCB	ND	Valenzuela R.	2280	01/09/1983
ENCB	ND	Guzmán-Davalos L.	908	03/09/1983
ENCB	ND	Acosta J.	150	03/06/1977
ENCB	ND	G. Guzmán.	259	01/10/1955
ENCB	ND	J. A. Sánchez Hdz.	8	jul-70
ENCB	ND	M. A. Hernández	107	10/09/1967
ENCB	ND	A. Patiño	13	08/07/1973
ENCB	ND	G. Guzmán	7485	13/07/1969
ENCB	ND	G. Guzmán	6137	26/09/1967
ENCB	ND	Lourdes Fernández	16	04/07/1982
ENCB	ND	Guzmán-Davalos L.	302	05/08/1982
ENCB	ND	G. Guzmán	3116	19/07/1962
ENCB	ND	M. E. Nuñez	5	jul-66
ENCB	ND	S. Chacón	372	10/09/1982
ENCB	ND	G. Rodríguez	1004	19/09/1982
ENCB	ND	G. Guzmán	2538	14/09/1960

Anexo 3 (continuación…)

Herbario	No. de catálogo	Colector(es)	No. de colecta	Fecha de colecta
ENCB	ND	S. Chacón	601	26/09/1982
ENCB	ND	G. Guzmán	4387	21/06/1964
ENCB	ND	A. M. Pascoe	15	07/07/1966
ENCB	ND	Antonio López González	213	08/08/1967
ENCB	ND	J. Gimate	1017	22/07/1972
ENCB	ND	A. González Velázquez	946	01/09/1988
ENCB	ND	G. Guzmán	8277	06/09/1970
ENCB	ND	G. Guzmán	11543	06/07/1974
ENCB	ND	G. Guzmán	18351-B	14/08/1980
ENCB	ND	Y. Madrigal	ND	17/11/1977
ENCB	ND	Renato Sánchez	91	28/07/1979
ENCB	ND	G. Guzmán	22750	10-12/09/1982
ENCB	ND	Walter S. Miller	ND	1959
ENCB	ND	G. Guzmán	4106	ago-63
ENCB	ND	L. Colón	611	06/11/1983
ENCB	ND	Gonzáles Fuentes	449	12/09/1983
ENCB	ND	Gonzáles Fuentes	227	18/08/1983
ENCB	ND	E. Turra	3263	20/07/1976
ENCB	ND	F. Ventura	5631	30/06/1972
ENCB	ND	F. Ventura	17429	06/06/1980
ENCB	ND	F. Ventura	16630	28/11/1979
ENCB	ND	F. Ventura	5632	30/06/1972
ENCB	ND	Salvador Acosta	323	12/08/1979
MEXU	16469	E. Pérez *et al*.	ND	28/08/1980
MEXU	19872	E. Pérez., E. Aguirre., E. Chinchilla y M. Martínez	ND	29/08/1980
MEXU	12520	E. Pérez y R. Hernández	ND	26/09/1978
MEXU	17454	E. Pérez *et al*.	ND	01/09/1983
MEXU	5011	T. Herrera	ND	01/09/1957

Anexo 3 (continuación…)

Herbario	No. de catálogo	Colector(es)	No. de colecta	Fecha de colecta
MEXU	18749	E. Pérez S., E. Aguirre y E. Chinchilla.	ND	15/08/1981
MEXU	19910	R. Aroche	ND	23/07/1982
MEXU	21981	E. Pérez., S. Cruz. A. Ocampo y E. Bárcenas	ND	27/08/1989
MEXU	3092	E. Pérez S	ND	13/06/1957
MEXU	13279	Rafael Díaz	ND	12/08/1974
MEXU	13302	Rafael Díaz	ND	14/08/1974
MEXU	12329	E. Pérez S. y R. Lamothe	ND	06/08/1978
MEXU	3320	T. Herrera	ND	21/07/1957
MEXU	3256	T. Herrera	ND	25/08/1957
MEXU	3979	B. Lowy, M. Ruíz O. y T. Herrera	ND	12/08/1962
MEXU	13020	E. Pérez S. y R. Lamothe	ND	06/08/1978
MEXU	3089	T. Herrera y O. Sánchez	ND	16/09/1956
MEXU	3345	T. Herrera	ND	28/07/1957
MEXU	4417	M. Ruíz O.	ND	11/08/1960
MEXU	12278	E. Pérez S., R. Hernández y R. Lamothe	ND	14/08/1978
MEXU	13649	E, Pérez S. y R. Hernández	ND	07/08/1979
MEXU	4016	G. Guzmán y T.Herrera	ND	03/09/1961
MEXU	13168	E. Pérez S. y R. Lamothe	ND	24/06/1979
MEXU	17140	E. Pérez *et al*.	ND	16/08/1980
MEXU	10969	E. Aguirre y J. Luis Márquez	ND	30/05/1976
MEXU	10355	R. Lamothe y E. Pérez S.	44	28-29/07/1976
MEXU	13565	E. Pérez y R. Hernández	ND	03/08/1979
MEXU	13536	E. Pérez y R. Hernández	ND	05/08/1979
MEXU	5541	R. Riba., Ma Estela R de Riba y C.M.	ND	08/08/1965
MEXU	13341	E. Pérez y R. Lamothe	ND	19/10/1979
MEXU	21613	E. Pérez., H. Luna., R. Valenzuela., S. Cruz y A. Ramírez	ND	26/07/1987
MEXU	10401	R. Lamothe y E. Pérez S.	64	30/07/1976
MEXU	10817	A. Delgado y R, Hernández	2526	16/07/1976

Anexo 3 (continuación…)

Herbario	Herbario	Herbario	Herbario	Herbario
MEXU	10986	E. Pérez S.	ND	03/07/1976
MEXU	10952	E. Pérez S.	ND	03/07/1976
MEXU	10951	Rafael Lamothe	ND	30/07/1976
MEXU	10787	E. Pérez S.	ND	03/07/1976
MEXU	10826	R. Lamothe	ND	03/06/1976
MEXU	10101	Díaz, Alvarez y Guerrero	37	19/06/1974
MEXU	16513	E. Pérez *et al.*	ND	13/09/1980
MEXU	5177	T. Herrera, R. Hernández y M. Ulloa	ND	09/07/1966
MEXU	5821	T. Herrera, R. Hernández y M. Ulloa	ND	10/07/1966
FCME	16342	Moreno Fuentes Ángel	567	11/08/1998
FCME	15319	Moreno Fuentes Ángel	378	10/08/1997
FCME	15347	Garibay O.	81	11/08/1997
FCME	9981	Moreno Fuentes Ángel	370	09/08/1997
FCME	5717	Moreno Fuentes Ángel	I-1	03/08/1992
FCME	4730	Nava Juárez O.	ND	09/08/1983
FCME	4732	Nava Juárez O.	ND	10/08/1983
FCME	1967	Cifuentes B. J.	763	19/08/1980
FCME	7244	Guerrero Arenas y Moreno Fuentes	247	04/09/1995
FCME	8543	Villegas Ríos M.	1828	23/08/1996
FCME	1480	Gutiérrez Ruíz Jaime	ND	22/09/1981
FCME	1534	Martha Lucero A.	ND	06/08/1981
FCME	1536	Silvia G. Capello	84	11/07/1981
FCME	10249	Gutiérrez Ruíz Jaime	ND	21/09/1981
FCME	10253	Hernández O.R.	ND	21/09/1981
FCME	10406	Maura Muñoz Medina	ND	12/07/1980
FCME	10872	Hernández	ND	17/07/1982
FCME	10876	Luna Hernández	ND	02/07/1982
FCME	12623	Pérez Ramírez	384	05/07/1982

Anexo 3 (continuación…)

Herbario	Herbario	Herbario	Herbario	Herbario
FCME	12664	Ortíz Flores M.E.	ND	07/07/1984
FCME	12718	Ortíz Flores M.E.	ND	07/07/1984
FCME	12729	Navarrete Heredia	ND	09/07/1984
FCME	12900	Ortíz Flores M.E.	ND	13/08/1984
FCME	13146	Pérez Ramírez	561	20/08/1985
FCME	13458	De Gortari y Villegas R. M.	348	29/09/1985
FCME	13730	Sánchez S., y Villegas	689	03/07/1986
FCME	1665	Cifuentes B.J.	555	28/07/1980
FCME	10911	Pérez Ramírez	293	26/08/1981
FCME	11663	Arias Montes Salvador	ND	18/08/1983
FCME	11681	García Aguayo Ándres	ND	28/07/1983
FCME	11708	Padilla H. Francisco	ND	28/07/1983
FCME	13951	Bulnes y Cifuentes	2696	25/07/1987
FCME	17061	Sierra Galván	724	15/07/1999
FCME	3966	López Rosas y Pérez Ramírez	1400	01/08/1981
FCME	4957	Sierra Galván	69	04/07/1992
IZTA	ND	Camarrillo-Chacón	34	21/10/1981
IZTA	2140	Estrada M.J.C.	ND	13/07/1986
IZTA	2132	V. Rivera	ND	06/06/1982
IZTA	2135	Estrada Torres	99	27/06/1981
IZTA	2138	Moreno Trejo A.	35	25/08/1984
IZTA	2141	Gilberto Olvera	5	16/08/1986
IZTA	3139	Fco. Jímenez	ND	09/08/1986
IZTA	2128	Gaytán Borgoñón	ND	31/07/1982
XAL	ND	J. E. Laferriere	818	17/08/1987
XAL	ND	G. Guzmán	32300	17/06/1998
XAL	ND	G. Guzmán	33091	07/07/1999
XAL	ND	G. Guzmán	33137	ND

Anexo 3 (continuación…)

Herbario	Herbario	Herbario	Herbario	Herbario
XAL	ND	F. Ventura	17422	06/07/1980
XAL	ND	L. Centurión	101	ND
XAL	8343	Carlos Cuevas Suárez	531	11/07/2001
XAL	ND	G. Guzmán	30380	18/09/1991
XAL	ND	L. Villarreal	2508	19/06/1986
XAL	ND	L. Villarreal	749	29/09/1983
XAL	ND	L. Villarreal	476	21/07/1983
XAL	ND	F. Tapia	262	01/10/1990
XAL	ND	L. Villarreal	511-A	04/08/1983
XAL	ND	A. López	536	02/07/1976
XAL	ND	L. Villarreal	1486	10/09/1984
XAL	ND	L. Villarreal	1305	16/07/1984
XAL	ND	D. Fernández	942	21/09/1995
XAL	ND	Díaz	4	10/07/1993
XAL	ND	L. Villarreal	481	28/07/1983
XAL	ND	L. Villarreal	694	14/09/1983
XAL	ND	J. Rico	967	21/09/1995
ITAO	827	T. Avendaño-Calvo	1	06/08/2002
ITAO	752	Vásquez Dávila Marco A.	ND	29/08/2002

ANEXO 4.

Vegetación asociada al complejo *Boletus edulis* en México.

Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Referencia
Pinus rudis Lindl. *P. leiophylla* Schltld. *et* Cham. *P. teocote* Schltld. *et* Cham. *Quercus texcocana* Trel. *Q. crassipes* Humb. *et* Bonpl. *Q. rugosa* Née. *Q. mexicana* Humb. *et* Bonpl. *Arbutus xalapensis* HBK.	ND	ND	Frutis (1982)
Pinus montezumae Lamb. *P. leiophylla* Schltld. *et* Cham. *Alnus jurollensis* HBK.	ND	*Senecio callosus* Sch. Bip. *S. salignus* DC. *Oenothera laciniata* Willd.	Aroche *et al*. (1984)
Quercus rysophylla Weath. *Q. canby* Trel. *Q. coccolobaefolia* Trel. *Q. polymorpha* Schltld. *et* Cham. *Pinus teocote* Schltld. *et* Cham. *P. montezumae* Lamb.	ND	ND	Garza *et al*. (1985)
Pinus patula Schltld. *et* Cham.	*Baccharis conferta* HBK. *Pernettya ciliata* Schltld. *et* Cham.	*Salvia elegans* Vahl. *Alchemilla pectinata* HBK. *Chimaphilla umbellata* (L.) Barton	Villarreal y Guzmán (1985, 1986a y 1986b)

Anexo 4 (continuación…)

Pinus hartwegiii Lindl. *Abies religiosa (*HBK.) Schltld. *et* Cham.	ND	ND	Colón (1987)
Pinus ponderosa var. arizonica Schaw.	ND	ND	Pérez-Silva y Aguirre-Acosta (1987)
P. arizonica Engelm. *P. leiophylla* Schltld. *et* Cham. *P. lumholtzii* Robinson *et* Fern. *P. ayacahuite* Schltld. *Quercus arizonica* Sarg. *Q, crassifolia* Humb. *et* Bonpl. *Q. omisa* A. DC. *Q.laurifolia* Michx.			Pérez-Silva y Aguirre-Acosta (1987)
Pinus hartwegii Lindl.	ND	ND	Carrillo-Terrones (1989)
Pinus pringlei Shaw. *Quercus urbanii* Trel. *Q. castanea* Née. *Q. glaucoides* Mart. *et* Gal.	ND	ND	Nava (1990)

Anexo 4 (continuación...)

Pinus hartwegii Lindl.	ND	*Eupatorium prunellifolium* HBK. *Geranium potentillifolium* DC. *Penstemon gentianoides* HBK. *Lupinus campestris* Cham. et Schltld. *Alchemilla procumbens* Rose *Muhlenbergia guadridentata* (HBK.) Kunth	Moreno-Zárate (1990)
*Abies religiosa (*HBK.) Schltld. *et* Cham. *Pinus montezumae* Lamb.	ND	ND	Nava (1991)
*Abies religiosa (*HBK.) Schltld. *et* Cham. *Pinus montezumae* Lamb. *P. ayacahuite* Schltld. *Alnus jorullensis* ssp*. jorullensis* (HBK.) Fern.	*Cestrum terminale* Dunal *Symphoricarpus microphyllus* Kunth	ND	Alvarado y Manzola (1993)
Pinus patula Schltld. *et* Cham. *P. ayacahuite* Schltld. *Arbutus xalapensis* HBK. *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis* (HBK.) Fern.	*Baccharis conferta* HBK. *Budleia parviflora* HBK. *Senecio sinuatus* HBK.	*Acaena elongata* L. *Alchemilla aphanoides* Mutis *A. pectinata* HBK. *Chimaphilla umbellata* (L.) Barton *Pernettia ciliata* Small *Salvia laevis* Benth.	Villarreal (1994)

Anexo 4 (continuación...)

Quercus. candicans Née. *Q. conspersa* Benth. *Q. crassifolia* Humb. *et* Bonpl. *Q. crassipes* Humb. *et* Bonpl. *Q. greggii* Trel. *Q. laeta* Liebm. *Q.microphylla* Née. *Q. pulchella* Humb. *et* Bonpl.	ND	*ND*	Pedraza *et al*. (1994)
Q. rugosa Née. *Pinus patula* Schltld. *et* Cham. *P. rudis* Lindl. *P. teocote* Schltld. *et* Cham. *Arbutus glandulosa* Mart. & Gal.	ND	ND	Pedraza *et al*. (1994)
Pinus patula Schltld. *et* Cham. *P. teocote* Schltld. *et* Cham. *Arbutus xalapensis* HBK.	ND	ND	Domínguez (1997)
Pinus montezumae Lamb. *P. patula* Schltld. *et* Cham *P. hartwegii* Lindl.	ND	ND	Zamora-Martínez *et al*. (2000a)
Pinus patula Schltld. *et* Cham. *P. pseudostrobus* Lindl.	ND	ND	Zamora-Martínez *et al*. (2000b)

Anexo 4 (continuación...)

Pinus rudis Lindl *P. patula* Schltld. *et* Cham. *P. oaxacana* Mirov. *P. teocote* Schltld. *et* Cham. *Arbutus glandulosa* Mart. & Gal.	ND	ND	Blanc (2001)
Abies religiosa (HBK.) Schltld. *et* Cham.	ND	ND	Zamora-Martínez *et al.* (2005)

ND= Información No Disponible.

ANEXO 5.

Aplicación del MER. En el MER se consideran los siguientes cuatro criterios de evaluación:

Criterio A. Amplitud de la distribución del taxón en México. Es el tamaño relativo del ámbito de distribución natural actual en México; considera cuatro gradaciones:

I) Muy restringida = 4; Se aplica tanto para especies microendémicas como para especies principalmente extralimitales con escasa distribución en México (menor a 5% del territorio nacional)
II) Restringida = 3; Incluye especies cuyo ámbito de distribución en México se encuentra entre el 5 y el 15% del territorio nacional
III) Medianamente restringida o amplia = 2; Incluye aquellas especies cuyo ámbito de distribución es mayor que el 15%, pero menor que el 40% del territorio nacional
IV) Ampliamente distribuidas o muy amplias = 1; Incluye aquellas especies cuyo ámbito de distribución es igual o mayor que el 40% del territorio nacional

Criterio B. Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón. Es el conjunto actual estimado de efectos del hábitat particular, con respecto a los requerimientos conocidos para el desarrollo natural del taxón que se analiza, en términos de las condiciones físicas y biológicas. No determina la calidad de un hábitat en general. Cuando una especie sea de distribución muy amplia, se hará una estimación integral del efecto de la calidad del hábitat para todo su ámbito. Considera tres valores:

I) Hostil o muy limitante = 3
II) Intermedio o limitante = 2
III) Propicio o poco limitante = 1

Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón. Es el conjunto de factores relacionados con la historia o forma de vida propios del taxón, que lo hacen vulnerable. Dependiendo de la disponibilidad de información específica, algunos ejemplos de tales factores pueden ser: estrategia reproductiva, parámetros demográficos más relevantes, historia de vida, fenología, intervalos de tolerancia, parámetros fisicoquímicos, aspectos alimentarios, variabilidad genética, grado de especialización, tasa de reclutamiento, efecto nodriza, entre otros. El MER considera tres gradaciones numéricas de vulnerabilidad:

I) Vulnerabilidad alta = 3
II) Vulnerabilidad media = 2
III) Vulnerabilidad baja = 1

Criterio D. Impacto de la actividad humana sobre el taxón. Es una estimación numérica de la magnitud del impacto y la tendencia que genera la influencia humana sobre el taxón que se analiza. Considera aspectos como la presión por asentamientos humanos, fragmentación del hábitat, contaminación, uso, comercio, tráfico, cambio del uso de suelo, introducción de especies exóticas, realización de obras de infraestructura, entre otros. Se asignan tres posibilidades:

I) Alto impacto = 4
II) Impacto medio = 3
III) Bajo impacto = 2

Se establecen los siguientes intervalos de asignación a categorías de riesgo:

- Una especie o población cuya suma total se sitúe entre 12 y 14 puntos,será considerada como en peligro de extinción.
- Aquélla cuya suma total de puntos se halle entre 10 y 11 se considerará como amenazada.