

University of Nebraska - Lincoln

DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln

Estudios en Biodiversidad

Parasitology, Harold W. Manter Laboratory of

2015

La biodiversidad de los hongos ectomicorrízicos y su importancia para la conservación del bosque en la zona poblana del Parque Nacional Malintzi

Marco Antonio Marín-Castro
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Virginia Silva-Díaz
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Gladys Linares-Fleites
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Ana María Castagnino
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

José Antonio Ticante-Roldán
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Follow this and additional works at: <https://digitalcommons.unl.edu/biodiversidad>



Part of the [Biodiversity Commons](#), [Botany Commons](#), and the [Terrestrial and Aquatic Ecology Commons](#)

Marín-Castro, Marco Antonio; Silva-Díaz, Virginia; Linares-Fleites, Gladys; Castagnino, Ana María; and Ticante-Roldán, José Antonio, "La biodiversidad de los hongos ectomicorrízicos y su importancia para la conservación del bosque en la zona poblana del Parque Nacional Malintzi" (2015). *Estudios en Biodiversidad*. 17.

<https://digitalcommons.unl.edu/biodiversidad/17>

This Book Chapter is brought to you for free and open access by the Parasitology, Harold W. Manter Laboratory of at DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln. It has been accepted for inclusion in Estudios en Biodiversidad by an authorized administrator of DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln.

La biodiversidad de los hongos ectomicorrízicos y su importancia para la conservación del bosque en la zona poblana del Parque Nacional Malintzi

Marco Antonio Marín-Castro, Virginia Silva-Díaz, Gladys Linares-Fleites, Ana María Castagnino, y José Antonio Ticante-Roldán

Resumen

El Parque Nacional Malintzi comprende una superficie de 45,852 hectáreas, de las cuales corresponden 14,544 al estado de Puebla. El deterioro a su riqueza forestal tiene sus inicios desde la época colonial y hasta nuestros días la presión sobre los recursos de este parque nacional aumenta debido a que los pobladores de la zona, tradicionalmente ven en la montaña su fuente de sustento mediante la agricultura y la extracción de madera, que aunadas a la tala clandestina inmoderada, han influido drásticamente en la pérdida de biodiversidad y cambio de uso del suelo. Los objetivos de este trabajo fueron describir la distribución espacial de los hongos macroscópicos, y su relación poblacional con respecto a la perturbación del ecosistema. La colecta de individuos, para conformar un herbario. Generar el cultivo del micelio o germoplasma, en el laboratorio registrando los parámetros físicos y condiciones nutrimentales que permitieran esta acción. Los puntos de muestreo se señalaron por el sistema GPS y se realizó la gráfica de distribución poblacional de una especie micorrízica. Entre los puntos de muestreo se examinó la aleatoriedad espacial completa, estimando la intensidad del patrón de puntos espaciales y la no existencia de interacciones entre ellos. La validez de las hipótesis planteadas se probó con las herramientas estadísticas del módulo S+SPATIALSTATS del sistema computacional S-PLUS 2000.

Palabras clave: Preservación, Germoplasma, Distribución espacial

Introducción

La situación actual de los bosques en México y el Mundo

Actualmente los bosques cubren más de la cuarta parte de las tierras emergidas, la mitad de ellos están en los trópicos; y el resto en las zonas templadas y arbóreas. Siete países albergan más del 60% de la superficie forestal mundial: Rusia, Brasil, Canadá, Estados Unidos, China, Indonesia. La mitad de los bosques que una vez cubrieron la tierra, 29 millones de Km², han desaparecido, y lo más importantes en términos

de biodiversidad, cerca del 78% de los bosques primarios han sido ya destruidos y el 22% restante está amenazado por la extracción de madera (INI-PNUD, 2000; FAO, 2012).

Los bosques más amenazados en términos relativos no son los tropicales, como podría pensarse por su diversidad, sino los bosques templados. Los bosques boreales son los mejores conservados y hoy representan el 48 % de la frontera forestal, frente al 44% de los bosques tropicales y apenas un 3% de los bosques templados.

Por lo menos 5 millones de Km² de bosques fueron

talados, sólo entre 1960 y 1995, una superficie de equivalente a 10 veces España, África y América latina perdieron el 18% cada una. Durante la primera mitad de los años noventa, más de la mitad de la pérdida neta durante 1980 y 1995 tuvo lugar en solo siete países. Brasil, Indonesia, Congo, México, Venezuela y Malasia, como se puede observar, los bosques secos, los Manglares y los bosques templados han experimentado pérdidas muy altas (FAO, 2012).

Al comenzar el siglo XXI se ha registrado una pérdida neta anual de 113 millones de hectáreas de bosques, según la FAO esta superficie se ha determinado a otros usos (Boa, 2005).

Las amenazas a los bosques no son simples amenazas a los árboles, cuando desaparecen los árboles también desaparece todo lo que depende de ellos, desde microorganismos hasta flora y fauna.

Condiciones sociales de los bosques en México

Dos condiciones sociales son características de la situación de los bosques de México: la pobreza en que viven la gran mayoría de sus habitantes, y el carácter social de su tenencia. De principio los bosques mexicanos son bosques habitados, en los que viven casi 18 millones de personas en su mayoría indígenas, dependen directamente de los recursos forestales para sobrevivir y cuyas condiciones de vida se encuentran entre las de mayor pobreza en el país. Para esta población que se dedica a la agricultura de subsistencia, los bosques son un recurso fundamental, ya que constituyen fuentes de combustible, materiales de construcción, plantas de uso alimenticio y medicinal y piezas de caza, de los bosques estas poblaciones obtienen también recursos maderables y no maderables que destinan al mercado y que representan para ellas fuentes de ingresos suplementarios (FAO, 2010).

Las condiciones de tenencia de la tierra de los bosques mexicanos son particulares, únicas en el contexto internacional, ya que mientras en la mayoría del los países del mundo los bosques están en manos privadas o de los estados, en el país el 80 % de ellos es propiedad de ejidos y comunidades indígenas, el 15% es propiedad privada, y pertenece a pequeños propietarios con extensiones de menos de 20 ha, y 5% son terrenos nacionales. El carácter social de la propiedad de la tierra forestal en México implica un punto de partida insostenible para la definición de políticas y estrategias de conservación y manejo de

los recursos. Las comunidades y ejidos forestales del país son 8,417, sin embargo únicamente en 421 de ellos la forestería es la actividad económica más importante, para el resto el aprovechamiento del bosque tienen importancia secundaria, como complemento de la agricultura y la ganadería (INEGI, 1990; INI-PNUD, 2000).

Los bosques en México y sus recursos no maderables

Por lo general, cuando se habla de bosques y selvas se piensa sólo en árboles y en la madera que de ellos se extrae. Esta visión, herencia de una forma errónea de ver la naturaleza y de los viejos modelos extractivos de explotación de los recursos naturales, deja de lado a la mayoría de las especies animales y vegetales que junto con los árboles, constituyen lo que se conoce como ecosistemas forestales. En dichos ecosistemas existe un sinnúmero de plantas y animales que, asociados con los árboles de valor comercial reconocido o maderables, aportan numerosos bienes y servicios como: productos alimenticios, forrajes, materiales para curación, construcción, retención de agua, captura de carbono, extracción de materias primas y principios activos, o simplemente como refugio de otras especies. Todos estos organismos forman parte de complejas redes de relaciones biológicas, mismas que crean las condiciones necesarias para el equilibrio y la preservación de los ecosistemas forestales en bosques, selvas y semidesiertos (Boa, 2005).

Gran número de esas plantas y animales han sido aprovechados históricamente por los pueblos campesinos indígenas, éstos han generado sistemas tradicionales de saberes sobre manejo, uso y propiedades. Incluso han establecido normas y restricciones para controlar su extracción, buscando con ello evitar que se extingan. Gran cantidad de especies se comercializan en mercados regionales y una pequeña cantidad de ellas han pasado a venderse en circuitos nacionales e inclusive internacionales. Es a esta amplia gama de individuos animales y vegetales, y a los bienes e insumos que se extraen de ellos aprovechados hoy y con grandes potenciales de aprovechamiento a futuro que forman parte de los ciclos productivos, alimenticios, religiosos y culturales de los pueblos rurales, se les a denominamos genéricamente: productos forestales no maderables (PFNM) (Boa, 2005).

Parque Nacional Malintzi

El parque nacional, Malintzi, Matlalcuéyatl o Malinche (La de faldas azules, en nahuatl), se ubica en la zona central oriente de México formando parte de la Cordillera Neovolcánica y se considera la montaña aislada más significativa del país. El 6 de Octubre de 1938 la montaña fue declarada como área natural protegida con el carácter de Parque Nacional, con el propósito de salvaguardar los ecosistemas forestales en beneficio de las comunidades rurales, y para la protección del área de recarga de los acuíferos del valle Poblano y Tlaxcalteca. El parque comprende una superficie total de 45,852.45 ha, de las cuales 31,418.638 corresponden al estado de Tlaxcala y 14,433.81 al estado de Puebla. Es el quinto con mayor extensión de los 85 parques nacionales considerados en el país. Puebla y Tlaxcala están considerados en su totalidad dentro de la provincia del eje neovolcánico y la subprovincia de los lagos y volcanes de Anáhuac. Esta subprovincia está integrada por grandes sierras volcánicas o volcanes individuales, de los cuales la Malintzi es considerada como una ruina volcánica, el muñón erosionado de lo que fue en otros tiempos un gran volcán. Sus faldas inferiores se tienden radialmente con pendientes poco pronunciadas, en tanto sus laderas centrales, a partir de 3,300 msnm, son muy pronunciadas y se elevan hasta los 4,461 msnm (SARH, 1993; SEMARNAP, 1996).

Flora del parque

El Parque Nacional Malintzi esta en la región Neotropical, ubicado en la zona xerófito mexicana, y en la provincia de la altiplanicie. La cual se extiende desde Chihuahua y Coahuila hasta Jalisco, Michoacán, Estado de México, Tlaxcala y Puebla (Rzedowski, 1978).

Los gobiernos de los estados de Puebla (1999) y Tlaxcala (2001), a través de sus instancias gubernamentales, han incluido al parque dentro de sus programas de desarrollo, y fue hasta el año 2001 en que ambos gobiernos presentaron un programa de manejo integral (SEGOB, 2002). A partir del inventario forestal de INEGI en el año 2000, se considera que los tipos de vegetación localizados dentro de la poligonal y área de influencia de la montaña son: bosque de pino, de oyamel, de encino, de pino-encino, de encino-aile, de pino-encino-oyamel, de pino-encino-aile, así como pastizal natural, páramo de altura, agricultura de temporal y riego. A continuación se hace una descripción breve de la flora presente en la montaña.

Bosque de pino: esta vegetación se caracteriza por la dominación de especies arbóreas pertenecientes al género *Pinus* (Pinaceae). Los pinares, en general, son comunidades muy características de las montañas de México y se les encuentra también en varias partes de los estados de Puebla y Tlaxcala. Esta comunidad se encuentra en el volcán a altitudes que van desde los 4,200 a los 2,500 msnm, aunque en algunos casos tiende a ocupar altitudes más bajas. Los pinares son casi exclusivamente dominados por *Pinus leiophylla*. Aunque en la mayoría de los casos se trata de un bosque mixto y casi en su totalidad se encuentra desplazado por la agricultura de temporal, existiendo solo un pequeño remanente situado en alguna barranca y zonas donde el suelo carece de vocación agrícola. Además de la especie citada es posible observar *Quercus crassipes*, *Juniperus deppeana*, *Prunus serotina* y *Buddleia cordata*, entre otros. Entre los 2,500 msnm, los pinares son casi exclusivamente dominados por *P. montezumae*, este es moderadamente alto (20-30 m), donde y con bastante frecuencia forman un cinturón continuo entre dicho rango latitudinal, aunque en ocasiones entran en su composición *Pinus pseudostrobus*, *P. teocote*, *Alnus jorullensis*, *Abies religiosa*, *Quercus laurina*, *Q. crassipes* y *Arbutus xalapensis*. Es muy frecuente observar árboles de *P. montezumae* y *P. pseudostrobus* parasitados por *Arceuthobium vaginatum*; *P. teocote* por *A. gollii*; y *Alnus jorullensis* por *Phoradendron velutinum*.

Los pinares de mayor altitud son los dominados por *P. hartwegii*; se desarrollan entre los 3,500 msnm y 4,200 msnm, que corresponde a la parte alta y fría de la montaña. Este bosque constituye el límite altitudinal superior de la vegetación arbórea, en general un bosque puro.

Bosque de Oyamel: Esta comunidad bien definida desde los puntos de vista fisiológico, ecológico y florístico se presenta en altitudes que van desde los 2,800 y 3,500 msnm, a veces sobrepasando un poco estos límites, casi siempre sobre suelos derivados de sedimentos aluviales, poco desarrollados profundos y gravosos, localmente con bloque de roca. Esta comunidad se encuentra formando manchones representativos en las barrancas situadas alrededor del volcán, tales como: Cañada grande, Barranca nexa, Barranca Briones y Barranca Huetziatl entre otras. En la mayoría de los casos se trata de un bosque mono específico con un estrato arbóreo, donde como único compuesto se encuentra *Abies religiosa*. Por lo general la

altura del bosque oscila entre 10 y 25 m, pero en ocasiones se han observado árboles viejos de hasta 35 m como con un grosor de casi un metro.

Bosque de Encino: Los encinares guardan relaciones estrechas con los pinares con los que comparten infinitudes ecológicas, por lo que es común encontrar bosques formados por ambos elementos. Esta comunidad habita desde los 2,200 hasta los 2,800 msnm, de altitud y no es del todo continua ya que en algunas partes, dominan únicamente los pinares debido por un lado a las condiciones microclimáticas y edáficas y por otro lado la intervención del hombre. En altitudes por debajo de los 2,500 msnm, los árboles dominantes son con frecuencia *Quercus laurina* y *Q. crassifolia*. A menudo *P. leiophylla* forma parte de la asociación. Estos encinares en su mayoría se encuentran fuertemente perturbados y solo se les encuentra habitando en pequeñas barrancas.

Pastizal Natural: (zacatonal): bajo el rubro de pastizales se consideran los tipos de vegetación en el que predominan las gramíneas. Indudablemente se trata de una comunidad secundaria favorecida por el disturbio, esta formación vegetal se presenta en forma de manchones relativamente pequeños en altitudes desde 2,600, hasta los 3,800 msnm, siendo más frecuente encontrar a esta comunidad ocupando los claros en medio del bosque de pino y oyamel. En general tiende a ocupar suelos profundos y ricos en materia orgánica. Las especies más comunes son *Festuca toluensis*, *Muhlenbergia macroura*, y *Stipa ichu*.

Chaparral: esta comunidad, se trata de una agrupación densa de encinos bajos y delgados que brotaron a partir de tocones, siendo el más común *Q. laurina*. Así como otras especies arbustivas como *Ceanothus coeruleus*, *Arctostaphylos discolor*, y *Baccharis conferta*. Este chaparral solo se encuentra en una pequeña porción al sur del volcán a los 3,300 msnm, en el estado de Puebla; es una comunidad secundaria que surgió después de una tala total y un incendio que dejó la superficie desprovista de vegetación, y que propició las condiciones para el establecimiento de dicha comunidad.

Páramo de Altura: (zacatonal alpino): este tipo de vegetación se presenta en las partes más altas del volcán entre los 4000-4300 msnm, constituyendo la vegetación de la cima, donde la insolación y el viento son intensos, por lo que la evaporación es alta, la

temperatura extrema, el suelo arenoso y pobre en materia orgánica con abundantes afloramiento rocosos que hacen de este paraje un lugar inhóspito; siendo la baja temperatura el factor limitante más importante. El cual constituye el filtro que pocas especies pueden resistir (Rzedowski, 1978; SARH, 1993; INEGI, 2000).

Recursos no maderables del Parque

Estos recursos naturales también generan recursos económicos por lo que son consumidos y aparte de su valor económico, estos producen adicionalmente otros beneficios tales como los servicios ambientales (captura de agua, protección de suelos, captura de carbono etc.) y la conservación misma de la biodiversidad. El aprovechamiento de los productos forestales no maderables (PFNM), no se basa en algún tipo de vegetación en particular, estos recursos incluyen a diversas partes de las plantas como: hojas, frutos, gomas, ceras, fibras, suelo, corteza, raíces, así como diferentes tipos de hongos. Para la mayoría de estos recursos su aprovechamiento se realiza por recolección (extractivismo) y es terminal, en otros casos se siguen procedimientos de recolecta en los que incluso se ponen en riesgo la capacidad reproductora de las plantas a largo plazo; porque se destruye o altera el hábitat o micro hábitat de las especies, o bien, porque el aprovechamiento es tan intensivo, que elimina en una superficie considerable a ciertos individuos y en ocasiones a especies completas, como sucede en el parque Malintzi. Varios estudios demuestran que el aprovechamiento de los PFNM proporciona las utilidades más bajas por unidad de área dentro del bosque, esta condición obliga a los colectores a sobre explotar el inventario, buscar nuevas actividades o bien manipular el bosque para obtener mejores utilidades.

Dentro de los trabajos que se están realizando por parte de la Comisión Estatal Forestal y de la Fauna Silvestre, con respecto a la conservación del parque, además de realizar reforestaciones con plántulas procedentes de otros bosques y viveros del país, no se están tomando en cuenta las consecuencias que trae consigo la pérdida de la micobiota nativa, la importancia en especial de las especies micorrizógenas que están asociadas a las plantas nativas, tampoco la recolección indiscriminada de hongos comestibles y destrucción de los no comestibles por parte de los pobladores de la montaña, los estados de Tlaxcala y Puebla no han tomado como punto esencial la prevención de esta extracción de material no maderable

y su importancia en la renovación del bosque de una manera seria (SEMARNAP, 1996; Cruz, 1992; García y Garza, 2001).

Los hongos ectomicorrízicos

Existe una faceta de los hongos, que desafortunadamente es poco conocida, pero si existiera una adecuada divulgación aportaría grandes beneficios a la agricultura, a las prácticas forestales para la recuperación de bosques, al mantenimiento del equilibrio de ciertos ecosistemas y a la disminución de la contaminación provocada por el uso indiscriminado de fertilizantes químicos. Una micorriza (del griego *mykes*: hongo y *rhiza* = raíz) es una asociación íntima (simbiosis) entre ciertos hongos nativos del suelo y las raíces de la mayoría de las plantas. La palabra fue acuñada por primera vez por Frank en 1885, para describir la unión de dos seres (hongo-planta), que forman una nueva estructura funcional altamente evolucionada, en donde la planta recibe nutrimentos minerales y agua, proporcionados por el hongo, mientras que este último obtiene los nutrimentos productos de la fotosíntesis (alimentos que la planta fabrica con la luz solar, agua y minerales), es decir las micorrizas constituyen el enlace entre los organismos fotosintetizadores y los que se nutren por absorción.

El tipo de micorriza, objeto de este estudio es la ectomicorriza, la cual se calcula es formada por solamente alrededor del 3% de las plantas conocidas, muchas de ellas de importancia forestal, frutícola y ornamental. Están formadas por hongos que producen carpóforos macroscópicos en los cuales se desarrollan millones de esporas. Las estructuras de estos hongos jamás penetran al interior de las células radicales, solamente forman estructuras miceliarias que envuelve por completo las raíces y que son conocidas como manto fúngico. Las ectomicorrizas se forman por la asociación de las raíces de árboles y plantas leñosas, principalmente en coníferas. La asociación, es un tipo de simbiosis mutualista cuya permanencia garantiza el desarrollo, crecimiento y la supervivencia de las especies participantes.

Las ectomicorrizas son muy específicas esto quiere decir que una especie de hongo solo puede vivir con algunas pocas especies de plantas, formando un manto. Aproximadamente del 3% de las plantas que forman este tipo de micorrizas, entre ellas destacan: pino, abedul, roble y eucalipto (Pinaceae, Betulaceae y Fagaceae) (Cruz, 1992; Villareal-Ruíz, 1996; Varma, 1998).

Importancia ambiental del parque

El recurso más importante que genera este importante volcán de 4,461 metros de altura, es el agua, casi todo el estado de Tlaxcala depende de él, así como el 80 % del municipio de Puebla. La Malintzi es el factor más importante para el clima de la zona, los árboles y agua juegan un papel fundamental en ello, pero la sola presencia física del volcán en buena parte lo determina.

De no existir este edificio natural, Tlaxcala y Puebla tendrían un clima, seco y semidesértico como el de Tecamachalco u Oriental, ambos municipios de Puebla.

Este Volcán condensa la humedad y determina el régimen de lluvias y de los vientos, cuando amanece, la cima del volcán se calienta más rápidamente que el valle y crea una corriente de aire; por la tarde, al enfriarse primero, genera el fenómeno inverso, lo cual determina la temperatura de las poblaciones que están bajo su influencia. De cada 1000 litros de agua que se incorporan a la cuenca hidrológica del río Zahuapan-Atoyac, más del 80% proviene de la Malintzi (SEDURBECOP, 2003; SEMARNAP, 2000; SEMARNAP, 2014).

Problemática del parque

La problemática ecológica muy importante en el parque, surge por la expansión de labores agropecuarias de la población, en lo que antes fuera bosque, y ha eliminado su cubierta vegetal. Además se ha incrementado el aprovechamiento de la madera, así como la producción de leña y carbón, y la quema de zacates para tener renuevos tiernos para el ganado han ocasionado la pérdida de las plántulas de renuevos naturales del bosque (SARH, 1993; SEGOB, 2002). Esta problemática, se puede describir por las acciones que se enlistan a continuación

Pérdida de biodiversidad. Las causas que han originado este proceso se relacionan directamente con el cambio del uso del suelo y la falta de alternativas productivas para la población asentada en el parque.

Cambios de uso de suelo. Originado por la presión del crecimiento urbano e industrial y de la actividad agropecuaria, son la principal causa de la deforestación, situación que se ha favorecido por la forma de la tenencia de la tierra y sus poseedores. Como efecto de este cambio, el suelo presenta fuertes procesos de erosión y con ello la pérdida acelerada de la fertilidad al destinarlos para la agricultura, y la pérdida de suelo por arrastre durante la temporada de lluvia.

Incidencia de incendios forestales. La alta incidencia se debe a la quema de pastos que tienen como finalidad favorecer renuevos, así como la práctica de quema agrícola que generalmente se salen de control.

Deforestación y Pastoreo. La tala clandestina para la obtención de productos maderables, así como la elaboración de carbón, establecen zonas de pastoreo, altamente destructivo para la renovación de la cubierta vegetal.

Recolección de leña. Es una actividad que se realiza en forma continua, el daño es menor en comparación con otras actividades forestales incluso se considera que hasta cierto punto, es una manera de mantener libre de material combustible, plagas y enfermedades. Sin embargo, cuando se vuelve una fuente de recursos económicos este produce un efecto contrario.

Contaminación del suelo. El problema radica en el origen y deposición de los residuos que son generalmente de uso doméstico, tanto de material plástico y vidrio así como los plaguicidas que se utilizan en la agricultura.

Calidad del agua. En lo que representa a este recurso, la principal repercusión se refleja en el cambio del régimen de lluvias, al que se suma el aumento de la velocidad de escurrimiento debido a la pérdida de cubierta vegetal, con lo que la infiltración y recarga de manto friático disminuye considerablemente.

Cálculos aproximados señalan que la superficie boscosa a la llegada de los españoles era aproximadamente de 75,000 ha, hoy la cifra difícilmente llega a 15,000 ha. También se calcula que se pierde un millón de toneladas de suelo por época de lluvia (SEGOB, 2002).

Contexto del trabajo de investigación

En la naturaleza, generalmente los organismos no se distribuyen al azar, sino que tienden a estar agrupados o estar espacialmente estructurados. La heterogeneidad espacial medio ambiental, de extraordinaria importancia, no siempre es detectada por las técnicas estadísticas clásicas, por lo que en los últimos años, se han desarrollado nuevas técnicas que permiten reflejar la estructura espacial de los fenómenos ecológicos (Diggle, 1983; Fortín *et al.*, 2002).

En muchas ocasiones, dependiendo de la escala de estudio, los elementos pueden describirse aceptablemente mediante sus coordenadas espaciales (x, y),

generándose un conjunto de datos que recibe el nombre de *patrón espacial de puntos*. La metodología habitual en el estudio de estas estructuras asume que el patrón espacial de puntos de una población, comunidad, etc., es una realización concreta de un *proceso espacial de puntos subyacentes*. Un proceso de puntos es un proceso estocástico que “genera” patrones de puntos aleatorios que comparten la misma estructura espacial, por ejemplo, patrones de Poisson (distribución completamente al azar), regulares o agrupados (de la Cruz Rot, 2006).

Bajo la suposición de *estacionaridad* (el proceso es homogéneo o invariante a la traslación) e isotropía (el proceso es invariante a la rotación), las características principales de un proceso de puntos pueden ser resumidas por su propiedad de primer orden (λ o intensidad, que es el número esperado de puntos por unidad de área en cualquier localidad) y por su propiedad de segundo orden, que describe las relaciones entre pares de puntos (por ejemplo, la probabilidad de encontrar un punto en las inmediaciones de otro).

En el caso de patrones uniformes o regulares, la probabilidad de encontrar un punto en las inmediaciones de otro es menor de la que tendría un patrón aleatorio, mientras que en los patrones agrupados la probabilidad es mayor.

El estimador más popular de las propiedades de segundo orden es la función K de Ripley, que las estima a todas las escalas.

La función K se define como

$$K(r) = \lambda^{-1} E(\text{número de puntos en un radio } r \text{ alrededor de cualquier individuo})$$

Donde

λ es la densidad de individuos (número de individuos por unidad de área) y

E denota el valor esperado o media.

La ventaja de la función K es que el valor teórico de $K(r)$ se conoce para varios modelos útiles de procesos de puntos espaciales (Kaluzny *et al.*, 1997). Por ejemplo, para el proceso de Poisson se cumple que si

- No hay dependencia espacial: $K(r) = \Pi r^2$
- Hay agrupamiento: $K(r) > \Pi r^2$
- Hay espaciado regular: $K(r) < \Pi r^2$

Dixon (2002) expone los estimadores que se utilizan comúnmente, y Venables y Ripley (2002) los desarrollan en lenguaje S. Estos estimadores están

programados en el sistema de cómputos S-PLUS 2000 que elabora también gráficos, esclarecen la interpretación.

Para la detección de CSR puede utilizarse el gráfico LHAT de Ripley. El gráfico LHAT representa al estimador de la función $L(r) = \sqrt{K(r)}/\pi$ y es una línea recta para un proceso aleatorio homogéneo de Poisson, lo que corresponde a la hipótesis de aleatoriedad espacial completa. Los puntos por encima de la recta indican la existencia de agrupamientos, mientras que los puntos por debajo indican espaciado regular.

Materiales y Métodos

El tipo de estudio en campo, fue descriptivo, de esta manera se propuso conocer la distribución geográfica de los hongos micorrizicos, en la zona de estudio, con lo cual se puede saber qué tipo de especies tienen mayor presencia, describiendo las características de los puntos de recolección resaltando el grado de perturbación existente, altura a la que se colectó el ejemplar y tipo de vegetación predominante. Las delimitaciones del área se registraron tanto en cartografía como a base del sistema de geoposicionamiento satelital.

El acceso al parque se realizó por San Miguel Canoa, población perteneciente al municipio de Puebla. Se recorrió la zona de estudio bajo el criterio de localizar áreas de mayor a menor perturbación, describiendo el entorno, tomando en cuenta la vegetación de especies dominantes o características y grado de perturbación existente. Los muestreos, se realizaron en las áreas seleccionadas recorriéndolas en forma ascendente en zigzag hasta cercanías del manto arenoso de la montaña y posteriormente en forma descendente, seleccionando cuadrantes en cada ocasión y haciendo muestreo aleatorio de conglomerados, registrando su ubicación por medio de coordenadas por el sistema GPS (Flores y Álvarez-Sánchez, 2004).

Los ejemplares colectados se trasladaron al laboratorio, en donde se realizó el trabajo de identificación, y la propagación *in vitro* de su micelio para la preservación del germoplasma.

Método de muestreo. El muestreo de hongos en zonas con diferentes niveles y estructuras de suelo (cañadas, pendientes), así como diversidad en vegetación, generan la dinámica de utilizar un modelo de muestreo, que considere los datos necesarios y condiciones ecológicas del área, que permitan el análisis de su distribución.

Método de los cuadrantes. Es una modificación más eficiente del método de pares al azar, que se utiliza en el estudio y análisis de vegetación boscosa. En este caso se aplicó a los hongos ectomicorrizicos. Consiste en seleccionar una serie de puntos de muestreo en el área de estudio, utilizando un procedimiento adecuado, que puede ser al azar o fijando los mismos en una línea a un intervalo fijo, pero que garantice que en cada punto se midan hongos diferentes.

El área alrededor de cada punto se divide en cuatro cuadrantes orientados siguiendo los puntos cardinales. Dentro de cada cuadrante, el hongo más cerca del punto de muestreo se identifica, se determina su posición y se registra la distancia hasta el punto central de muestreo (Figura 1). Los datos de los cuatro hongos de cada punto de muestreo se registran en formularios preparados al efecto. El mismo procedimiento se repite en los demás puntos, hasta completar por lo menos 40 (Flores y Álvarez-Sánchez, 2004).

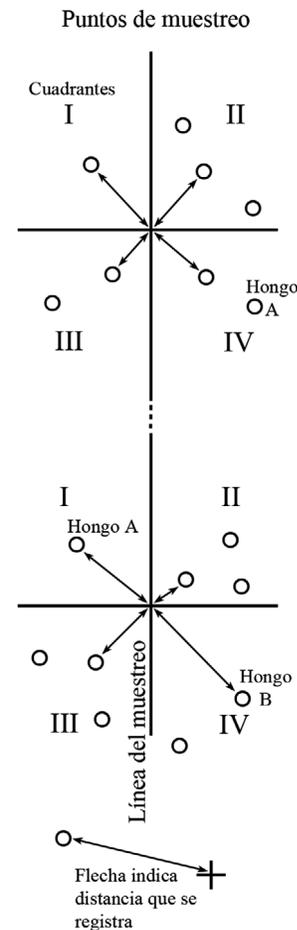


Figura 1. Patrón de muestreo por cuadrantes.



Figura 2. Localización y extracción de un ejemplar.

El método estadístico propuesto para este estudio fue un modelo de distribución espacial, con un análisis de varianza, con el cual se puede relacionar la gráfica de la zona con la especie de interés.

Método de recolección. La recolección de carpóforos se realizó entre mayo y octubre, de acuerdo a la metodología propuesta por Guzmán (1977), fue muy importante tener claro los datos que se tomarían de las diferentes características de los hongos las cuales se registraron en fichas técnicas, acompañando al ejemplar.

El material requerido y equipo convencional para el muestreo, fueron bolsas de papel cera y una cesta de mimbre, en la cual se logró que los hongos se conservaran frescos y aireados protegidos de las condiciones ambientales, se les colocó una etiqueta con su clave, localización y otras características complementarias como condiciones del terreno (planicie o pendiente), en qué tipo de sustrato se recolectó (humus, hojarasca, tronco), si existió evidencia de manejo agrícola, pastoreo, ganado o tala de árboles. Para coleccionar los hongos se utilizó una navaja, con la cual se extrajo completa y cuidadosamente el cuerpo fructífero o carpóforo del suelo, ya que todas sus partes son muy importantes para su identificación (Figura 2).

Durante la colecta se recogieron solo los hongos necesarios, se escogieron varios ejemplares en buenas condiciones, y en diferentes estadios de desarrollo. Los hongos se separaron en dos grupos, uno para el herbario y otro para el aislamiento. Para conservar los fue preciso deshidratarlos, el secado se hizo lo más rápido posible a temperatura entre 25 y 30°C, en una

campana de deshidratado que se elaboró con una parrilla eléctrica, cuando se secaron los hongos se aplicó una temperatura más baja para finalizar su deshidratación, los hongos secos se colocaron en bolsas de papel celofán con sus etiquetas (Guzmán, 1977).

Método de aislamiento del micelio de los hongos colectados

Medios de cultivo. Los medios de cultivo que se utilizaron fueron medios a base de agar con papa y dextrosa, (PDA), agar con extracto de malta (EMA) y medio de Melin Norkrans Modificado (MNM).

Aislamiento del micelio. El cuerpo fructífero se limpio perfectamente de los residuos del campo como suelo, hojas etc. y se colocó en un área estéril, el carpóforo se partió a la mitad con una navaja o bisturí estéril, con una pinza o aguja de disección se extrajo del interior una porción de tejido, colocándolo en una caja Petri con medio de cultivo, una vez inoculado, se etiquetaron las cajas y se incubaron a 25°C (Figura 3).

Durante el desarrollo miceliar se determinaron sus características microscópicas y macroscópicas; como forma del micelio, crecimiento, textura y tiempo de crecimiento. Las características microscópicas se refieren a las características hifales como hifas terminales y redondeadas, alantoideas, globosas en punta, incrustadas, elípticas, sinuosas, tortuosas lisas, filamentosas, ramificadas o con prolongaciones parietales, rizadas, y anastomosadas.



Figura 3. Obtención del tejido vegetativo en laboratorio.

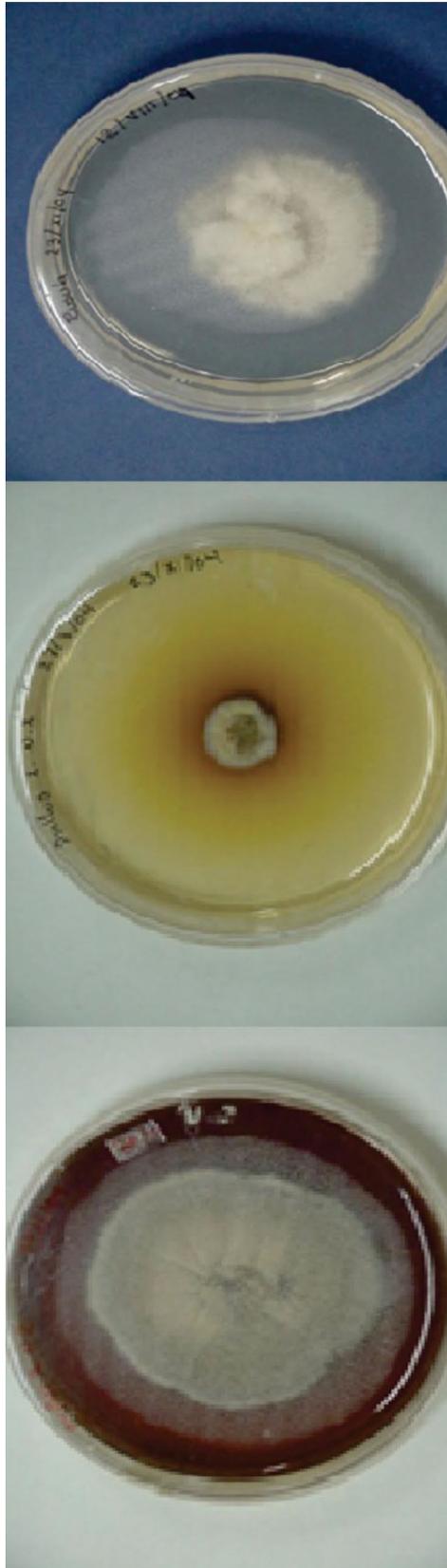


Figura 4. Cultivo del micelio de los hongos colectados.

Determinación del deterioro del material biológico. Cuando el micelio cubrió la superficie del medio en las cajas Petri, se evaluó el tiempo en el que se manifestaron signos de envejecimiento o deterioro del micelio, atribuido a diferentes factores que actúan durante el crecimiento de la biomasa, esto puede ser por la carencia y/o agotamiento de los nutrientes en el medio, por la acumulación de secreciones enzimáticas propias del metabolismo del hongo, por alteración del pH en el medio, por la disminución de la concentración de oxígeno y la consecuente acumulación de CO₂, entre otros factores.

Para contrarrestar estas características las cepas se transfirieron periódicamente a una nueva caja de Petri (Figura 4). El tiempo que puede permanecer una cepa sin transferirse, depende de la especie y de la cepa misma (Ávila, 1988; Mukerji *et al.*, 2002).

Resultados

Delimitada la zona y los puntos en la carta topográfica con sus coordenadas de posición global, se describió la distribución de los hongos colectados, determinando a que altitud (msnm) se desarrollan, el tipo de vegetación asociada y el grado de perturbación del área correspondiente, en la Tabla 1, se describe las ubicaciones de siete especies y tres géneros.

Con los datos obtenidos para el género *Suillus*, se describió su distribución en la zona muestreada (Tabla 2). Estos datos fueron sometidos al análisis estadístico de distribución espacial con el programa S-Plus 2000, con la finalidad de comprobar dos hipótesis: a) los hongos colectados presentan una distribución aleatoria (completamente al azar), y b) los hongos colectados siguen una ley de distribución.

Contar con las coordenadas geográficas hizo posible estudiar la distribución espacial de dichos hongos, específicamente, fue posible probar la hipótesis de Aleatoriedad Espacial Completa (en inglés, Complete Spatial Randomness (CSR)) contra la hipótesis alternativa de que los hongos no presentan CSR, sino que se distribuyen como patrones regulares o con agrupamientos. Estadísticos tradicionales para la bondad de ajuste, como la Chi cuadrado, no pudieron detectar la heterogeneidad espacial, sin embargo, la medida de autocorrelación espacial de Moran detectó la existencia de agrupaciones de estos hongos.

De los 25 puntos de muestreo observados, se detectó la presencia de *Suillus* spp., en 9 de ellos (Linares

Tabla 1. Resultados obtenidos en cuanto a puntos muestreados y hongos colectados

14 Q	UTM	Altura	Julio		Agosto		Septiembre		Vegetación y perturbación
Longitud	Latitud	msnm	Especie	N	Especie	N	Especie	N	
593151	2122947	3122	<i>Boletus</i> sp. <i>Suillus</i> sp.	3 5	<i>Lactarius deliciosus</i>	12	<i>Lactarius deliciosus</i> <i>Russula brevipes</i>	5 2	Pino Media
588268	212145	3003	<i>Boletus</i> sp.	1	<i>Russula brevipes</i>	8	<i>Boletus</i> sp. <i>Suillus</i> sp.	3 2	Pino-encino Media
588901	2122303	3122	<i>Russula brevipes</i> <i>Boletus</i> sp.	4 1	<i>Amanita caesarea</i> <i>Boletus</i> sp.	2	<i>Boletus</i> sp.	2	Pino-encino
591000	2121700	3040	<i>Suillus</i> sp. <i>Amanita caesarea</i>	2 1	<i>Boletus</i> sp.	4	<i>Lactarius salmonicolor</i>	5	Pino-encino Media
599176	2121910	2707	<i>Suillus</i> sp. <i>Lactarius deliciosus</i> <i>Russula brevipes</i> <i>Boletus</i> sp.	5 3 2 3	<i>Russula brevipes</i>	7	<i>Lactarius deliciosus</i> <i>Russula brevipes</i>	8 3	Pino-encino Alta
593151	2122947	3122	<i>Boletus</i> sp. <i>Suillus</i> sp.	2 3	<i>Amanita caesarea</i> <i>Boletus</i> sp.	1 1	<i>Amanita caesarea</i> <i>Boletus</i> sp.	1 2	Pino-encino
598498	2121083	3030	<i>Boletus</i> sp. <i>Russula brevipes</i>	2 1	<i>Boletus</i> sp. <i>R. brevipes</i> <i>A. caesarea</i>	2 4 1	<i>Amanita caesarea</i> <i>Boletus</i> sp. <i>Russula brevipes</i> <i>Cortinarius</i> sp.	1 2 2 1	Pino-encino Alta

et al., 2004). Bajo la hipótesis nula de que estos hongos se comportaban según la ley de Poisson, con parámetro λ , se procedió a buscar su estimador máximo verosímil, dado por la media muestral igual a 0.36. Las probabilidades estimadas de presencia y ausencia de *Suillus* sp. fueron 0.6972 y 0.252. Como las observaciones son independientes, las frecuencias de las celdas poseen distribución multinomial con los parámetros anteriormente estimados, por lo que los valores esperados estimados de las frecuencias son, también respectivamente, 17.5 y 6.3. El estadígrafo Chi cuadrada observado tomó el valor 1.2856, que es menor que el punto crítico obtenido de la una distribución Chi cuadrada con un grado de libertad al nivel de significación del 10%. Por tanto, podemos concluir que la evidencia que proporcionan los datos no es suficiente para contradecir la hipótesis nula de que la variable aleatoria que define la presencia o ausencia de *Suillus* spp., posee una distribución de Poisson.

Sin embargo, la medida de autocorrelación espacial de Moran contradice los resultados de la prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste anterior. La correlación de Moran fue de 0.4792, con varianza de 0.0636 y error estándar de 0.2522. El estadístico Z fue igual a 2.065, por lo que la hipótesis nula de no

correlación espacial fue rechazada con p-empírico (dos colas) de 0.0389.

Para la detección de CSR, utilizamos el gráfico LHAT derivado de la función KHAT de Ripley. El gráfico LHAT (Figura 5) mostró valores positivos, por encima de la recta diagonal del gráfico, lo que indica que el género *Suillus* spp. de hongos ectomicorrízicos coleccionados en la parte poblana del Parque Nacional Malintzi no se presenta de manera aleatoria, sino que se ha detectado la existencia de agrupaciones en estos hongos.

Tabla 2. Coordenadas de ubicación del género *Suillus* en la zona de muestreo

14 Q	UTM	Altitud	Presencia
Longitud	Latitud	msnm	
598040	2120544	2962	no
598309	2121279	3020	no
598393	2121374	3024	si
599176	2121910	3131	si
599560	2122486	3240	si
599621	2122193	3220	no
598498	2121083	3030	si
598393	2121374	3024	si
599176	2121910	3131	si
599560	2122486	3240	si
599621	2122193	3220	no
598498	2121083	3030	si

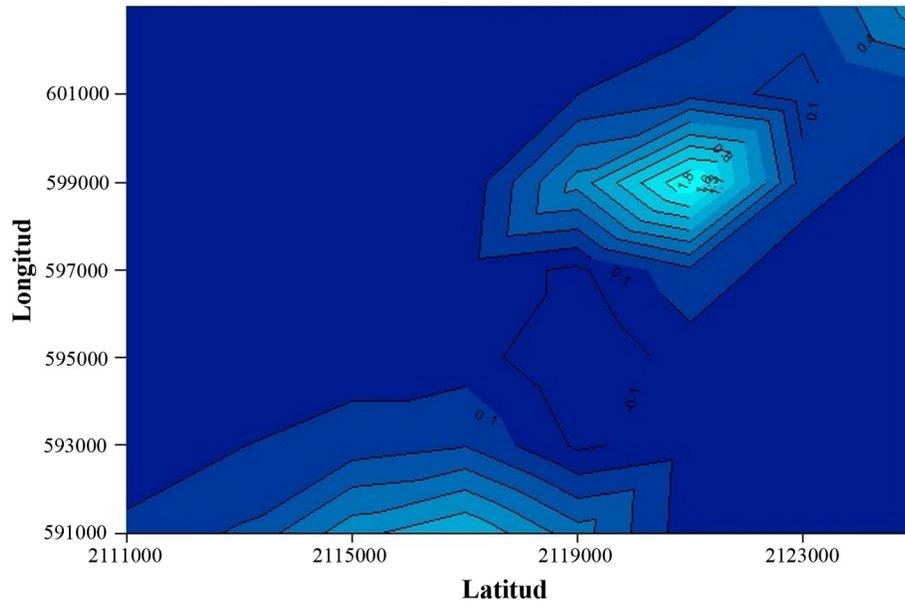


Figura 5. Gráfico LHAAT para *Suillus* spp.; las zonas más claras se representa la mayor distribución del género seleccionado.

El programa indicó que los hongos de este género observan una ley de distribución, al cumplirse esto, el programa nos permite modelar o graficar dicha distribución poblacional de este organismo y también poder predecir su presencia en zonas adyacentes que no se hayan muestreado. En la Figura 6 se puede apreciar en las zonas más claras dentro de las coordenadas de ubicación la distribución del género.

Se aislaron ocho cepas de los géneros: (2) *Russula* spp., (1) *Lactarius* spp., (1) *Cantharellus* spp., (3) *Suillus* spp., y (1) *Boletus edulis* determinando que los medios apropiados para su crecimiento en laboratorio fueron el extracto de malta (EMA) y el de Melin Norkrans Modificado (MNM). Los periodos de incubación fueron de tres a cuatro semanas, realizando re-siembras de cada cepa (Figura 7).

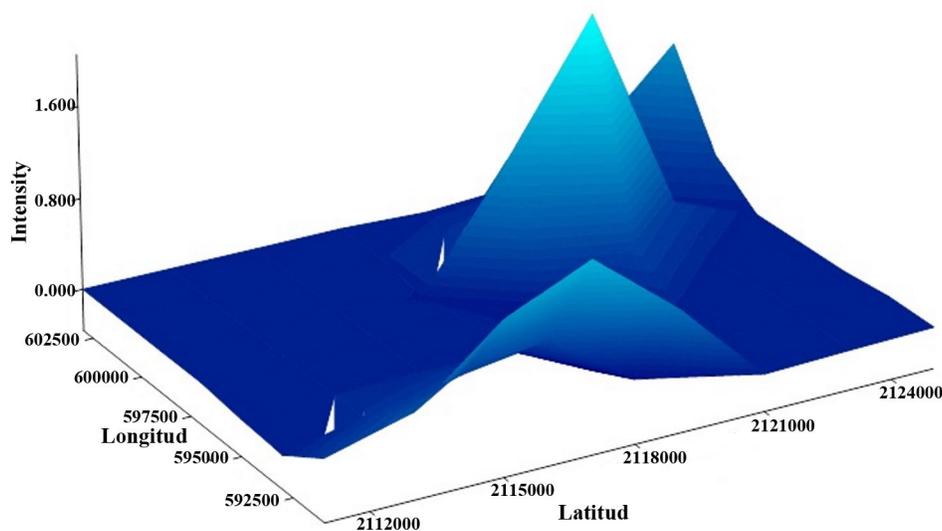


Figura 6. Distribución espacial de *Suillus* spp. en coordenadas del área; la zona más clara se representa la mayor distribución del género en tercera dimensión.



Figura 7. Micelio desarrollado de *Boletus edulis*.

Conclusiones

Considerando este trabajo como una etapa inicial de reconocimiento y muestreo de una parte de la zona poblana del Parque Nacional Malintzi, se colectaron especies de hongos en diferentes cuadrantes en el intervalo de altura promedio entre 2,000 y 3,000 msnm, gran parte del material biológico colectado requiere aún ser identificado.

El micelio o germoplasma de los hongos es difícil de cultivar en medios sintéticos, no obstante, ocho cepas fueron cultivadas. Su adaptación fue adecuada en los medios de cultivo EMA y MNM, esto permitirá proponer el inicio del proyecto, sobre micorrización *in vitro* a plántulas nativas del parque, por lo que la creación de viveros con especies nativas, será fundamental.

La descripción de la distribución espacial de los hongos micorrízicos permitirá generar un inventario, crear un mapa de localización y señalamiento de las zonas más deterioradas. Con esto se podrá realizar

una propuesta de reforestación sostenible en el sistema forestal de la Malintzi, en busca de la conservación del recurso suelo y la biodiversidad fúngica en la parte poblana del parque nacional.

En el análisis de la distribución espacial de los hongos, se utilizaron los estimadores de Ripley para la función K y los gráficos KHAT y LHAT que permiten una fácil interpretación. Los resultados obtenidos revelan que en la mayoría de los géneros observados no se cumple la hipótesis de aleatoriedad espacial completa. Por el contrario, estos hongos tienden a estar agrupados y están espacialmente estructurados.

Es conocido que dentro de problemática ambiental y el deterioro de los bosques, se encuentra la deforestación y la erosión de los suelos. Que se originan, entre otros factores, por el cambio de uso de los suelos, la tala clandestina, incendios forestales, el sobre pastoreo y la falta de una cultura silvícola. Este último factor genera la pérdida irreversible de especies, entre

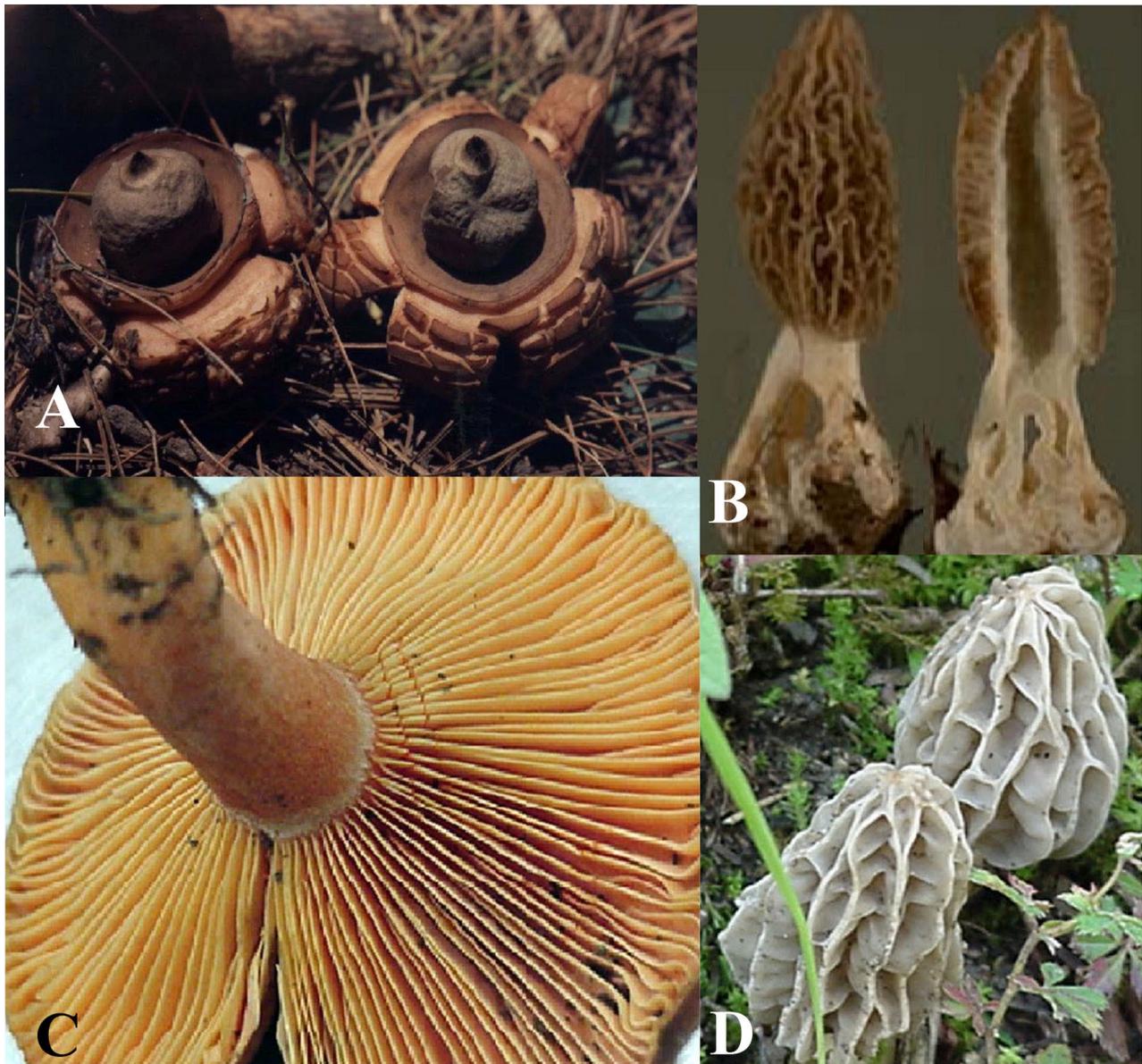


Figura 8. Fotos de ejemplares de cuatro especies de los hongos colectados que fueron identificados. A. *Geastrum triplex*; B. *Morchella elata*; C. *Lactarius deliciosus*; D. *Morchella esculenta*.

ellas, los hongos ectomicorrízicos. Los árboles, en todo el mundo, aun los que no están siendo cortados, están muriendo por causas diversas, incluyendo enfermedades, contaminación y degradación del suelo. Las amenazas a los bosques no son simples amenazas a los árboles, hay que comprender que cuando desaparezcan los árboles también desaparece todo lo que depende de ellos, desde hongos y microorganismos hasta flora y fauna.

El desarrollo de métodos para describir la configuración espacial de un conjunto de puntos y la posible relación con otros fenómenos espaciales es de extraordinaria importancia y es aún un reto para la estadística como ciencia. En particular, el poder describir cómo está distribuido éste y otros hongos micorrízicos en el parque permitirá generar una propuesta de reforestación sostenible en el sistema forestal de la Malintzi.



Figura 9. Fotos de ejemplares de seis especies de los hongos colectados que fueron identificados. A. *Helvella crispa*; B. *Amanita muscaria*; C. *Clytocibe gibba*; D. *Russula brevipes*; E. *Boletus edulis*; F. *Suillus luteos*.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a la Red PRO-MEP: Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable y al Cuerpo Académico en Uso, Manejo y conservación de la Biodiversidad, perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por la oportunidad de participar en este proyecto editorial.

Literatura citada

- Ávila, Z., H. 1988. Aislamiento, caracterización y confirmación de micelio de cuatro especies de amanitas (Agaricales) de México. Tesis. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Distrito Federal. 180 p.
- Boa, E. 2005. Los hongos silvestres comestibles, perspectiva global de su uso e importancia para la población. Productos Forestales no Maderables No. 17. FAO. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Roma. 176 p.
- Cruz, U. B. 1992. Micorrizas en la conservación de los bosques. *Ciencia Ergo Sum* 6(2): 7.
- De la Cruz Rot, M. 2006. Introducción al análisis de datos mapeados o algunas de las (muchas) cosas que puedo hacer si tengo coordenadas. *Ecosistemas*. 2006/3 España Monográfico. pp 1-21. Página en red: <http://www.revistae-cosistemas.net/articulo> ; (consultada 22 febrero, 2006).
- Diggle, P. J. 1983. The statistical analysis of spatial point patterns. London: Academic Press. 148 p.
- Dixon, P. M. 2002. Ripley's K function. *En: El-Shaarawi, A. H., and W. W. Pigorsch. (eds). Encyclopedia of Environmetrics*. Chichester: John Wiley. Vol. 3, pp. 1796-1803.
- FAO. Food and Agriculture Organization of The United Nations. 2010. Global Forest Resources Assesment 2010. Main report. FAO Forestry paper 163. Italy, Roma. 340 p.
- FAO. Food and Agriculture Organization of The United Nations. 2012. El estado de los bosques del mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma. 51 p.
- Flores, J. S., y J. Álvarez-Sánchez. 2004. Flora y vegetación. *En: Bautista, F., y H. Delfin. (Ed). Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México, CONACYT. México, Distrito Federal, México. pp. 303-325.
- Fortín, M. J., R. T. Mark, Dale, y Jay ver Hoef. 2002. Spatial analysis in ecology. *En: El-Shaarawi, A. H., and W. W. Piegorsch (eds). Encyclopedia of Environmetrics*. Chichester: John Wiley. Vol. 4, pp. 2051-2058.
- García, J. J., y O. Garza. 2001. Conocimiento de los hongos de la familia Boletaceae de México. *Ciencia UANL/VOL. IV, No. 3* pp. 336-344. Página en internet: <http://www.uanl.mx/publicaciones/trayectorias/> ; (consultada 15 enero, 2012).
- Gobierno del Estado de Puebla. 1999. Plan Estatal de Desarrollo 1995-2005. México. Página en red: <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/3/1428/14.pdf>; (Consultada 13 enero, 2012).
- Gobierno del Estado de Tlaxcala – Gobierno del Estado de Puebla. 2001. Programa de Manejo Integral del Parque Nacional “La Malinche” Tlaxcala-Puebla, México. Página en red: <http://ordenjuridicodemo.segob.gob.mx/Estatal/TLAXCALA/Reglamentos/TLAXREG61.pdf> ; (Consultada 13 enero, 2012).
- Guzmán, G. 1977. Identificación de los hongos comestibles venenosos y alucinantes. LIMUSA, México. pp. 18-23.
- INEGI. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. 1990. XI Censo General de Población y Vivienda. Página en red: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?p=16653=&c=11893&sset> ; (consultada 25 septiembre, 2010).
- INEGI. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. 2000. Inventario Forestal Nacional. Página en red: <http://www.ejournal.unam.mx/cnc/no64/> ; (consultada 13 agosto, 2012).
- INI-PNUD. Instituto Nacional Indigenista - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2000. Estado del desarrollo económico y social de los pueblos indígenas de México. Página en red: http://www.cdi.gob.mx/idh/informe_desarrollo_humano_pueblos_indigenas_mexico_2006.pdf ; base electrónica 2000; (Consultada 13 enero, 2012).
- Kaluzny, S. P., S. C. Vega, T. P. Cardoso, y A. A. Shelly. 1997. S+Spatial Stats: User's Manual for Windows and Unix, Seattle, USA: MathSoft, Inc.
- Linares, G., Marín, M., Cruz, A. y V. Silva. 2004. Detección de aleatoriedad en un patrón de puntos espaciales: modelación espacial de hongos *Bolletus* en la zona poblana de la Malintzi. *En: Rodríguez, C. A., E. R. Rivera, y J. M. Pérez. Memoria del XIV Congreso del INCA*. Cuba. pp. 79-85
- MathSoft. 2000. S-PLUS: S+Spatial Stats. 2000. Professional Release 2. [computer program] MathSoft, Inc., Seattle.
- Mukerji, K., C. Manoharachary, y B. Chamola. 2002. Techniques in Mycorrhizal Studies. Kluwer Academic Publisher. 553 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, Distrito Federal, México. 432 p.
- SARH. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1993. Diagnóstico del Parque Nacional Malinche o Matlacueyatl, Tlaxcala. Subsecretaría Forestal y de fauna Silvestre. Pausa. Noviembre. 39 páginas, más cinco anexos: florístico, faunístico, jurídico y cartográfico. 18 p.
- SEDURBECOP. 2003. Programa Estatal de Protección al Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable 2003-2005, Gobierno del Estado de Puebla. México. Página de

- internet: <http://docs.mexico.justia.com.s3.amazonaws.com/estatales/puebla/ley-para-la-proteccion-del-ambiente-natural-y-el-desarrollo-sustentable-del-estado-de-puebla.pdf> ; (consultada 15 febrero, 2012).
- SEGOB. Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación. 2002. Programa del manejo integral del Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcueyatl. Página en red: http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5294346 ; (consultada 20 septiembre, 2014).
- SEMARNAP. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1996. Acuerdo de coordinación mediante el cual se transfiere la administración del Parque Nacional denominado La Malinche a los gobiernos de Tlaxcala y Puebla. Página en red: http://www.diario-o.com/dof/1996/02/27/semarnap_27feb96.htm ; (consultada 20 enero, 2010).
- SEMARNAP. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales, RDS, PNUD. 2000. Áreas Naturales Protegidas. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP. México. 800 p.
- SEMARNAP. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 2014. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. México. Página en red: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf> ; (consultada 12 septiembre, 2014).
- Vargas, M. F. 1984. Parques Nacionales de México y Reservas Equivalentes. Pasado, presente y futuro. Colección: Los Grandes Problemas Nacionales. Instituto Nacional de Ecología. 266 p.
- Varma, A. (Ed.). 1998. Mycorrhiza manual. Springer-Verlag, New York, Volume 161, Issue 6, 700 p.
- Venables, W. N., y B. D. Ripley. 2002. Modern Applied with S. 4ta. ed. New York: Springer-Verlag. 498 p.
- Villarreal-Ruíz, L. 1996. Los Hongos Silvestres: Componentes de la Biodiversidad y Alternativa para la Sustentabilidad de los Bosques Templados de México. Informe Final, Proyecto-CONABIO Co66. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México. 88 p.