

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION -DIGI-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUIMICAS Y BIOLOGICAS-IIQB-**

**HONGOS ECTOMICORRICICOS ASOCIADOS A
Abies guatemalensis, *Pinus rudis* y *P. ayacahuite*
de la Sierra de Los Cuchumatanes
y su aprovechamiento para la producción de planta forestal micorrizada.
(FASE I)**

COORDINADOR

Licda. María del Carmen Bran

INVESTIGADOR PRINCIPAL

Lic. Roberto Flores Arzú

INVESTIGADOR

Ing. Agr. Edil Rodríguez

AUXILIAR DE INVESTIGACION

Br. Francisco Octavio Culajay

Inicio de la Investigación

febrero de 1997

Conclusión de la Investigación

noviembre de 1997

RESUMEN

En esta primera fase del proyecto se identificaron, aislaron y cultivaron hongos ectomicorrícicos asociados a *Abies guatemalensis*, *Pinus rudis* y *Pinus ayacahuite* de la Sierra de los Cuchumatanes, para producir inóculos que favorezcan el cultivo de planta forestal micorrizada de estas especies.

La mayor parte de los muestreos se realizaron en dos puntos: Puerta del Cielo, constituido por bosques de *Abies guatemalensis* y Tzichím, con predominancia de *Pinus rudis*. Los criterios de selección de los lugares fueron el acceso, calidad fitosanitaria del bosque y la cantidad de regeneración natural. Las colectas se efectuaron cada 3-4 semanas durante los meses de lluvia de junio a noviembre, actividad que se vio afectada por el fenómeno de El Niño (retraso y reducción de la cantidad de lluvias en Huehuetenango).

Se identificaron 13 géneros de hongos micorrícicos asociados a *Abies* y 11 géneros asociados a *Pinus rudis*. El endemismo parece ser una cualidad en la micoflora de los lugares mencionados, principalmente en los géneros *Amanita*, *Cortinarius*, *Gomphus*, *Inocybe*, *Hydnum*, *Lactarius* y *Russula*, así como en otros géneros no micorrícicos.

Cuatro cepas de hongos micorrícicos se obtuvieron en cultivo puro: *Amanita aff rubescens* y *Lactarius salmonicolor* asociados a *Abies* y *Laccaria aff bicolor* y *Suillus sp.* asociados a *Pinus rudis*. El aislamiento de hongos micorrícicos es una actividad que aún se investiga y persigue en otros países.

El proyecto pretende también aprovechar la micoflora del lugar para buscar alternativas alimenticias, medicinales y comerciales que permitan mejorar los ingresos económicos de los campesinos del área. Se encontró que existe poco conocimiento de la misma y que son pocos los hongos que se aprovechan como alimento; sin embargo, existen algunas especies que representan un potencial como *Boletus*, *Morchella* y *Suillus*.

Para el desarrollo de las siguientes fases del Proyecto se cuenta con el apoyo de entidades nacionales y asesoría de expertos extranjeros en Europa, Estados Unidos y México.

INTRODUCCION

Pinus y *Abies* son coníferas que se caracterizan por su condición micorrícico dependiente, condición que se acentúa en terrenos de baja a moderada fertilidad. Este hecho es tomado en cuenta en otros países para la elaboración de proyectos de reforestación o de introducción de planta forestal, mediante la aplicación de biotecnología para la síntesis de micorrizas y producción de planta forestal de gran calidad.

Las especies que se seleccionaron en este proyecto, *Abies guatemalensis*, *Pinus rudis* y *Pinus ayacahuite*, son las coníferas que se encuentran a mayor altitud en la Sierra de los Cuchumatanes, donde las condiciones climáticas son bastante frías y húmedas y los suelos con poca profundidad y abundante material rocoso.

Son especies muy utilizadas para la obtención de leña y madera. Su distribución se ve cada vez más reducida por la tala inmoderada, el avance de la frontera agrícola y el pastoreo. *Abies guatemalensis* es además talado o desramado para la elaboración de árboles de navidad.

Este proyecto se ha planeado para contribuir a aumentar la cobertura forestal y a la conservación de los recursos naturales de los Cuchumatanes. Para ello, se están detectando especies de hongos nativos que favorezcan la producción de planta forestal micorrizada y mejorar el aprovechamiento de los mismos.

En esta primera fase se logró detectar 13 géneros y más de 30 especies de hongos ectomicorrizógenos en rodales de *Abies* y 11

géneros con más de 15 especies en rodales de *Pinus*. Las áreas muestreadas parecen ofrecer una gran riqueza endémica en hongos.

Se logró también el aislamiento de cuatro cepas: *Laccaria aff. bicolor*, *Amanita aff. rubescens*, *Lactarius salmonicolor* y *Suillus sp.* Los medios de cultivo más efectivos han sido el MMN simple y MMN con rosa de bengala. La producción de inóculos y pruebas de micorrización con estas cepas, en contenedores plásticos, se realizará en 1998.

Una parte importante del proyecto fue la recopilación de información etnomicológica, para detectar el grado de conocimiento de la micoflora del área, para su mejor aprovechamiento. Se encontró que son pocas las especies que utilizan como alimento y desconocen el uso o cualidades de ciertas especies de *Gomphus*, *Hydnum*, *Tricholoma*, *Cortinarius*, *Russula* y *Morchella*.

Gracias al aporte y apoyo de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos y de diversas instituciones como PRODEFOR, PROYECTO CUCHUMATANES, CUNOROC, UNEPROCH, así como de expertos micólogos extranjeros, este proyecto podrá brindar información más amplia para la conservación, manejo y aprovechamiento de la biodiversidad de la Sierra de los Cuchumatanes.

I OBJETIVOS

1. Identificar especies de hongos ectomicorrícicos asociados a *Abies guatemalensis*, *Pinus rudis* y *P. ayacahuite* en rodales de la Sierra de Los Cuchumatanes, Huehuetenango.
2. Aislar y seleccionar cepas de los hongos micorrícicos colectados.
3. Producir inóculos de los hongos cultivados para su aplicación en la producción de planta forestal micorrizada de *Abies guatemalensis*, *Pinus rudis* y *P. ayacahuite*.
5. Obtener información etnomicológica de las zonas muestreadas para promover el consumo y comercio de especies comestibles así como el mejor aprovechamiento de las especies micorrícicas.
6. Contribuir a la protección de *Abies guatemalensis* en zonas endémicas y experimentar técnicas de micorrización de *Pinus rudis* y *P. ayacahuite*, aplicables a otras especies de pinos en regiones más secas y deforestadas del país.

II REVISION

BIBLIOGRAFICA

Las micorrizas son asociaciones que se establecen entre ciertos grupos de hongos y las raíces de plantas superiores. Se considera que el 95% de las plantas vasculares, que incluye árboles, arbustos y hierbas, forman micorrizas.

Esta asociación resulta altamente beneficiosa para las plantas por el incremento en la absorción de agua y nutrientes del suelo, así como por la protección que recibe contra patógenos y por las hormonas sintetizadas en el sistema simbiótico. Es actualmente de gran importancia el uso de micorrizas en programas de reforestación y forestación con coníferas en algunas regiones del mundo.

Las ectomicorrizas, caracterizadas por la presencia de un manto fúngico externo sobre la superficie de las raíces tróficas infectadas, son las más características de aquellas especies de clima templado a frío. Son especies micorrícico-obligadas los pinos, abetos, cedros, alerces y otras.

Las ectomicorrizas las forman unas 5000 especies de hongos pertenecientes a los basidiomicetos, ascomicetos y al género *Endogone*. Algunos hongos pueden mostrar especificidad hacia alguna planta hospedera y asociarse de una mejor manera según la edad y etapa sucesional de la planta o bosque.

Los hongos ectomicorrícicos no pueden desarrollarse por sí solos en el suelo, ya que necesitan de la raíz trófica de la planta para poder obtener compuestos carbonados. Dentro de este grupo encontramos a muchos de los hongos comestibles procedentes de bosques, tales como *Lactarius deliciosus*, *L. indigo* y *L. salmonicolor* (sharas), *Cantharellus cibarius* y *C. odoratus* (anacate), *Boletus edulis* (pancitas), *Laccaria laccata* (hongo de pino), *Hydnum repandum* (lengua de venado o de vaca) y otros.

Una raíz micorrizada se convierte en nuevo órgano, con estructura y función modificada. Con ella la planta adquiere una mayor capacidad de exploración del suelo, gracias a

la extensión micelial del hongo, con la que capta el fósforo, compuestos nitrogenados, agua, macro y microelementos, los cuales son transferidos posteriormente a la planta.

Se ha demostrado que las micorrizas intervienen en los procesos de regulación de la planta mediante la producción de vitaminas y hormonas. También ejercen un control sobre los patógenos del suelo por medio del manto fúngico envolvente y por la producción de compuestos fungistáticos y antibióticos. Todo esto se traduce en un mejor y más rápido crecimiento y desarrollo del árbol.

Se ha comprobado la eficacia de las micorrizas en la plantación de árboles en áreas altamente erosionadas, escombros de minas y forestación de terrenos carentes de vegetación arbórea. En América Latina se tienen claros ejemplos en la introducción de pinos mexicanos en áreas de los Andes peruanos y la introducción de *Pinus caribaea* en sabanas de Venezuela, Puerto Rico y Florida (EEUU). Uno de los primeros y más efectivos experimentos de introducción de coníferas micorrizadas para forestación de sabanas, fue el uso de *P. caribaea* infectado con *Pisolithus tinctorius* en Liberia.

En nuestro medio no se han realizado pruebas de plantación de pinos con micorrizas específicas. En los viveros privados o nacionales sólo se aplica broza de bosques como inóculo, el cual contiene esporas, esclerocios y/o micelio fúngico, para lograr la producción de micorrizas. Este método de inoculación es eficaz y económico pero no permite la formación de las micorrizas más adecuadas e introduce diversos patógenos en los viveros. Existe además el riesgo de que ciertas micorrizas formadas por aplicación de broza puedan ser suplantadas o no favorecer adecuadamente el desarrollo de las plántulas.

En pruebas de micorrización de planta forestal en el extranjero, se han empleado hongos de etapas iniciales como *Laccaria* spp., *Hebeloma* spp y *Pisolithus tinctorius*, cuyos inóculos se aplican directamente a semillas recién germinadas o plántulas de pocos días. Estas micorrizas se desarrollan bien en los primeros años de muchas coníferas y posteriormente son sustituidas y/o comparten sitio con otros hongos de etapas tardías.

III METODOLOGIA

Los métodos empleados para la realización del proyecto fueron los siguientes:

1. Muestreo al azar en bosques de *Abies* y de *Pinus*:
 - Muestreo en zonas de mayor a menor insolación diaria
 - Muestreo en zonas con mayor a menor vegetación secundaria
2. Colecta de carpóforos de hongos principalmente micorrizógenos y/o de interés alimenticio, medicinal y comercial.
3. Identificación taxonómica de las especies colectadas:
 - Revisión bibliográfica (claves micológicas mexicanas, norteamericanas y europeas).
 - Revisión y descripción de las características macro y microscópicas de cada uno de los hongos colectados. Se incluye el cambio de color de tejidos fúngicos con ciertos reactivos químicos específicos.
 - Colecta de esporadas.
4. Deseccación y preservación de carpóforos y esporadas:
 - Deseccación casera
 - Uso de desecadoras especiales
 - Almacenamiento con los datos de colecta, hábitat y características individuales en cajas de cartón con naftalina.
5. Aislamiento de micelio en medios de cultivo:
 - Aislamiento en laboratorios de la USAC (CUNOROC, Facultad de CC. Químicas y Farmacia) y del Instituto de Ciencia y Tecnología, ICTA de Quetzaltenango.
 - Empleo de cajas de petri plásticas y tubos de vidrio con tapa de rosca, ambos conteniendo diversos medios de cultivo para hongos:

- * Melin Norkrans Modificado (MMN): con o sin estreptomycinina o rosa de Bengala.
 - * Agar PDA: con o sin estreptomycinina o rosa de Bengala.
 - * Agar con extracto de levadura.
- Mantenimiento de cultivos a 28°C y a la temperatura ambiental del laboratorio de Micología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
 - Revisión constante de los cultivos para detectar contaminaciones y rescatar micelios no contaminados.
 - Preparación de cultivos líquidos (Medio MMN y caldo Papa-Dextrosa) de los micelios aislados y de cepas extranjeras que se tenían previstas para pruebas de micorrización (*Laccaria laccata*, *L. bicolor*, *Rhizopogon vulgaris* y *Rh. luteolus*).
6. Toma de datos etnomicológicos por medio de una encuesta escrita y una con fotografías para detectar el grado de conocimiento por la gente que habita en las áreas de muestreo.

IV. RESULTADOS

Se detectó una buena cantidad de géneros de hongos ectomicorrizógenos en *Abies guatemalensis* y *Pinus rudis*. Se consideró muestrear más detenidamente rodales de *Pinus ayacahuite* en 1998, ya que los rodales están más distantes de los sitios muestreados.

No se logró la identificación hasta especie de muchos de los hongos colectados, ya que éstos presentaron características particulares y diferentes a las de las claves taxonómicas empleadas. Este hecho hace pensar en un alto endemismo en la región.

En los bosques de *Abies guatemalensis* y de *Pinus rudis* se encontraron los siguientes ejemplares:

Bosques de *Abies guatemalensis* de

Lactarius salmonicolor

Lactarius mexicanus
Lactarius aff. uvidus

Lactarius spp.

Gomphus aff. floccopus
Cantharellus cibarius

Russula olivaceae
Russula aff. queletii
Russula spp.

Hydnum aff. repandum
Hydnum aff. umbilicatum
Amanita aff. rubescens
Amanita spp.
Ramaria sp.
Boletus sp.

Tricholoma aff. terreum
Tricholoma spp.
Cortinarius aff. violaceus
Cortinarius spp.
Inocybe spp.
Dermocybe spp.
Thelephora sp.

Bosques *Pinus rudis*

Lactarius aff. deliciosus

Lactarius spp.
Cantharellus cibarius

Laccaria aff. laccata

Laccaria aff. bicolor
Cortinarius spp.

Inocybe spp.
Hysterangium sp.
Russula spp.

Thelephora sp.
Suillus sp.
Ramaria spp.
Boletus sp.

La mayoría de los hongos pertenecen al orden de los agaricales, afiloforales y licoperdales. No se encontró ningún hongo hipogeo aparte de *Hysterangium sp.*

Se encontraron otros hongos que si bien no son micorrícicos, tienen importancia por su valor ecológico y algunos por su comestibilidad:

Bosques de *Abies guatemalensis*

Helvella lacunosa

Helvella crispa

Helvella macropus

Phaeocollybia aff.

kauffmanii

Phaeocollybia spp.

Clavariadelphus truncatus

Phoglotis helvelloides

Pseudohydnum

gelatinosum

Gastrum triplex

Gastrum spp.

Otidea onoica

Pholiota squarrosa

Sarcosphaera aff. eximia

Leotia aff. lubrica

Lycoperdon aff.

Echinatum

Lycoperdon spp.

Entoloma spp.

Hygrophorus spp.

Clitocybe spp.

Melanoleuca spp.

Collybia spp.

Mycena spp.

Morchella sp.

Agaricus sp.

Clavulinopsis sp.

Clavaria spp.

Melastiza aff. chateri

Bosques *Pinus rudis*

Hygrophoropsis

aurantiaca

Hygrophorus aff.

chrysodon

Hygrophorus spp.

Helvella lacunosa

Helvella crispa

Helvella macropus

Tricholomopsis

rutilans

Entoloma spp.

Clitocybe spp.

Winnea aff.

americana

Scleroderma spp.

Clavaria sp.

Otidea onoica

Otidea sp.

Aleuria aurantiaca

laccata, *L. bicolor*, *Rhizopogon vulgaris*, *Rh. luteolus* y *Pisolithus tinctorius*) y tres mexicanas (*Laccaria bicolor* y *Suillus spp.*).

La producción de inóculos a partir de las cepas aisladas, se efectuará en el primer semestre de 1998, ya que las cepas se obtuvieron en cultivo puro hasta fines de 1997.

Durante el desarrollo del proyecto se logró el apoyo de diversos investigadores en el extranjero. Algunos de ellos son:

- Dr. Thomas D. Landis del U.S. Department of Agriculture Forest Service, Oregon, quien ofrece asesoría y bibliografía reciente sobre procesos y proyectos de reforestación con coníferas en norteamérica.
- Dr. Arturo Estrada-Torres, investigador y docente de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, México, para verificar ejemplares ectomicorrícicos y ampliar el estudio micológico de la Sierra y en el país.
- Dr. Danilo Piccolo, presidente de la Sociedad Micológica Italiana Bresadola, para ayudar en la identificación de especímenes nacionales y entrenamiento en taxonomía para ciertos grupos de hongos.
- Dra. Vita Finzi, Vicerrectora de la Universidad de Pavia, para realizar pruebas bioquímicas de hongos de los Cuchumatanes, con el fin de detectar sustancias útiles y tóxicas. Además ofrece ayuda en la identificación hasta especie de ciertos grupos fúngicos.
- Dr. Robert Perrin, Investigador del INRA de Dijon, Francia, para ayudar en la identificación de boletales, hongos comestibles y reforestación con micorrizas en la Sierra de los Cuchumatanes y otras áreas del país.
- Dres. Xavier Parladé y Joan Pera, investigadores del IRTA de Cabriils-Barcelona, para asesorar en el proyecto de reforestación y síntesis micorrícica en el área de los Cuchumatanes. Ellos están con la disposición de venir a Guatemala.

Se logró el aislamiento de cuatro cepas de hongos: *Laccaria aff bicolor* y *Suillus sp.* provenientes de bosques de *Pinus rudis* en Tzichim, y *Amanita aff rubescens* y *Lactarius salmonicolor* en *Abies guatemalensis*. El mejor medio para el cultivo de estos hongos fue el MMN con adición de rosa de bengala para disminuir el apareamiento de colonias bacterianas. En algunos especímenes fue muy notoria la asociación con bacterias en los tejidos, principalmente en el estípites de hongos frágiles.

Se tiene en cepario un cultivo puro de *Octavianina sp.* colectada en Tonicapán, creciendo asociada a *Pinus ayacahuite* y *Abies guatemalensis*. También se encuentran en cepario cinco cepas españolas (*Laccaria*

- Dr. Mario Honrubia, de la Universidad de Murcia, España, para trabajar en la identificación de hongos ectomicorrícicos en coníferas y leguminosas en las partes bajas de la Sierra. Por medio suyo se ha logrado que la Universidad de San Carlos participe en un proyecto interuniversitario iberoamericano sobre utilización de micorrizas en zonas semiáridas a partir de 1998.

Respecto a la parte etnomicológica se logró detectar que existe poco conocimiento de la micoflora de las áreas de muestreo. Solamente algunos hongos son aprovechados como comestibles: *Lactarius salmonicolor*, *Cantharellus cibarius*, *Ramaria sp.*, *Melanoleuca sp.*, *Clitocybe sp.* y posiblemente *Russula olivacea*. (Ver foto No. 1 en anexo).

No son aprovechados los cuerpos fructíferos de *Morchella*, *Suillus*, *Gomphus*, *Hydnum* y *Amanita rubescens*. Se cuenta además con el nombre en idioma mam de las especies más conocidas por la población encuestada (*Cantharellus cibarius*: Xul, *Russula olivacea*: Chuql, *Melanoleuca* y *Clitocybe spp.*: Xeu, *Lactarius salmonicolor*: Chuk chuk, *Lactarius mexicanus*: Piosh, *Boletus sp.*: Panbuc).

Como hongos medicinales se encontró que las distintas especies de *Geastrum* son empleadas como cicatrizantes cutáneos. (Ver foto No. 2 en anexo).

En las encuestas realizadas y en los muestreos con distintos guías se encontró que muchas personas reconocen que los mejores hongos comestibles sólo crecen en los bosques y que mientras menos bosque hay, menos hongos crecen. Este es un dato importante que se considerará para el desarrollo de la educación forestal que están promoviendo las entidades cooperantes.

Finalmente, los convenios de cooperación interinstitucional con PRODEFOR, PROYECTO CUCHUMATANES, CUNOROC, UNEPROCH, ICTA y próximamente con INAB y CONCYT son y serán una base firme para el diseño de proyectos efectivos para el manejo de los recursos naturales de los Cuchumatanes. (Ver foto No. 3 en anexo).

V. DISCUSION DE RESULTADOS

El listado de hongos ectomicorrizógenos es el resultado de muestreos cada tres a cuatro semanas desde el inicio de la época lluviosa de 1997.

Es de hacer notar que este año afectó seriamente el fenómeno meteorológico de la corriente de El Niño, el cual incidió en el retraso de las lluvias en el territorio nacional y en la distribución de las mismas. La época de invierno en los Cuchumatanes se inició en el mes de junio, con un mes de atraso, y las lluvias de los meses siguientes no fueron tan copiosas como años anteriores. De hecho, el departamento de Huehuetenango fue uno de los más afectados hasta con un 40% de reducción de lluvias por El Niño.

Este año se hizo un mayor énfasis en la colecta de hongos de rodales de *Abies guatemalensis* y *Pinus rudis*, por localizarse éstos en las mayores altitudes de la Sierra (3000-3700 mts). Las características que se tomaron en cuenta para la selección de los puntos de muestreo fueron: el acceso, cantidad de regeneración natural, grado de perturbación y calidad fitosanitaria del bosque). Se colectó principalmente en rodales de pinabete por ser éste una especie en peligro de extinción en nuestro país y por la reducción de los bosques de *Abies* de la sierra de los Cuchumatanes.

Pinus rudis sufre una fuerte amenaza por su utilización como fuente de leña y elaboración de tabla. Han sido varios los intentos de reforestación con esta especie pero la carencia de plántula micorrizada y con buen desarrollo radicular, no ha facilitado la sobrevivencia y desarrollo de la misma. Además, la regeneración natural se ve dificultada por el pastoreo ovino y el creciente cultivo de papa.

Como se mencionó anteriormente, no se pudo determinar hasta especie la mayoría de los especímenes colectados por la carencia de claves específicas para nuestro país. Si bien son de gran ayuda las claves norteamericanas y mexicanas, el posible endemismo y variación

necesitan de estudios más profundos con ayuda de especialistas en cada uno de los órdenes y/o géneros encontrados. Ha sido una gran fortuna contar con el apoyo de investigadores y especialistas extranjeros para llevar a cabo esta ampliación del proyecto en 1998.

Si bien la riqueza fúngica de los bosques de abetos es menor a la de bosques de pino, en este año se encontraron 13 géneros de hongos ectomicorrizógenos en comparación a los 11 géneros encontrados en bosques de pino. Este dato podrá variar el año próximo al ampliar los muestreos a nuevas áreas de *Pinus rudis* y *Pinus ayacahuite*.

Una posible respuesta a este dato es que las áreas de pino seleccionadas fueron más pequeñas, más expuestas al pastoreo y a la colecta de hongos comestibles en primeras horas de la mañana.

Dado que esta investigación es un estudio pionero en nuestro país, se consideró oportuno coleccionar hongos saprofitos, para ampliar el conocimiento de la biodiversidad local y nacional y buscar entre ellos alternativas alimenticias provenientes de bosques a conservar y/o manejar.

De los veintidós géneros saprofitos de bosques de pinabete, cuatro géneros presentan especies comestibles (*Phoglotis helvelloides*, *Helvella crispa*, *H. lacunosa*, *Melanoleuca sp.*, y *Clitocybe sp.*). Quedan pendientes de análisis una especie de *Agaricus* y la(s) especie(s) de *Morchella*. Algo similar sucede en los rodales jóvenes de pino.

El aislamiento y cultivo de cepas endémicas de hongos ectomicorrízicos es una fase que necesita tiempo y recursos. Se observó que el aislamiento de cepas de hongos pioneros ectomicorrizógenos, puede llegar a ser bastante complicada si presentan asociación bacteriana en sus tejidos, como parece suceder con *Laccaria*.

Algunos hongos no crecen, o desarrollan muy poco en los medios de cultivo, por la necesidad de ciertos extractos radiculares. El medio que mejor se comportó para el aislamiento miceliar es el MMN con rosa de bengala, que reduce el crecimiento bacteriano, aunque dificulta la detección del micelio inicial por la tinción rosada del mismo. Se deben hacer trasposos a nuevos medios sin colorante.

Se puso mucho cuidado en aquellos hongos con mayor potencial micorrízico para las etapas iniciales de las plantas (*Laccaria*,

Suillus, *Inocybe*, *Amanita*) y en aquellas de mayor valor alimenticio y culinario (*Lactarius*, *Cantharellus*, *Hydnum*, *Gomphus* y *Russula*) así como en otras de valor micorrízico (*Cortinarius*, *Tricholoma* y *Thelephora*). (Ver foto No. 5 y 6).

En esta primera fase se logró el cultivo puro de dos hongos micorrízicos asociados a pinabete de los Cuchumatanes: *Amanita aff rubescens*, *Lactarius salmonicolor* y posiblemente una especie de *Laccaria*, que fructificó en un área de *Abies* y *Pinus rudis*. Se ha visto que el aislamiento y cultivo puro de cepas de hongos asociados a abetos es sumamente difícil; sin embargo, existen cultivos puros de cepas de *Lactarius*, *Amanita*, *Cenococcum*, *Boletus* y otros hongos en ceparios europeos y norteamericanos.

El estudio de estos hongos se mantiene aún como una línea importante de investigación en esos lugares ya que son una alternativa que favorece el desarrollo de vástagos enraizados.

El aislamiento de *Laccaria bicolor* y *Suillus sp.*, provenientes de rodales de *Pinus rudis*, son el resultado de repetidas pruebas de aislamiento y purificación. Las cuatro cepas serán empleadas para la producción de los primeros inóculos. Se tiene además contemplado utilizar una cepa de *Octavianina sp.*, obtenida de un bosque de *Pinus ayacahuite* y *Abies guatemalensis* en Panquix, Totonicapán. (Ver foto No. 7, 8 y 9 en anexo).

Los cultivos puros de las cepas se han transferido a medio líquido MMN para su incremento miceliar. Posteriormente se transferirán a frascos con turba, vermiculita y solución nutritiva donde permanecerán por un espacio de dos meses. Una vez disperso el micelio en el sustrato, éste se empleará como inóculo. Se tiene prevista la inoculación de las plantas experimentales a finales del primer semestre de 1998 y efectuar pruebas en vivero simple en la capital y en Huehuetenango, con la ayuda de las entidades cooperantes (Proyecto Cuchumatanes, PRODEFOR, CUNOROC y Facultad de Agronomía de la USAC). La selección de cepas, inóculos y respuesta de las plantas al trasplante se verificará en las fases II y III del proyecto.

Respecto al estudio etnomicológico, se ve necesario dedicar mayor tiempo de permanencia en las zonas de muestreo, para recabar mayor información. Se tiene un pequeño listado de nombres en idioma Mam de hongos con valor alimenticio y medicinal, así como de las partes que constituyen los cuerpos fructíferos de los hongos.

En las áreas de muestreo se ha logrado detectar que existe, aparentemente, un escaso conocimiento de las especies de hongos que crecen en la región. Algunas personas que han servido como guías, llegan a confundir los nombres vernáculos y/o en castellano de los hongos que se les presentan.

Son apreciados como comestibles *Lactarius salmonicolor*, *Cantharellus cibarius*, *Ramaria sp.*, *Melanoleuca sp.* y *Clitocybe sp.* Como especies medicinales emplean a *Gastrum spp.* por su efecto antihemorrágico y cicatrizante. Sin embargo no se encontró nombre alguno para ejemplares notables como *Gomphus aff floccopus*, *Clavariadelphus truncatus*, *Hydnum aff umbilicatum*, *Inocybe spp.*, *Amanita rubescens*, *Phaeocollybia Kauffmanii* y *Morchella sp.* (Ver fotos No. 11, 12, 13 y 14 en anexo).

Se comenta que un factor determinante en el conocimiento de los hongos por la gente de la zona, es la muerte de muchas personas conecedoras durante la época del conflicto armado, en la década de los ochentas. Es notorio que quienes más saben sobre la micoflora del lugar son las personas de mayor edad y, aún así, hay desconocimiento de los nombres y utilidad o peligrosidad en el consumo de ciertos hongos, como el caso de *Morchella* y *Gomphus*. (Ver fotos No. 15, 16 y 17 en anexo).

En los muestreos se logró detectar, por medio de encuestas, la presencia de un boletal en bosques de pino, posiblemente *Boletus aff edulis*. Este se deberá buscar el próximo año para estimular su producción a través del cuidado de áreas boscosas y de su comercialización. Se cree que sea esta especie, ya que se encontró en Ixchiguán y Tajumulco, San Marcos, en una zona de vida igual a la del área de muestreo en los Cuchumatanes. (Ver Mapa en anexo).

La gente de Ixchiguán ha conseguido asesoría de un grupo de sacerdotes italianos, padres cayetanos, quienes les han enseñado a comer y comercializar el *Boletus edulis*. De hecho, los hongos los mandan a la capital donde son vendidos a muy buen precio por su calidad culinaria (Q40.00 la libra). Ultimamente los están desecando y se está promoviendo su exportación a Italia. Estos hechos son actividades que podrían realizarse en los Cuchumatanes con el apoyo de las entidades cooperantes y del estudio taxonómico y etnomicológico de este proyecto.

De lo observado en este año, conviene analizar las cualidades organolépticas y de digestibilidad del *Suillus* encontrado en pino, para estimular su consumo y comercio. Es notorio el número de carpóforos que se observan en los rodales jóvenes de *Pinus rudis*, los cuales no son aprovechados, a pesar del tamaño que alcanza, de su sabor y olor. Este será una pieza importante para el desarrollo de un plan de concientización para el cuidado del pino de la zona y de los productos que se pueden obtener de áreas de reforestación.

Finalmente, respecto a la conservación de las especies forestales seleccionadas, se ha visto conveniente fomentar la regeneración natural de *Abies guatemalensis*, ya que la producción de planta micorrizada con hongos de la zona, será un proceso más largo, que implicará trabajo multidisciplinario: estudio sobre germinación de semillas, técnicas de enraizamiento de yemas y de plántulas obtenidas por cultivo de tejidos, etc.

Respecto a las especies de pino, *Pinus rudis* conviene cultivarse para la reforestación de las partes más altas. Es una especie con mucha demanda en la zona y de la cual ya se tienen los primeros cultivos miceliarios de hongos asociados. Además es una conífera menos exigente que el pinabete y su cultivo en contenedor podrá ser de mucho beneficio en la producción de plantas más vigorosas y más resistentes al trasplante.

Los sitios muestreados poseen muy buena regeneración natural, aunque conviene protegerlos del pastoreo, ya que las ovejas se comen las plántulas y destruyen los cuerpos fructíferos de los hongos.

El fomento de este tipo de regeneración es una actividad que deberá estimularse en los Cuchumatanes, así como la búsqueda de alternativas que favorezcan la actividad económica de sus pobladores. Un ejemplo que podría considerarse para la zona podría ser el llevado a cabo en México. *Picea chihuahuanensis* poseía la misma situación que *Abies guatemalensis* en nuestro país.

Para promover su protección se hicieron estudios para, la introducción de un pino del Mediterráneo, el cual se desarrolló muy bien y fue promovido como árbol de Navidad, dejando buenas ganancias a los campesinos que los cultivaron. Esta iniciativa contribuyó a la mejora económica de los pobladores y a la conservación de *Picea* en el norte de México. (Ver foto No. 18).

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- En la Sierra de los Cuchumatanes existen hongos ectomicorrícicos genos exclusivos de zonas de abetos de norteamérica como *Gomphus*, *Cantharellus* y ciertas especies de *Lactarius*, *Tricholoma*, *Russula*, *Hydnum* y *Cortinarius*. Además se encuentran especies saprofiticas importantes como *Phaeocollybia*, *Morchella*, *Geastrum*, *Melanoleuca*, *Agaricus* y otros. Es muy probable que se encuentren especies endémicas por lo revisado bibliográficamente y la sugerencia de expertos extranjeros.
- El aislamiento de *Laccaria aff bicolor* y de *Suillus sp.* en *Pinus rudis*, permitirá la producción de inóculos efectivos para la micorrización de plantas de pino y pinabete, ya que son hongos altamente infectivos en las etapas iniciales de estas coníferas. Además sus cuerpos fructíferos son comestibles.
- El aislamiento y cultivo puro de hongos micorrícicos asociados al género *Abies* es una actividad que requiere continuas pruebas debido a las exigencias nutricionales y metabólicas de los hongos. Los hongos aislados, *Amanita aff rubescens* y *Lactarius salmonicolor*, pertenecen a etapas maduras de bosques de pinabete y ofrecen la ventaja de ser comestibles.
- La producción de inóculos y las pruebas de micorrización se realizarán en 1998 por el atraso sufrido en la obtención de cultivos puros de las cepas nativas.
- Se detectó que existe poco conocimiento sobre la micoflora de las áreas muestreadas. Los hongos más conocidos como alimento son *Lactarius salmonicolor* y *Cantharellus cibarius*. Otros comestibles son: *Ramaria sp.*, *Melanoleuca sp.*, y *Clitocybe sp.* Desconocen, aparentemente, el valor de *Morchella sp.*, *Hydnum spp.*, *Amanita aff rubescens* y *Gomphus aff floccopus*. El género que se emplea como medicinal es *Geastrum*.

- Solo algunas personas han podido dar nombres vernáculos para las especies comestibles y para algunas de las estructuras que conforman los cuerpos fructíferos (píleo, estípote, láminas, venas). Existe conciencia que los mejores hongos comestibles provienen de los bosques de pinabete y pino.
- Se ha obtenido buen apoyo interinstitucional para el desarrollo del proyecto para este año y los próximos, así como apoyo y asesoría de expertos extranjeros.

Recomendaciones

- Continuar la investigación y aislamiento de micelio de hongos asociados a *Abies* y *Pinus* con otros medios de cultivo. Solicitar donaciones de equipo que faciliten el aislamiento y purificación de las cepas.
- Iniciar la síntesis micorrícica de *Abies* y *Pinus* con las cepas aisladas y con algunas de las donadas, a fin de determinar el comportamiento de las cepas.
- Ejecutar salidas de campo más largas, para poder recabar mayor información etnomicológica, ampliar el área de muestreo y poder trabajar con mayor detenimiento en el aislamiento e identificación de hongos en las instalaciones del ICTA de Quetzaltenango.
- Solicitar apoyo para el envío de muestras de los hongos colectados al extranjero, para su completa identificación taxonómica y conocer las utilidades que se puedan derivar de ellos .
- Profundizar en el estudio de los hongos comestibles de la zona para su mejor aprovechamiento y beneficio de las comunidades campesinas.
- Facilitar las ayudas necesarias para el perfeccionamiento profesional del equipo de investigación y para lograr traer a Guatemala a los expertos interesados en apoyar más de cerca el proyecto.
- Se solicita a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia apoyar con vehículo para los viajes de campo, ya que éste fue un factor de atraso en las fechas de colecta de este año.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1 Referencias

- Díaz A. Estudios de la reducción del bosque de pinabete (*Abies guatemalensis*) y sus condiciones microclimáticas de germinación *in situ* en Palestina de los Altos, Quetzaltenango. Tesis de graduación. Facultad de Agronomía. USAC. Guatemala, 1993.
- Flores R. Hongos ectomicorrícicos asociados a *Abies guatemalensis* en rodales de Todos Santos Cuchumatanes, Huehuetenango, Guatemala. Balam Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC. Guatemala, 1994.
- Flores R. Micorrización de *Pinus ayacahuite* con diversas especies fúngicas. Barcelona, España 1995. (Pendiente de publicación).
- Valdés M. Inoculación micorrícica y crecimiento de plántulas de pino en suelo erosionado. Bol Soc Mex Mic. 18:65-70, 1983.

2 Bibliografía General

- Alvarez I. Ecología, fisiología e implicaciones prácticas de las ectomicorrizas. Depto. De Patología Vegetal. IRTA, Cabrils, Barcelona, 1990.
- Cazares E., García J., Castillo J. Hipogeos fungi from northern of Mexico. Mycología 1992. 84(3): 341-359.
- Branzanti B. Simbiosi micorrizica (Introduzione alla micologia) Edagricole: Bologna, 1986.
- Castellano MA, Trappe JM, Maser Z, y Maser Ch. Key of the Genera of Hypogeous Fungi of North Temperate Forest with special reference to animal mycophagy.

- Chilvers G., Douglass P., Lapeyrie F. A paper sandwich technique for rapid synthesis of ectomycorrhizas. New Phytol, 1986 103:397-402.
- Cruz UB. Cultivo in vitro y caracterización de micelio de basidiomicetos ectomicorrizógenos. Tesis doctoral. UNAM : Fac. de Ciencias. México 1990. 123 pp.
- Danell E y Fries N., Methods for isolation of *Cantharellus* species, and the synthesis of ectomycorrhizae with *Picea abies*. Mycotaxon.1990. VolXXXVIII, pp. 141-148.
- Díaz AL., Estudio de la reducción del bosque de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) y sus condiciones microclimáticas de germinación in situ en Palestina de los Altos, Quetzaltenango. Tesis de graduación. USAC:Fac. de Agronomía. 1993.
- Estrada-Torres A., La Etnomicología: Avances, problemas y perspectivas. Examen predoctoral. Instituto Politécnico Nacional:Escuela de Ciencias Biológicas. México 1989. pp.59.
- Fortin JA., Piché I. Technique for the observation of early morphological changes during ectomycorrhizal formation. Can J Bot, 1980. Vol. 58.
- Fries N., et al. Abietic acid, an activator of basidiospore germination in ectomycorrhiza species of genus *Suillus* (*Boletaceae*). Exp Mycology 1987 11:360-363.
- Iyer J., Grey R. Wild R. Mycorrhiza: Facts and fallacies. J. Arboriculture 1980. 6.8:203-220.
- Jeffries P. Use of mycorrhiza in agriculture. CRC Biotechnology England 1987 5;4
- Kropp B., Langlois Ch. Ectomycorrhiza in reforestation. Can J For Rev. 1990 20.
- López CO. Zonificación geográfica y Determinación de fuentes semilleras de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en la Sierra de los Cuchumatanes, Huehuetenango. USAC-DIGI. 1996. pp.24
- Marx D. Mycorrhiza of exotic trees in Peruvian Andes and syntesis of mycorrhiza on Mexican pines. Forest Sciences, 1975 21:4; 353-358.
- Marx D. Syntesis of ectomycorrhiza on

- Loblolly pine seedlings with basidiospores of *Pisolithus tinctorius*. Forest Science 1976 22:1; 13-20.
- Marx D. El manejo de hongos micorrícicos y la introducción de especies de árboles exóticos. INIA, España. Documento básico. 1982. 34 pp.
 - Mosse B. Le-Tacon F. Ecology of mycorrhiza and mycorrhiza fungi. Advance in Microbial Ecology. 1981 5;137-210.
 - Parlade X. Técnicas de inoculación de abetos de Douglas (*Pseudotsuga menziensis*) con hongos ectomicorrícicos y su aplicación en reforestación. UAB: Barcelona 1992.
 - Parlade X. Importancia de la existencia de hongos ectomicorrícicos en las tierras a repoblar. Micorrización de plantas de vivero. IRTA. Cabrils, Barcelona. 1994.
 - Peña Cabriales J. y Valdés M. Rhizosphere du sapin (*Abies religiosa*). II Mycorrhiza isolament et culture. Can J. Microbiol 1974. 20.
 - Pera J. Selección de hongos ectomicorrícicos de *Pinus pinaster* para su aplicación en reforestación. UAB. Barcelona, 1992.
 - Trappe J. Fungus associate of ectotrophic mycorrhiza. Bot Rev 1962. USA.
 - Trappe J. Studies on *Cenococcum graniforme*. I An efficient method for isolation from sclerotia. Can J Bot 1969. 47:9.
 - Singer R., García J y Gómez LD. The Boletinae of Mexico and Central America I & II. J. Cramer . Stuttgart. 1990. 70 pp.
 - USDA Department of Agriculture Forest Service. The Container Tree Nursery
 - Valdés M., Martínez-Amores E. Seedling growth and ectomycorrhizal colonization of *Pinus patula* and *Pinus radiata* inoculated with spores of *Helvella lacunosa*, *Russula brevipes* and *Lycoperdum perlatum*. New Forest, 1991. 4;237-245.
 - Valdés M., Quintos M. El desarrollo de micorrizas y el crecimiento de plántulas de pino real (*Pinus engelmannii*) al inocularse con *Pisolithus tinctorius*. Rev. Lat Amer Microbiol, 1987. 29:189-192.
 - Wheeler D. Toward Mycostry. J of Mushroom. 1994. pp 5-6.

ANEXO

GLOSARIO

BIOTECNOLOGIA: Uso de organismos vivos o parte de ellos para la producción en gran escala de productos valiosos

BROZA: Conjunto de hojas, ramas y otros despojos de plantas que se depositan en el suelo del bosque.

CARPOFORO: Cuerpo fructífero de un hongo

CEPA: Una población de células descendientes todas de una sola célula; un clón.

CONIFERA: Arbol dicotiledóneo de hojas lineales y persistentes, fruto cónico y ramas de contorno también cónico como el pino.

CONTENEDOR: Recipiente plástico o de cartón, de capacidad y forma normalizada internacionalmente usado para el crecimiento de plántulas en un sustrato a nivel de invernadero.

CUERPO DE FRUCTIFICACION: Una estructura reproductiva macroscópica producida por algunos hongos, por ejemplo las setas. Los cuerpos de fructificación son diferentes en tamaño, forma y coloración para cada especie.

CULTIVO. Cepa o clase particular de un organismo que crece en un medio de laboratorio.

CULTIVO PURO: Un organismo que se desarrolla en ausencia de cualquier otro organismo.

DEFORESTACION: Eliminación de plantas forestales de un terreno.

ECTOMICORRIZA. Micorriza en la cual el hongo penetra en las células corticales del hospedero y forma un manto externo de tejido fúngico, que envuelve la raíz.

EDAFICO: Pertenciente o relativo al suelo, especialmente en lo que respecta a la vida de las plantas.

ENDEMICO: Suceso que se repite precisamente en una región o país. En Ecología se aplica a un determinado organismo, confinado en un país o región

ENDOMICORRIZA: Micorriza en la cual el hongo no forma manto y se extiende extracelularmente e intracelularmente en las células corticales de la raíz.

EROSION: Conjunto de procesos que causan variaciones en el relieve de la superficie terrestre. La erosión que sufre la Tierra en su estado natural sin estar alterada por la actividad humana.

La erosión que se efectúa en la Tierra usada para la producción de cultivos o en Tierra cuya condición natural ha sido modificada en alguna otra forma por las actividades humanas.

ETNOMICOLOGIA: Es el estudio de la utilización de los hongos por las comunidades.

FERTILIZANTE: Material que proporciona uno o más de los nutrientes, para los vegetales en una condición adecuada para que lo usen las plantas.

FERTIRRIGAR: Aplicación de fertilizantes en forma de riego por aspersión.

HIFA: Filamento o hebra de un micelio.

HIPOGEO: Hongo que produce el cuerpo fructífero en forma subterránea, ejemplo las trufas.

INOCULO: Material utilizado para iniciar un cultivo microbiano.

MACROELEMENTOS O ELEMENTOS MAYORES: Son aquellos elementos que la planta necesita en más o menos grandes cantidades como lo son el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre.

MANTO FUNGICO: Capa de micelio que cubre la raíz de una ectomicorriza.

MICELIO: Conjunto de hifas

MICORRIZA: Es la asociación simbiótica entre las raíces de plantas superiores y el micelio de cierto grupo de hongos.

MICORRIZICO OBLIGADO. Planta que para su desarrollo y supervivencia dependen totalmente del hongo micorrízico.

MICORRIZACION: Acción y efecto de micorrizar.

MICROELEMENTOS O ELEMENTOS MENORES: Se le denomina a los nutrimentos requeridos para la planta en cantidades considerablemente menores. Incluyen el hierro, el boro, el zinc, el manganeso.

MICROFLORA: MICROBIOTA

ORGANOLEPTICO: Propiedades de los cuerpos que se perciben por los órganos de los sentidos.

SAPROFITO: Organismo que usa materia orgánica muerta o en descomposición como alimento.

SIMBIOSIS: Interrelación entre dos organismos. Dependencia mutua

TURBA: Material no consolidado del suelo que consiste principalmente en materia orgánica descompuesta ligeramente, o sin descomponer acumulada bajo condiciones de humedad excesiva. La turba empleada en el proyecto es Musgo Sphagnum.

VERMICULITA: Mineral arcilloso expandible.

VERNACULO: Nativo, propio del país. Dícese especialmente del idioma.

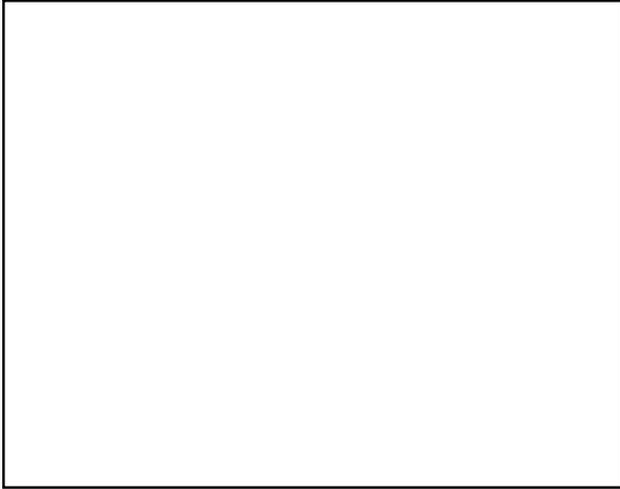


FOTO No. 1 *Russula olivacea* es uno de los hongos más grandes del bosque de pinabee, se caracteriza por el color violaceo del sombrero y las tonalidades rosadas al tacto en el pie.

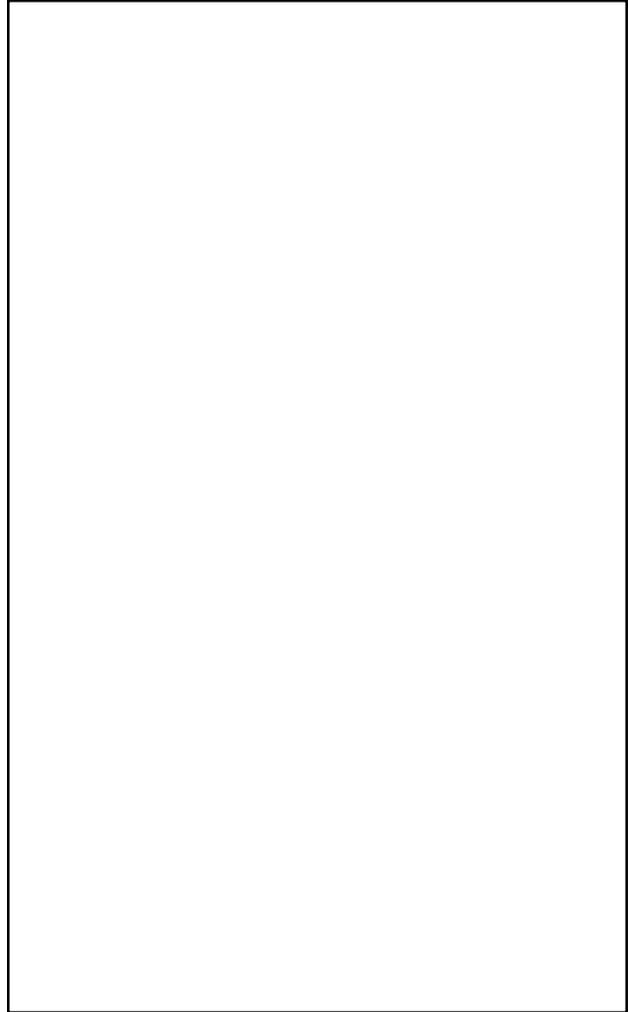


FOTO No. 3 Rodal de *Abies guatemalensis* en Puerta del Cielo (3500 mts. Snm). Este lugar se caracteriza por poseer abundantes afloramientos rocosos en la parte más alta y una buena regeneración natural.



FOTO No. 2 *Geastrum triplex*, saprófito, es empleado como cicatrizante de heridas y escaldaduras. Se hacen emplastos con sus esporas.

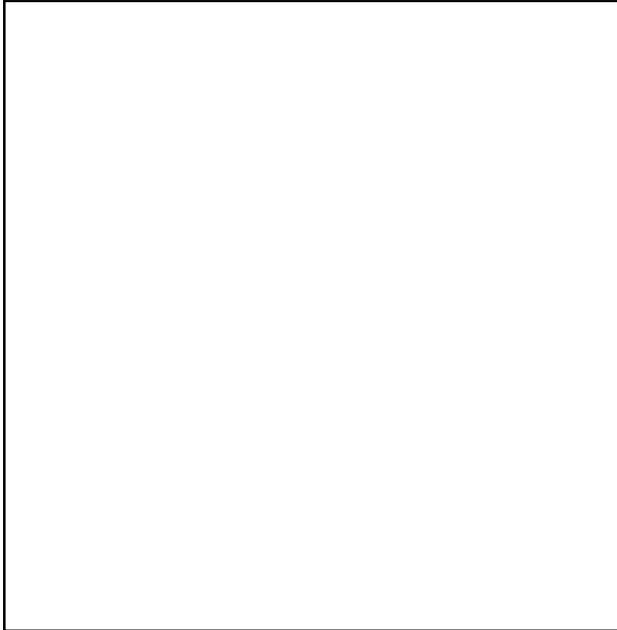


FOTO No. 4 Puerta del Cielo es uno de los mejores rodales de *Abies guatemalensis* en los Cuchumatanes, donde se aprecia una buena regeneración natural.

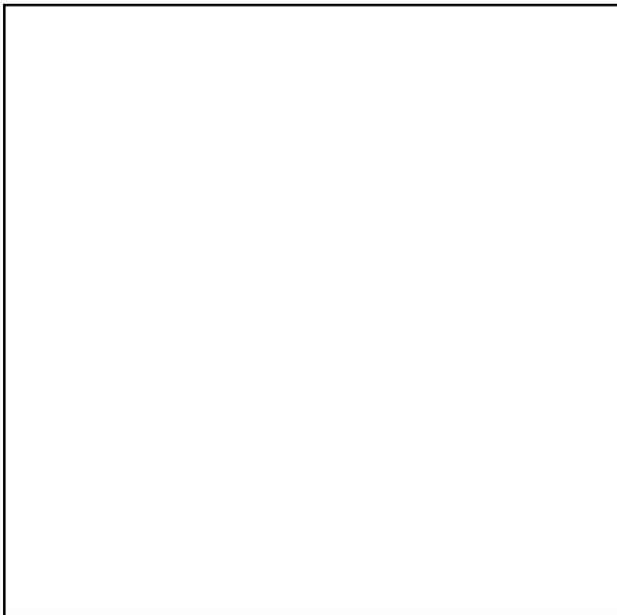


FOTO No. 5 *Inocybe* sp. Asociado a una plátula de *Pinus rudis* en Tzichím, en un área de regeneración natural. En los bosque muestreados se encontraron abundantes cuerpos fructíferos de *Inocybe* spp. Debido a que su aislamiento es dificultoso, se están ensayando inóculos a base de esporas en otros países, por sus excelentes cualidades micorrícicas.



FOTO No. 6 *Cortinarius* sp. En Puerta del Cielo es uno de los géneros más abundantes y con mayor cantidad de especies. Muchos cortinarios no son comestibles pero son buenos formadores de micorrizas.

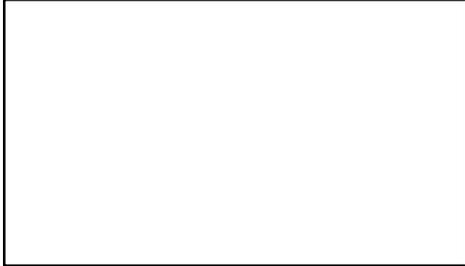


FOTO No. 7 *Laccaria aff bicolor* en bosque de *Pinus rudis*, de donde se han hecho cultivos puros e inóculos.



FOTO No. 8 *Suillus* sp. boletáceo comestible no aprovechado en los lugares de muestreo. Excelente micorrízico para plantas de pino jóvenes.

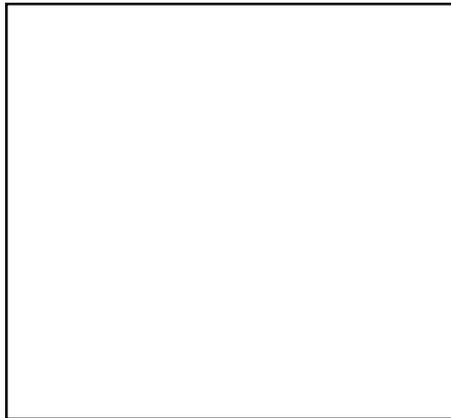


FOTO No. 9 *OCTAVIANINA* sp. hongo hipogeo encontrado en Tonicapán en bosques *Abies* y *Piayacahite*.



FOTO No. 10. Guía de Tuicoj, Todos Santos Cuchumatán, después de una colecta en el bosque *Abies*.

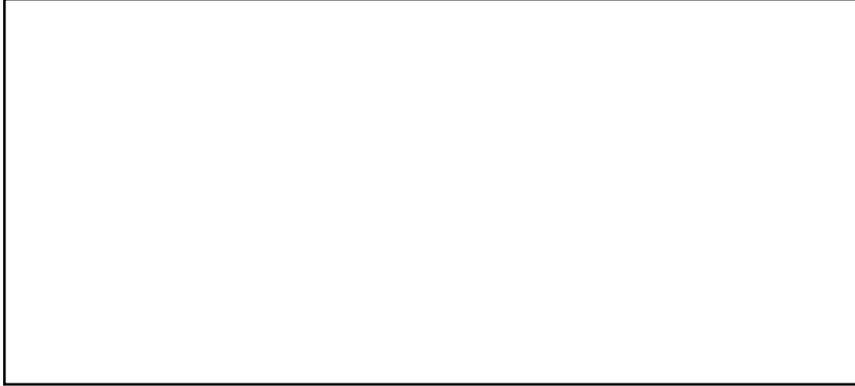


FOTO No. 11 Cuerpos fructíferos de *Lactarius salmonicolor* (*chuk.chuk*) es el hongo comestible más abundante del bosque de pinabete de los Cuchumatanes. De adulto alcanza hasta 15 cm de diámetro en el sombrero.

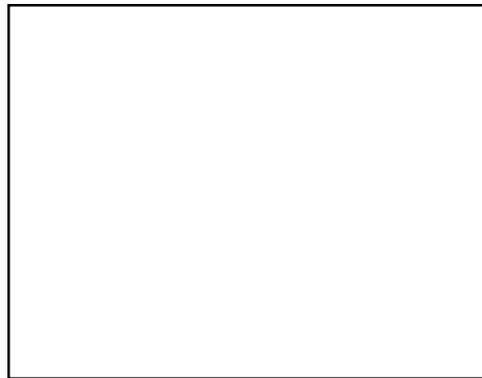


FOTO No. 12 y 13 *Cantharellus cibarius* (XUL) es el más apreciado de los hongos comestibles del bosque de *Abies* y *Pinus* de los Cuchumatanes.



FOTO No. 14 *Amanita cubescens*.

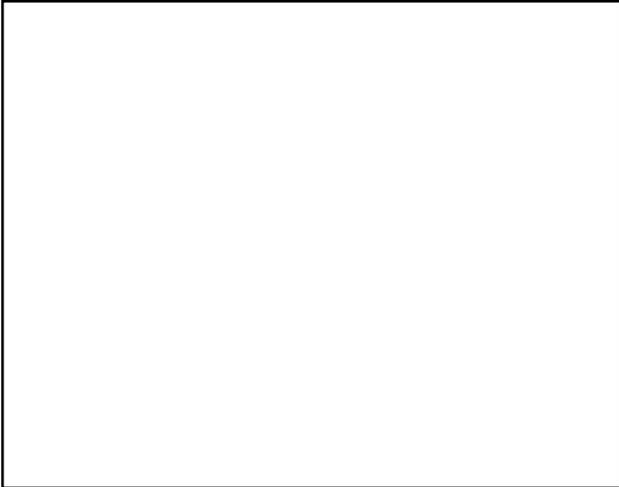


FOTO No. 15 *Morchela* sp. Especie no micorrícica que no se reportó comestible en el área; sin embargo en otros países es uno de los hongos más apreciados por su valor culinario.

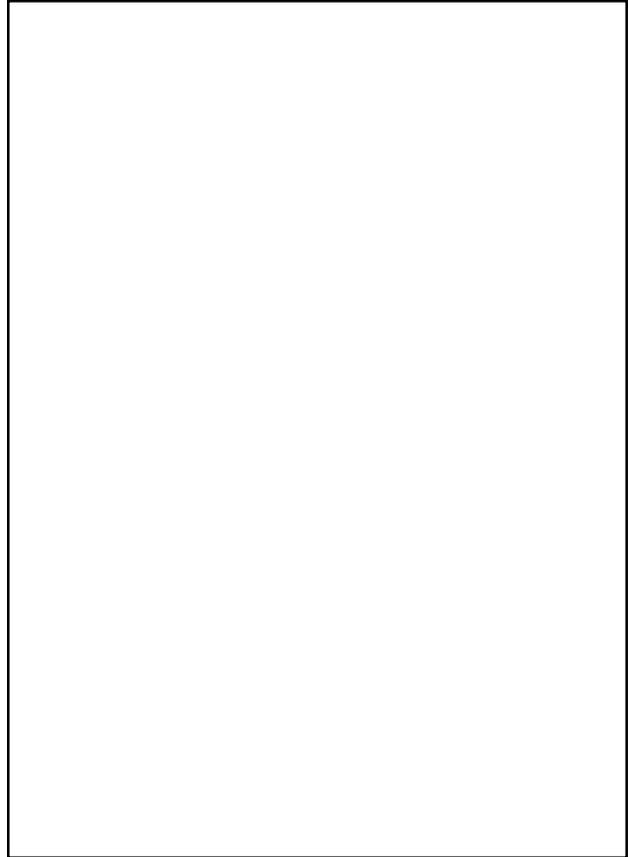


FOTO No. 16 *Gomphus aff floccopus*. Este hongo, propio de los bosques de *Abies*, parece tener una especie o variedad endémica en los Cuchumatanes. Puede alcanzar hasta 30 cm. de altura, no se utiliza como alimento.



FOTO No. 17 *Lactarius mexicanus*, es uno de los hongos más grandes y llamativos del bosque de *Abies*. No es comestible por su látex amargo y picante.

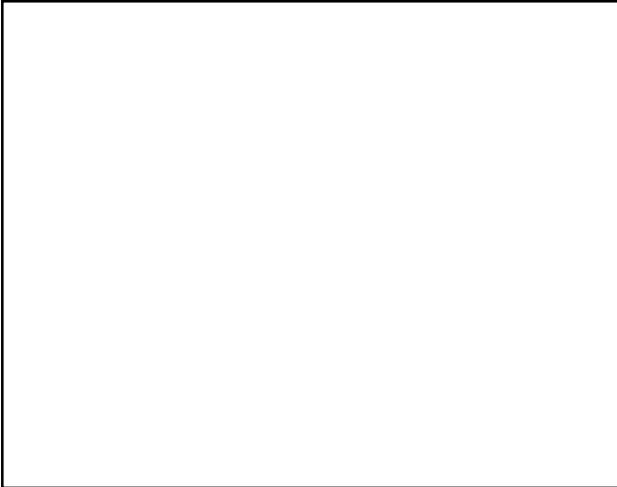


FOTO No. 18 Vista de una cumbre de los Cuchumatanes con cobertura de Pinabete. (*Abies guatemalensis*).

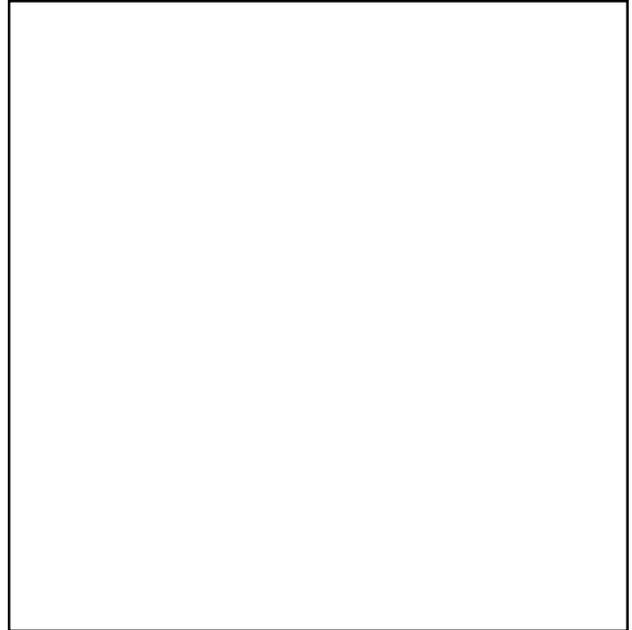


FOTO No. 19 Regeneración de *Pinus rudis* en Tzichím.

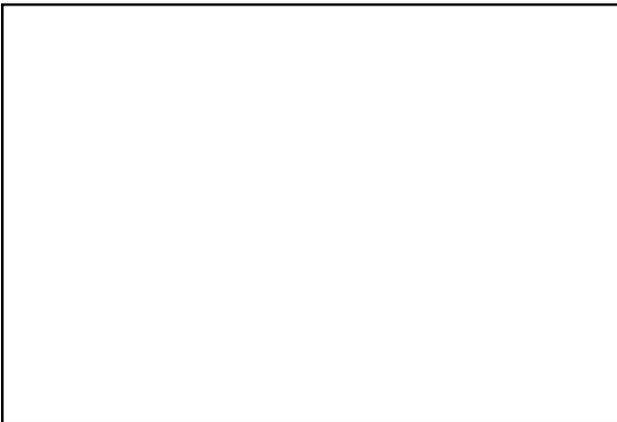


FOTO No. 20 *Helvella lacunosa*, uno de los hongos saprófitos más abundantes de los bosques de pinabete de México y Guatemala. En México se ha reportado como comestible en algunas comunidades indígenas, aunque en otras se considera tóxico.



FOTO No. 21 *Clavariadelphus truncatus*, hongo saprófico del bosque de pinabete.

