

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



**DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS, DE CULTIVO
in vitro DE CEPAS DE *Pleurotus* AISLADAS EN GUATEMALA**

BRICEYDA JEANETHE PEREZ ROLDAN

QUIMICO BIOLOGO

Guatemala, Mayo del 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



**DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS, DE CULTIVO
in vitro DE CEPAS DE *Pleurotus* AISLADAS EN GUATEMALA**

INFORME DE TESIS

Presentado por

BRICEYDA JEANETHE PEREZ ROLDAN.

Para optar el título de

QUIMICO BIOLOGO

Guatemala, Mayo del 2006

ÍNDICE

	Pág.
I. Resumen	1
II. Introducción	3
III. Antecedentes	
A. Generalidades	5
B. Taxonomía del género <i>Pleurotus</i>	6
C. Descripción de algunas especies de importancia del género <i>Pleurotus</i>	7
D. El género <i>Pleurotus</i> en Guatemala	10
E. Factores que afectan el crecimiento de <i>Pleurotus</i>	11
F. Requerimientos nutricionales	13
G. Historia del cultivo de <i>Pleurotus</i>	14
H. Estudio de <i>Pleurotus</i> en otros países	14
IV. Justificación	17
V. Objetivos	19
VI. Hipótesis	20
VII. Materiales y métodos	21
VIII. Resultados	29
IX. Discusión de resultados	46
X. Conclusiones	53
XI. Recomendaciones	54
XII. Referencias	55
XIII. Anexos	60

I. RESUMEN

Pleurotus sp. es un hongo comestible que se encuentra en forma silvestre en varios lugares de Guatemala, tales como Jacaltenango (Huehuetenango), San Mateo Ixtatán (Huehuetenango), Tactic (Alta Verapaz), Santa María de Jesús (Sacatepéquez), Mixco y Ciudad de Guatemala (Guatemala) en los cuales también se consume.

En este estudio se evaluaron ocho cepas de *Pleurotus* (*Pleurotus levis*, *P. ostreatus*, *P. djamor* var. *djamor*, y *P. djamor* var. *roseus*). Se describen las características coloniales de cada una de ellas. Todas presentan un micelio de color blanco, una textura algodonosa, regular cantidad de micelio aéreo en los tres medios de cultivo (PDA, ASD y AEM) y temperaturas estudiadas (18, 24 y 26°C), a excepción de la cepa 50.2002 que evidenció color beige, textura fina y carencia de micelio aéreo en las mismas condiciones. Microscópicamente todas presentan hifas de paredes delgadas con fíbulas.

También se evaluó la tasa radial de crecimiento. La cepa que presentó la mejor tasa radial de crecimiento (mm/día) fue *P. ostreatus* 06.2003 en el medio PDA a 18, 24 y 26°C, así como en el medio AEM a 24 y 26°C; seguida de la cepa *P. djamor* var. *roseus* 03.2002 en los medios PDA y ASD a 24°C. La cepa *P. levis* 50.2002, fue la que obtuvo la menor tasa radial de crecimiento.

Para las ocho cepas de *Pleurotus*, se determinó que existe diferencia significativa cuando se comparan las cepas, el medio de cultivo y la temperatura ($p < 0.05$) de cada una de las especies evaluadas; a excepción de las cepas de *P. djamor* var. *djamor* 70.2003 y 138.2001 en las cuales no existió diferencia significativa ($p > 0.05$).

La producción de biomasa fue mayor en *P. djamor* var. *roseus* 131.2002 en todos los medios a 26°C y la cepa con menor biomasa producida fue *P. levis* 50.2002, sin embargo,

al comparar los resultados obtenidos en los diferentes medios de cultivo y temperaturas no tuvo una diferencia estadísticamente significativa ($p>0.05$).

Los ejemplares herborizados correspondieron a dos variedades de *P. djamor* (var. *djamor* y var. *roseus*) y a las especies *P. levis* y *P. ostreatus*, los cuales fueron compatibles con las especies previamente identificadas, de conformidad con sus características macro y microscópicas.

Se recomienda evaluar el desarrollo de las cepas de *Pleurotus* a efecto de encontrar el mejor soporte para la producción de inóculo.

II. INTRODUCCIÓN

En Guatemala existen numerosas especies de hongos comestibles que crecen en forma silvestre en bosques y selvas, entre ellas muchas del género *Pleurotus*, las cuales son de reconocida comestibilidad.

Dentro de estas especies se han reportado en el país, *P. levis*, *P. djamor* var. *djamor*, *P. djamor* var. *roseus*, *P. ostreatus*, *P. cornucopiae*, *P. smithii* y *P. dryinus* (1-3). De las cuales, Bran y Col. (2002) han aislado en cultivo axénico el micelio de las cuatro primeras. Estas cepas podrían ser utilizadas tecnológicamente para la elaboración de inóculo y producción de cuerpos fructíferos para fines de consumo local y/o comercial. De esta manera no solo se contribuiría al aprovechamiento de los recursos naturales con los que cuenta el país, sino que también al desarrollo socioeconómico de las comunidades campesinas y a la conservación del medio ambiente a través de la adecuada utilización de los desechos agrícolas que pueden contaminar los sistemas naturales.

Para lo cual, se hace necesario que las cepas nativas aisladas sean debidamente estudiadas y caracterizadas *in vitro* tomando en cuenta los parámetros nutricionales y ambientales, lo que permitirá hacer una adecuada selección de la cepa para fines de elaboración de inóculo para producción de cuerpos fructíferos.

Por lo tanto, se describió las características de cultivo *in vitro* de cepas de *Pleurotus* aisladas en Guatemala.

Para ello se utilizaron tres medios de cultivo, 1. agar papa dextrosa (PDA), 2. agar extracto de malta (AEM) y 3. agar sabouraud dextrosa (ASD), así como las temperaturas de 18, 24 y 26°C por medio de los cuales se determinó en qué condiciones se obtiene una mayor producción del micelio *in vitro*.

Por otro lado, se realizó una revisión detallada de la descripción tanto de las características macroscópicas como microscópicas de la morfología de los ejemplares herborizados de los hongos silvestres colectados no solo para identificar y/o confirmar las especies, sino que además para contribuir con la elaboración de una futura monografía de las especies nativas de *Pleurotus*.

Para la interpretación de los resultados se aplicó un análisis de varianza factorial, en donde los factores fueron el tipo de cepa, los distintos medios y la variación de la temperatura.

III. ANTECEDENTES

A. Generalidades

La influencia de los hongos en el ambiente es enorme debido a que es el segundo grupo más numeroso en la tierra después de los insectos. Además los hongos tienen un papel ecológico muy importante en todos los ecosistemas como degradadores de materia orgánica, ayudando con la formación del suelo. Forman asociaciones simbióticas produciendo los líquenes y las micorrizas, por lo que la presencia de los hongos en el medio es trascendental (4-8).

Los hongos comestibles en general se dividen en dos grandes grupos: saprófitos y micorrícicos. Ambos grupos presentan características de cultivo muy diversas ya que las exigencias nutricionales y de temperatura son distintas. Los hongos saprófitos pueden producir cuerpos fructíferos en sustratos a base de desechos orgánicos y los micorrícicos solamente en unión específica a plantas luego de varios años (5, 7-10).

Uno de los principales intereses hacia los hongos ha sido su utilización como alimento. Los mismos han sido apreciados desde la antigüedad por griegos, romanos y consumidos por culturas orientales durante varios siglos. El interés de otros grupos culturales se ha basado en sus propiedades medicinales y en creencias religiosas, como lo ilustran algunos símbolos mayas (5-6).

Los hongos comestibles son consumidos en Guatemala desde tiempos inmemorables, tal como lo demuestra la actual tradición de buscar y comer hongos (11).

El país posee una microbiota sumamente interesante y rica en diversidad. El número de especies de macrohongos comestibles nativas reportadas hasta el año 2002 suman 79, entre las que destacan las especies de *Pleurotus*, (3, 9, 12-14).

Los estudios sobre los hongos comestibles silvestres fueron iniciados por Lowy en 1968 y 1972, quien consideró que los hongos representaban un papel importante en la sociedad maya, tal como lo presentan esculturas llamadas piedras-hongo. En 1975, Lowy informó sobre la micofagia que prevalece en los habitantes guatemaltecos y como prueba de ello, en los mercados se venden una gran variedad de hongos (6).

Los estudios de Argueta (13), Sommerkamp (12), Morales (11), Herrera (9), Flores y Col. (2001) y Bran y Col. (2002) han documentado la comestibilidad de *Agrocybe aegerita*, *Ainanita caesarea-complex*, *Auricularia fuscosuccinea*, *Caniharellus cibarius*, *C. odoratus*, *C. ignicolor*, *Cathatlasma ventricosa*, *Clavulina cinerea*, *Collybia buiyraceae*, *C. jainaiciensis*, *Helvella crispa*, *H. lacunosa*, *Hypomyces lactifluorum*, *Lactarius deliciosus*, *Laccaria amethystina*, *L. laccata*, *Laccaria ohiensis*, *Laccaria major*, *Lentinus lepideus*, *Morchella elata*, *Pleurotus levis*, *P. djamor* var. *roseus*, *Polyporus umbellatus*, *Schizophyllum commune* y *Tremella reticulata* (3).

B. Taxonomía del género *Pleurotus* (Fr.) Quél

Las especies de *Pleurotus* se caracterizan por presentar hongos de diferentes tamaños, se desarrollan sobre madera y usualmente crecen en grupos con estípites generalmente excéntrico, lateral, rudimentario o ausente, algunas veces central. Excepto algunas especies, no presenta velo ni anillo (15). Asimismo, es himenóforo con láminas.

Son de trama himenoforal completamente irregular, conformada por hifas de pared delgada o gruesa. Esporada color blanco puro o color crema más frecuentemente pálido. Esporas hialinas, lisas a veces cilíndricas, de pequeñas a largas, inamiloides; basidios normales, queilocistidios usualmente presentes, subhimenio bien desarrollado y bien diferenciado. Trama del píleo inamiloide, con numerosas fibulas. Distribución cosmopolita (16). Todas las especies son comestibles. Su clasificación es la siguiente (17):

Reino	Fungi
Phylum:	Basidiomycota
Subclase:	Basidiomycetes
Clase:	Agaricomycetidae
Orden:	Agaricales
Familia:	<i>Pleurotaceae</i>
Género:	<i>Pleurotus</i> (Fr.) P. Kumm, 1871

C. Descripción de algunas especies de importancia del género *Pleurotus*

1. *Pleurotus ostreatus* (Jacquim ex Fries) Kummer

a. Características macroscópicas

Píleo liso, a veces algo escamoso hacia el centro o base; de 5 a 10 cm de ancho (o hasta 15 cm), grisáceo con tonos o reflejos metálicos, láminas de color blanco o rosa amarillento en seco, poco o nada unidas entre sí en la base; más o menos delgadas y con bordes lisos, sésiles con estípite muy corto y mal definido, contexto color blanco, consistencia carnosos-correosa con color y sabor agradables. Crecen en grandes conjuntos sobre troncos podridos o árboles en zonas tropicales, subtropicales o bosque de pino y encino, es comestible (13-14, 16, 18-20).

b. Características miceliales

Micelio blanco, longitudinalmente radial, tomándose algodonoso, el micelio viejo secreta a menudo gotas amarillentas. Estado anamorfo desconocido (16).

2. *Pleurotus levis* (Berk & M.A Curtis)

a. Características macroscópicas

Píleo aterciopelado incluso en los estados adultos, 10 a 20 cm. de diámetro. Estípite excéntrico o lateral, a veces muy largo, de más de 10 cm. de longitud y profusamente cubierto de pelos grandes, mayores de 1 mm. de longitud, láminas continuas hacia el pie, color blanco o amarillento, crecen en troncos podridos en bosques subtropicales (15-16, 20-24).

b. Características miceliares

No reportadas. Estado anamorfo desconocido (24).

3. *Pleurotus dryinus* (Persoon) Kummer

a. Características macroscópicas

Píleo de 5 a 12.5 cm. de diámetro, algunas veces ampliamente convexo, superficie seca, cubierto con fibrillas grisáceas sobre un fondo blanco. Margen enrollado cuando es joven, decurvado al madurar, frecuentemente con velo blanco, ondulado. Contexto grueso, firme, blanco, olor agradable. Láminas decurrentes, distantes a subdistantes, algunas veces con hendiduras que bajan hasta el estípite. Estípite de 4-10 cm de longitud, 2-3 cm de ancho, excéntrico a central, sólido, blanquecino, a veces con un anillo membranoso de color blanco. Esporada de color blanco, microscópicamente se observan de 9-14 por 3.5-5 μm , elípticas, hialinas, lisas, inamiloides (15).

b. Características miceliares

En cultivo forma abundantes artrosporas de color amarillento a café. Estado anamorfo *Antromycopsis ruzena* Hilber (24).

4. *Pleurotus djamor* (Fries) Boedijn

a. Características macroscópicas

Fructificaciones carnosas, en forma de repisas redondas, píleo de 3 a 8 cm de ancho, a veces algo lobuladas, color blanquecino a café-amarillento claro o parduzco-grisáceo, principalmente en el centro; superficie lisa, láminas bien definidas. Estípites muy cortos sin presencia de velo. Contexto blanquecino, con sabor y olor semejante a harina fermentada o tortillas acedas. Crece en conjuntos sobre troncos podridos, a veces sobre árboles vivos, en lugares soleados (19, 21, 25).

b. Características miceliales

Micelio blanco; al principio es longitudinal, que al ir madurando se torna algodonoso. La mayoría de las cepas desarrollan tonos rosados fuertes cuando el micelio es maduro y alrededor de los sitios de formación de los primordios. Los primordios son rosa, formando a menudo colonias en racimo a lo largo de la periferia en el interior de la caja de Petri y/o alrededor de la inoculación. Estado anamorfo desconocido (7, 24).

5. *Pleurotus cornucopiae* (Fr.) Gillet

a. Características macroscópicas

Píleo blanco de consistencia subcarnosa a correosa de 8 a 20 cm de ancho; liso a escamoso o aterciopelado, láminas unidas entre sí en la base o sobre el pie, formando un retículo. Estípites laterales cortos o largos, aterciopelados o cubiertos de pequeños pelos, crecen sobre troncos diversos no de pinos ni de abetos; más frecuentemente debajo de las pencas de los magueyes o sobre nopales. Comestible (4, 5, 22).

b. Características miceliarias

No reportadas. Estado anamorfo desconocido (24).

6. *Pleurotus djamor* var. *roseus* Corner

a. Características macroscópicas

Hongos de fructificaciones carnosas, en forma de repisas redondas, de 3 a 8 cm de ancho, a veces algo lobuladas, sésiles o con estípote lateral muy corto; color rosa anaranjado en todas sus partes. Superficie lisa, láminas bien definidas. Contexto blanquecino, crece en conjunto sobre árboles podridos (20, 21).

b. Características miceliarias

No reportadas. Estado anamorfo desconocido (24).

D. El género *Pleurotus* en Guatemala

Varias especies nativas de *Pleurotus* se han reportado en diferentes lugares del país, donde se utilizan como comestibles.

Pleurotus levis, es conocido en Tecpán Guatemala, Chimaltenango y San Mateo Ixtatán, Huehuetenango. En estas comunidades se le denomina Saqtub' Chij Che' (idioma Kaqchikel) y Saqitaj (idioma Chuj) (3, 27).

Esta especie también se ha reportado de Tactic, Alta Verapaz donde es conocido como Saqichaaj (idioma Poqomchi'). Además se ha reportado en Taxisco, Santa Rosa y en la Finca Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez (1,14).

Pleurotus smithii solamente se conoce de Chichicastenango, El Quiché, y es llamado Saq Tzu'm (idioma K'iche') (2).

Pleurotus djamor, se ha reportado en Mixco y Guatemala, donde se le llama Hongo Blanco; así como en Sansare, El Progreso, donde se le conoce como Hongo de Izote (2).

Pleurotus djamor var. *roseus* se ha reportado en Guatemala, Jacaltenango, Huehuetenango y San Miguel Uspantán, El Quiché, donde es conocido como Saj Ita' (idioma Popti') y como Saqb' ichaaj (idioma Uspanteko), respectivamente (2-3).

Otras especies de *Pleurotus* se han reportado de varias localidades; sin embargo, se desconoce si son utilizados tradicionalmente, tal es el caso de *Pleurotus cornucopiae* reportado en Tactic, Alta Verapaz y *P. ostreatus*, que se ha reportado de Taxisco, Santa Rosa; así como de las zonas urbanas de la Ciudad de Guatemala y de Gualán, Zacapa (1). Recientemente *P. dryinus* fue reportado de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla (27).

E. Factores que afectan el crecimiento de *Pleurotus*

Los hongos, como otros organismos, necesitan para su crecimiento condiciones específicas de temperatura, humedad, pH, luz y aireación. Para cada uno de estos factores, existe un rango delimitado por un punto mínimo y un punto máximo, bajo y sobre los cuales no habrá crecimiento. Entre los requerimientos considerados más importantes se encuentran (18):

1. Temperatura

La mayoría de hongos son mesófilos, por lo que crecen a temperaturas entre 5 y 40°C. Generalmente el rango de temperatura óptima se encuentra entre 25 y 33°C para el crecimiento miceliar. Fructifican a 28°C (18, 19).

2. Humedad

El crecimiento máximo del micelio de la mayoría de especies de *Pleurotus* ocurre a una humedad relativa entre 60-95%, en el caso específico de *P. ostreatus* se ha observado que su humedad es mejor entre 80-85% (18, 19).

3. pH

Los hongos tienen un rango amplio de pH, en el que pueden crecer, pero la mayoría de ellos prefieren un medio ácido para su desarrollo (18). El pH adecuado para el crecimiento miceliar de *Pleurotus* oscila entre 6.0-7.0 y fructifica entre 6.5-7.0 (18).

4. Luz

Aunque se requiere luz para el crecimiento del micelio, cierta cantidad es esencial para la esporulación en muchas especies. La luz también juega un papel importante en la dispersión de las esporas, ya que las estructuras encargadas de expulsarlas en muchos hongos son fototróficas. Por otra parte, algunas especies requieren de oscuridad total para lograr el crecimiento de cuerpos fructíferos.

En general, las especies de *Pleurotus* para crecimiento miceliar requieren oscuridad y para la fructificación requieren luz de longitudes de onda corta (cargado hacia el color azul del espectro) aproximadamente 150-200 lux (19).

5. Aireación

La mayoría de los hongos son aerobios estrictos y requieren de al menos alguna moléculas de oxígeno libres en la atmósfera, es por eso que los cuerpos fructíferos generalmente crecen sobre o cerca de la superficie del sustrato (18).

La concentración de CO₂ es muy importante para el desarrollo de *Pleurotus*, una concentración relativamente alta de 20-25% es útil para propiciar el crecimiento del micelio. Sin embargo, concentraciones superiores al 0.6% inhiben la formación de primordios. Se debe tener una buena ventilación, una ventilación deficiente se manifiesta en deformaciones del cuerpo fructífero. Las cuales pueden ser desde un ligero alargamiento del estípite, la no formación del píleo o ambas cosas (18, 19).

F. Requerimientos nutricionales

Los hongos son organismos que se desarrollan naturalmente sobre productos animales o vegetales, estos materiales extremadamente complejos proveen a los hongos de una gran cantidad de nutrientes, principalmente nitrógeno y carbono (5,17).

1. Nitrógeno

El nitrógeno es requerido por los hongos para la síntesis de aminoácidos, proteínas y protoplasma, en su ausencia, no ocurre ningún crecimiento. Los hongos pueden utilizar nitrógeno inorgánico, en forma de nitratos, nitritos o amonio y orgánico en forma de aminoácidos; sin embargo, la mayoría de ellos prefieren las formas orgánicas, por ejemplo muchos basidiomicetos degradadores de madera son incapaces de utilizar nitrato, pero crecen profusamente en fuentes orgánicas (5, 17).

2. Carbono

Representa casi la mitad del peso seco de un hongo, lo cual indica la importancia de los compuestos carbonados para la célula fúngica.

Los hongos pueden utilizar diversos compuestos orgánicos o dióxido de carbono como fuentes de este elemento. Entre los carbohidratos, el azúcar que permite el crecimiento de la mayoría de hongos es la D-glucosa; algunos de estos organismos

también son capaces de utilizar ácidos orgánicos como fuente de carbono, pero en general, los hongos crecen deficientemente o no crecen si los ácidos son la única fuente de carbono disponible (5).

G. Historia del cultivo de *Pleurotus*

El cultivo de *P. ostreatus* se inició en Europa en los años 70 y se ha extendido a Estados Unidos y posteriormente a América Latina. En 1974, México inició su cultivo comercial con cepas y tecnología europea, bajo el nombre comercial de “seta”. Este cultivo se llevó a cabo teniendo como ventajas la fácil adaptación que *P. ostreatus* presenta, así como el manejo y bajo costo en el cultivo (28, 29).

En todo el mundo, el cultivo de macrohongos comestibles es ya una excelente alternativa en la producción de alimentos para el consumo y nutrición del hombre, su valor alimenticio proporciona una gran cantidad de vitaminas, tales como la Tiamina (B1), Riboflavina (B2), vitamina D y demás compuestos en el complejo de la vitamina B (30).

H. Estudios de *Pleurotus sp.* en otros países

Los inicios del cultivo de hongos comestibles en Latinoamérica tuvieron lugar en 1933, en un rancho de los alrededores de Texcoco cerca de la ciudad de México. Estos esfuerzos se continuaron en Argentina (1941), Colombia (1950), Brasil (1951), Chile (1959), Perú (1960), Ecuador (1967), Venezuela (1968), Costa Rica (1969), y Bolivia (1989). Su desarrollo ha estado asociado directamente a la industria, ya que la investigación básica aplicada sobre la biotecnología de hongos comestibles no comenzó hasta mediados de la década de los 80. Actualmente se cultivan comercialmente *Agaricus*, *Pleurotus* y *Lentinula* (31-32).

Todos los cultivos *in vitro* de *Pleurotus* en otros países se realizan en agar papa dextrosa (PDA), agar extracto de malta (AEM) y algunos otros utilizan agar sabouraud (ASD) (33).

En México, a partir de la década pasada se adaptaron las técnicas de cultivo conocidas empleando cepas silvestres y extranjeras, por ello grupos como el género *Auricularia*, *Volvariella*, *Cookeinia* y *Pleurotus* entre otros, son motivo de investigación y explotación comercial (30).

Desde 1980, se cultiva en la región de Xalapa, Veracruz, el llamado “Hongo seta” (*Pleurotus ostreatus*) gracias a las investigaciones realizadas en la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana. La experiencia de muchos años en el cultivo de hongos comestibles permite proporcionar a la comunidad una alternativa alimenticia de producción. Existe en ésta Universidad Veracruzana con sede en el centro de Genética Forestal, el programa nacional de promoción de cultivo de los hongos comestibles, que constituye un foro de consulta y actualización desde 1985 (32).

Muchos de los hongos autóctonos tienen un alto potencial pudiendo ser de gran utilidad para el cultivo, por ello es importante el mantenimiento de cepas nativas. También se ha planteado la necesidad de conocer las principales colecciones de cepas fúngicas en Latinoamérica (32).

La biotecnología moderna ha permitido que los ceparios tengan cada vez mayor importancia científica, biológica e industrial (32).

En México, estudios sobre el cultivo de hongos del género *Pleurotus* se han enfocado a evaluar la viabilidad de producción, empleando para ello una gran variedad de desechos lignocelulósicos disponibles (33).

El cultivo de los hongos en Guatemala, se remonta a los años 50, con el cultivo de *A. bisporus*. La producción semi-industrial de *Pleurotus* comienza en 1986 y se inició su consumo solamente por extranjeros (franceses e italianos) residentes en Guatemala. En 1999, una segunda compañía estableció el cultivo de *P. eryngii* (DC.: Fr.) Qué. Actualmente, la producción anual de *Pleurotus* es de 29,580 Kg; el 90 % de éste es consumido en Guatemala y el 10 % es exportado a El Salvador y Honduras (33).

También se han realizado investigaciones sobre su cultivo. En 1979, el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología -ICAITI-, realizó una serie de investigaciones en hongos comestibles; uno de ellos fue el cultivo de *Pleurotus flabellatus* (Berk. & Br.), usando como sustratos la pulpa de café y bagazo de citronela (33). Como consecuencia, ICAITI y la Facultad de Veterinaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala estudiaron el uso de paja de trigo degradado por *Pleurotus sajor-caju* (Fr.:Fr.) Qué., como comida para ovejas (33).

La Universidad de San Carlos de Guatemala en la Facultad de Agronomía, también ha realizado investigaciones con relación a *P. ostreatus*, utilizando cepas extranjeras. En estas investigaciones se ha estudiado la elaboración de inóculo primario utilizando bolsas de polipapel y celofán (34). Se han evaluado además diferentes tipos de desechos como sustrato, tales como rastrojo de maíz y cascarilla de arroz (35).

También se ha investigado sobre el cultivo para fructificación utilizando aserrín de caoba y cedro, fibra de coco y olote de maíz (36), rastrojo de maíz, zacate y tusa (37), subproductos lignocelulósicos derivados de la palma africana (38), rastrojo de tomate y corona del fruto de piña (39).

IV. JUSTIFICACIÓN

En Guatemala crecen en forma silvestre muchas especies del género *Pleurotus*, el cual es un hongo de reconocida comestibilidad en todo el mundo. En nuestro país varias especies de *Pleurotus* se han reportado como comestibles en diferentes lugares tales como Tecpán, Huehuetenango, El Progreso, El Quiché, Mixco y la ciudad Capital; dentro de éstas se encuentran cepas nativas de *Pleurotus ostreatus*, *P. levis*, *P. dryinus*, *P. djamor*, *P. smithii*, *P. cornucopiae* y *P. djamor* var. *roseus*.

De estas especies Bran y Col. (2001, 2002) han aislado en cultivo axénico cepas de *Pleurotus levis*, *P. djamor*, *P. djamor* var. *roseus* y *P. cornucopiae*. Estas cepas podrían ser utilizadas tecnológicamente para la elaboración de inóculo y producción de cuerpos fructíferos para fines de consumo local y/o comercial.

De esta manera, no solo se contribuiría al aprovechamiento de los recursos naturales con los que cuenta el país, sino que también al desarrollo socioeconómico de las comunidades campesinas y también a la conservación del medio ambiente a través de la adecuada utilización de los desechos agrícolas, que pueden contaminar los sistemas naturales, como sustrato para la producción de cuerpos fructíferos.

Sin embargo, la utilización de una cepa para fines de producción de inóculo requiere su estudio *in vitro*, incluyendo el conocimiento de la misma desde la colección e identificación del espécimen, hasta las características del cultivo y requerimientos nutricionales y ambientales, lo cual permitiría hacer una adecuada selección de la cepa a utilizar tomando en cuenta las condiciones idóneas para la propagación del micelio, previo a la elaboración del inóculo (40).

Por lo tanto, se hace necesario que las cepas nativas aisladas en cultivo axénico por los trabajos de Bran y Col. (2001-2002) sean debidamente estudiadas y caracterizadas *in vitro* tomando en cuenta los parámetros anteriormente enumerados, y de esta manera, garantizar su eficiente utilización para la producción de inóculo y de cuerpos fructíferos a nivel de sustrato.

Por otro lado, tomando en consideración la falta de bibliografía de consulta en nuestro país con relación a los géneros y especies de macrohongos, es indispensable hacer una revisión detallada de las descripciones, tanto de las características macroscópicas como microscópicas de los aspectos morfológicos de los ejemplares silvestres herborizados de *Pleurotus*, que se encuentran depositados en la Micoteca de Macrohongos de Guatemala “Ruben Mayorga” del departamento de Microbiología, a fin no solo de confirmar sino que además elaborar una monografía de las especies nativas colectadas de *Pleurotus* (41).

V. OBJETIVOS

A. General

1. Conocer las cepas nativas de *Pleurotus*.

B. Específicos

1. Describir las características de cultivo macro y microscópicas de 8 cepas seleccionadas de *Pleurotus* aisladas en Guatemala.
2. Evaluar la tasa radial de crecimiento y biomasa de las cepas seleccionadas en los diferentes medios de cultivo: agar papa dextrosa (PDA), agar extracto de malta (AEM) y agar sabouraud dextrosa (ASD).
3. Evaluar la tasa radial de crecimiento y biomasa de las cepas seleccionadas a diferentes temperaturas en el mejor medio de cultivo para cada cepa.
4. Describir las características taxonómicas macroscópicas y microscópicas de ejemplares herborizados de *Pleurotus* con el fin de confirmar la identificación de las especies.

VI. HIPÓTESIS

- A. Las cepas de *Pleurotus* nativas producen igual tasa radial de crecimiento en los diferentes medios de cultivo y temperaturas a evaluar
- B. Las cepas de *Pleurotus* nativas producen igual cantidad de biomasa en los diferentes medios de cultivo y temperaturas a evaluar.
- C. Las especies de *Pleurotus* corresponden a las identificadas previamente.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Universo de trabajo

Cepas de *Pleurotus* aisladas en Guatemala

Cuerpos fructíferos de *Pleurotus* colectados en Guatemala.

B. Población

Cepas nativas de *Pleurotus ostreatus*, *P. levis*, *P. djamor* var. *djamor*, *P. djamor* var. *roseus* aisladas de cuerpos fructíferos que crecen en forma silvestre en los diferentes departamentos de Guatemala.

Hongos herborizados del género *Pleurotus* depositadas en la Micoteca de Macrohongos “Lic. Rubén Mayorga” del Departamento de Microbiología de la Escuela de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, las cuales corresponden a las cepas estudiadas.

C. Muestra

En esta investigación se estudiaron los ejemplares secos herborizados de cuerpos fructíferos y ocho cepas nativas aisladas en cultivo *in vitro* del género *Pleurotus*.

D. Recursos

1. Humanos

Autor: Br. Briceyda Jeanethe Pérez Roldán

Asesores: Licda María del Carmen Bran González

Lic. Osberth Isaac Morales Esquivel

2. Materiales

a. Cepas y hongos secos

Las ocho cepas de *Pleurotus*, provienen de aislamientos realizados con hongos colectados en diferentes localidades de Guatemala y se encuentran depositados en el cepario de hongos micorrícicos y saprófitos del Departamento de Microbiología. Los ejemplares secos de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus* nativos están depositados en la Micoteca de Macrohongos de Guatemala “Lic. Rubén Mayorga” del Departamento de Microbiología de la Escuela de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Los hongos estudiados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Procedencia y registro de las cepas estudiadas

Espece	Registro en el cepario	Procedencia
<i>Pleurotus djamor</i> (Fr.) Boedijn var. <i>djamor</i>	138.2001	Mixco, Guatemala
<i>Pleurotus djamor</i> (Fr.) Boedijn var. <i>djamor</i>	70.2003	Jacaltenango, Huehuetenango
<i>Pleurotus djamor</i> var. <i>roseus</i> Corner	03.2002	Ciudad de Guatemala, Guatemala
<i>Pleurotus djamor</i> var. <i>roseus</i> Corner	131.2002	Jacaltenango, Huehuetenango
<i>Pleurotus levis</i> (Berk. & Cooke) Singer	107.2001	San Mateo Ixtatán, Huehuetenango
<i>Pleurotus levis</i> (Berk. & Cooke) Singer	50.2002	Tactic, Alta Verapaz
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: ex Fr.) Kummer	06.2003	Mixco, Guatemala
<i>Pleurotus ostretus</i> (Jacq.: ex Fr.) Kummer	09.2003	Santa María de Jesús, Sacatepéquez

b. Medios de Cultivo

Agar sabouraud 4% dextrosa, Merck Cat. No. 5438

Agar papa dextrosa, Merck Cat. No. 10130

Agar extracto de malta, Oxoid Cat. No. CM59

e. Equipo

Microscopio óptico compuesto

Estereoscopio

Horno

Autoclaves

Incubadoras de 18, 24 y 26°C

Estufa Corning

Balanza analítica Metler

Balanza semianalítica Metler

Cabina de seguridad biológica clase II

Mechero tipo Bunsen

Refrigeradora

Espátula

Asas en L, anillo y espatuladas

Pinzas

d. Reactivos

Azul de Lactofenol

Fenol al 5%

KOH al 3%

Melzer

Floxina al 1%

RojoCongo al 1%

e. Cristalería

Tubos de ensayo

Pipetas de 0.1 al 10 ml

Cajas de Petri descartables

Erlenmeyer de 500 ml y 1000 ml

Termómetros fisher de 0-100°C

Láminas portaobjetos

Láminas cubreobjetos

f. Otros

Agua desmineralizada estéril

Papel filtro

Algodón

Papel parafilm

3. Procedimiento

a. Revitalización de las cepas

- Las cepas nativas aisladas y almacenadas en el cepario de hongos saprofitos y micorrizicos del Departamento de Microbiología, fueron inoculadas en agar papa dextrosa para su reactivación e incremento de la biomasa, esto con la ayuda de la cabina de seguridad bacteriológica para evitar su contaminación.
- Se incubaron a 26°C durante 9 - 15 días.

b. Determinación del medio y la temperatura óptima de crecimiento de las cepas de *Pleurotus* sp.

El procedimiento que a continuación se describe fue realizado de acuerdo con Mier (2002) (42).

i. Tasa radial de crecimiento

- Una vez que la biomasa fúngica creció en agar papa dextrosa se tomaron de cada una de las cepas evaluadas, porciones de aproximadamente 5 mm de diámetro del medio de agar con micelio, cuidando de colocar el lado del micelio en íntimo contacto con el medio de cultivo a utilizar.
- Cada porción se trabajó en quintuplicado en cada medio y condición a evaluar.
- Los medios de cultivo que se inocularon fueron: agar extracto de malta (AEM), agar papa dextrosa (PDA) y agar sabouraud dextrosa (ASD).
- Los medios de cultivo inoculados fueron incubados a 18, 24 y 26°C.
- Se anotó el diámetro de la colonia en dos planos perpendiculares cada tres días, obtenido en cada uno de los medios y a diferentes temperaturas, por 9 días.
- Se determinó gráficamente la tasa radial de crecimiento del hongo (mm/día) con respecto al tiempo.

ii. Determinación de las características macroscópicas y microscópicas de las cepas

- Transcurrido el tiempo de incubación, se observaron las características macroscópicas de cada una de las cepas utilizando un estereoscopio para determinar el color, apariencia, consistencia y forma de crecimiento del micelio.
- Para observar las características microscópicas se tomó una pequeña porción del micelio y se observó al microscopio su morfología, coloreando las preparaciones con azul de lactofenol, floxina y rojo congo.

iii. Producción de biomasa

- A las colonias crecidas en los diferentes medios de cultivo a distintas temperaturas se les realizó la medición del peso seco para determinar el desarrollo de la biomasa fúngica en medio sólido, de conformidad con la técnica siguiente:
- Finalizada la incubación, se retiró la colonia con un asa micológica o con una pequeña espátula flameada, tratando de no arrastrar restos de agar y se depositó en círculos de papel de aluminio previamente tarados.
- Se empacaron bien y se sumergieron los fragmentos de papel de aluminio que contenían las colonias en un baño de agua hirviendo durante 5-10 minutos, donde se fundió el agar que todavía quedó adherido, para su descarte por decantación.
- Luego se colocaron los círculos de papel de aluminio conteniendo el micelio del hongo, en un horno a 85°C y se llevó a peso constante.
- Se calculó el peso del micelio por diferencia de peso con la tara del papel.
- El experimento se realizó con cinco repeticiones.
- Se realizó el análisis estadístico por medio de un análisis de varianza factorial (41).

c. Identificación taxonómica de las especies de *Pleurotus*

- Se revisó la descripción macroscópica de los hongos herborizados secos.
- Se determinó las características microscópicas de los ejemplares secos, incluyendo realización de cortes y montajes con KOH, floxina y rnelzer para evaluar reacciones químicas y para mediciones de esporas, basidios y cistidios.
- Se determinó el tipo de trama del himenio, búsqueda de fibulas en el contexto, y determinación de sistemas hifales.
- Se comparó y evaluó todas las características taxonómicas, frente a claves taxonómicas.
- Se identificó y confirmó las especies nativas de *Pleurotus* estudiadas.

4. Diseño Experimental

a. Determinación del medio y la temperatura óptima de crecimiento de las cepas de *Pleurotus* sp.

a. Variables dependientes

Tasa radial de crecimiento (mm/día).

Producción de micelio (biomasa) medido en gramos.

b. Variables independientes

Temperaturas 18°, 24° y 26° C

Cepas: *P. djamor* var. *djamor* (138.2001 y 70.2003); *P. djamor* var. *roseus* (3.2002 y 131.2002); *P. levis* (107.2001 y 50.2002) y *P. ostreatus* (6.2003 y 9.2003).

Medios de cultivo ASD, PDA y AEM

c. Diseño Factorial

$3 \times 8 \times 3 = 102$ combinaciones de cada factor y nivel

VIII. RESULTADOS

En las características macroscópicas del micelio vegetativo de las 8 cepas de *Pleurotus* evaluadas en los diferentes medios de cultivo; se observó que siete de las ocho cepas presentaron un micelio de color blanco, textura algodonosa, regular cantidad de micelio aéreo en los tres medios y temperaturas estudiadas, a excepción de la cepa 50.2002 que evidenció color beige, textura fina y carencia de micelio aéreo en las mismas condiciones (Tabla 2).

Tabla 2. Características macroscópicas de las colonias de las cepas de *Pleurotus* en diferentes medios y temperaturas evaluadas

Especie	Cepa	Características			
		Color	Textura	Densidad	Micelio aéreo
<i>Pleurotus djamor</i> (Fr.) Boedijn var. <i>djamor</i>	138.2001	Blanco	Algodonosa	Regular	Presente
	70.2003	Blanco	Algodonosa	Regular	Presente
<i>Pleurotus djamor</i> var. <i>roseus</i> Corner	3.2002	Blanco	Algodonosa	Regular	Presente
	131.2002	Blanco	Algodonosa	Regular	Presente
<i>Pleurotus levis</i> (Berk. & Cooke) Singer	107.2001	Blanco	Algodonosa	Regular	Presente
	50.2002	Beige	Compacta	Escasa	Ausente
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: ex Fr.) Kummer	6.2003	Blanco	Algodonosa	Regular	Presente
	9.2003	Blanco	Algodonosa	Regular	Presente

En cuanto a las características microscópicas del micelio vegetativo de las ocho cepas de *Pleurotus*, se pudo observar que las cepas de *Pleurotus djamor* var. *djamor* (138.2001 y 70.2003), *Pleurotus djamor* var. *roseus* (03.2002 y 131.2002) y *Pleurotus ostreatus* (06.2003 y 09.2003) presentaron hifas de paredes delgadas; excepto *Pleurotus levis* (107.2001 y 50.2002) que presentó hifas de paredes gruesas con fíbulas. Sin embargo, en las cepas de *Pleurotus djamor* var. *djamor* (138.2001 y 70.2003) se encontró hifas entrelazadas (Tabla 3).

Tabla 3. Características microscópicas de las cepas de *Pleurotus*

Especie	Cepa	Características de las hifas
<i>Pleurotus djamor</i> (Fr.) Boedijn var. <i>djamor</i>	138.2001	Hifas de paredes delgadas, con fíbulas e hifas entrelazadas
	70.2003	Hifas de paredes delgadas, con fíbulas e hifas entrelazadas
<i>Pleurotus djamor</i> var. <i>roseus</i> Corner	3.2002	Hifas de paredes delgadas, con fíbulas
	131.2002	Hifas de paredes delgadas, con fíbulas
<i>Pleurotus levis</i> (Berk. & Cooke) Singer	107.2001	Hifas de paredes gruesas, con fíbulas
	50.2002	Hifas de paredes gruesas, con fíbulas
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: ex Fr.) Kummer	6.2003	Hifas de paredes delgadas, con fíbulas
	9.2003	Hifas de paredes delgadas, con fíbulas

Se comparó, el medio de cultivo y la temperatura; la cepa que presentó la mejor tasa radial de crecimiento (mm/día) fue *P. ostreatus* 6.2003 en el medio PDA a 18, 24 y 26°C, así como el medio AEM a 24 y 26°C; seguida de la cepa *P. djamor* var. *roseus* 3.2002 en los medios PDA y ASD a 24°C. La cepa *P. levis* 50.2002, fue la que obtuvo la menor tasa radial de crecimiento (tabla 4).

Al analizar el medio de cultivo y la temperatura para cada una de las cepas, a efecto de determinar las condiciones de crecimiento más adecuadas para cada una, se observó lo siguiente (Tabla 4, Gráfica 1):

- La cepa *P. djamor* var. *roseus* 131.2002, presentó mayor tasa radial de crecimiento en el medio ASD a 24°C.
- La cepa *P. levis* 107.2001 presentó mayor tasa radial de crecimiento en el medio AEM a 18°C.
- La cepa *P. ostreatus* 9.2003 presentó mayor tasa radial de crecimiento en el medio PDA a 18°C.

- La cepa *P. ostreatus* 6.2003 presentó mayor tasa radial de crecimiento en el medio PDA a 18°C, también en los medios PDA y AEM a 24°C y en los medios PDA y AEM a 26°C.
- La cepa *P. djamor* var. *djamor* 138.2001 presentó mayor tasa radial de crecimiento en el medio PDA a 24°C.
- La cepa *P. djamor* var. *roseus* 3.2002 presentó mayor tasa radial de crecimiento en los medios PDA y ASD a 24°C.
- La cepa *P. djamor* var. *djamor* 70.2003 presentó mayor tasa radial de crecimiento en el medio ASD a 26°C.

La cepa que presentó la menor tasa radial de crecimiento fue *P. levis* 50.2002 en todos los medios y temperaturas evaluadas (Tabla 4).

Para seis cepas de *Pleurotus*, utilizando tres medios de cultivo (PDA, ASD y AEM) a diferentes temperaturas, se determinó que existe diferencia significativa en la tasa radial de crecimiento, cuando se comparan las cepas, el medio de cultivo y la temperatura ($p < 0.05$) en cada una de las especies evaluadas; a excepción de las cepas *P. djamor* var. *djamor* 70.2003 y 138.2001 en las cuales no existió diferencia significativa ($p > 0.05$) (Tabla 5).

Tabla 4. Tasa radial de crecimiento (mm/día) a los 9 días de incubación

Especie	Cepa	Temperatura (°C)	Medios de cultivo		
			PDA	ASD	AEM
<i>Pleurotus djamor</i> (Fr.) Boedijn var. <i>djamor</i>	138.2001	18	74.0 ^{1,2}	63.4	61.8
	70.2003	18	71.6	64.2	61.4
	138.2001	24	81.4	78.2	74.2
	70.2003	24	73.0	73.0	72.4
	138.2001	26	68.0	61.2	65.2
	70.2003	26	69.0	73.2	64.2
<i>Pleurotus djamor</i> var. <i>roseus</i> Corner	131.2002	18	58.0	70.8	66.4
	3.2002	18	65.6	67.6	65.2
	131.2002	24	63.2	79.8	65.4
	3.2002	24	88.0	88.0	72.2
	131.2002	26	58.4	61.2	76.6
	3.2002	26	68.8	68.8	72.2
<i>Pleurotus levis</i> (Berk. & Cooke) Singer	107.2001	18	67.0	66.6	74.2
	50.2002	18	27.0	23.4	23.0
	107.2001	24	59.6	72.8	73.8
	50.2002	24	29.4	29.6	35.2
	107.2001	26	63.7	73.8	72.6
	50.2002	26	34.6	30.4	23.6
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: ex Fr.) Kummer	9.2003	18	79.2	75.4	76.0
	6.2003	18	88.0	82.6	74.8
	9.2003	24	65.4	65.4	66.0
	6.2003	24	88.0	72.6	88.0
	9.2003	26	77.2	73.2	72.6
	6.2003	26	88.0	73.2	88.0

1. Los valores en negritas indican la mayor velocidad media de crecimiento en el medio y la temperatura indicados en la tabla.

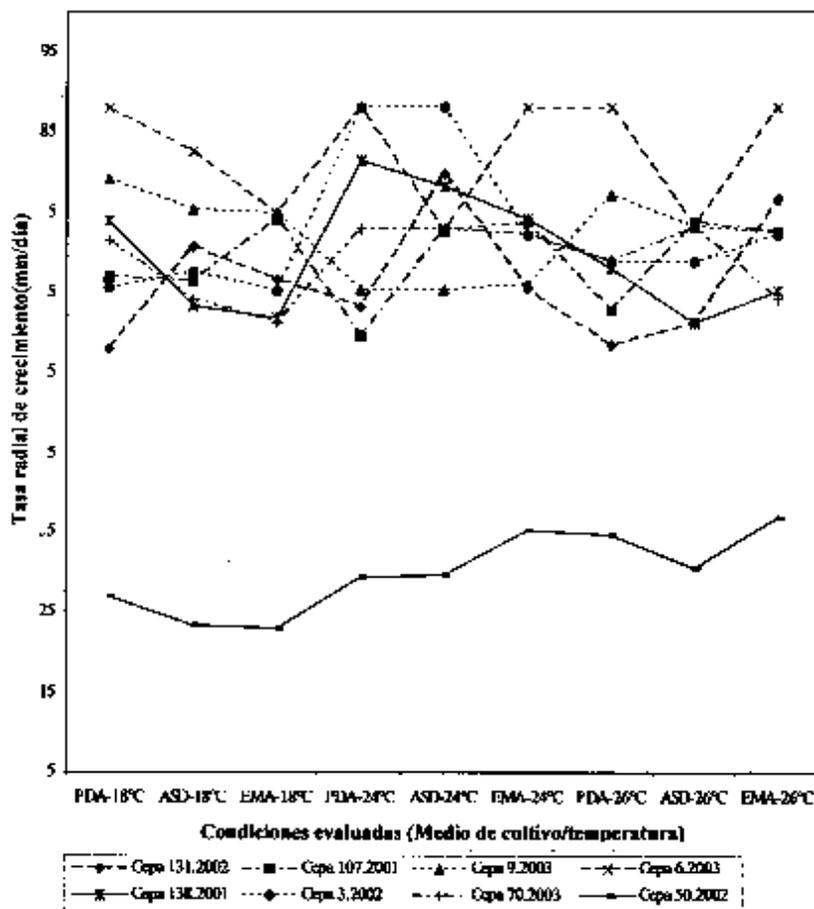
2. Los valores representan el promedio obtenido en las cinco réplicas efectuadas.

Tabla 5. Comparación de la tasa radial de crecimiento entre las cepas de *Pleurotus* estudiadas

Especies	Cepas comparadas	Valor p ¹
<i>P. djamor</i> var. <i>djamor</i>	138.2001, 70.2003	> 0.05
<i>P. djamor</i> var. <i>roseus</i>	131.2002, 3.2002	< 0.05
<i>P. levis</i>	107.2001, 50.2002	< 0.05
<i>P. ostreatus</i>	9.2003, 6.2003	< 0.05

¹ Valor de probabilidad de 95% de confianza

Gráfica 1. Efecto de la temperatura y el medio de cultivo sobre la tasa radial de crecimiento (mm/día) de cepas de *Pleurotus* a los 9 días de incubación



Con respecto a la biomasa en gramos, producida por cada una de las cepas evaluadas sobre diferentes medios de cultivo y temperatura, se evidenció que la cepa que obtuvo mayor peso micelial fue *P. djamor* var. *roseus* 131.2002 en todos los medios de cultivo a 26°C y la cepa con menor biomasa producida fue *P. levis* 50,2002 (Tabla 6, Gráfica 2).

La biomasa (g) formada por las cepas en los diferentes medios de cultivo y temperaturas no tuvo una diferencia estadísticamente significativa ($p>0.05$). Sin embargo, en cada una de ellas se observaron comportamientos diferentes al desarrollarse sobre los medios de cultivo y temperaturas, como se presenta a continuación:

- *P. djamor* var. *djamor* 138.2001 produjo mayor biomasa en el medio AEM a 26°C
- *P. djamor* var. *djamor* 70.2003 produjo mayor biomasa en el medio AEM a 24°C
- *P. djamor* var. *roseus* 131.2002 produjo mayor biomasa en el medio PDA a 24°C
- *F. djamor* var. *roseus* 3.2002 produjo mayor biomasa en el medio PDA a 26°C
- *P. levis* 107.2001 produjo mayor biomasa en el medio PDA a 18°C
- *P. levis* 50.2002 produjo mayor biomasa en el medio AEM a 24°C
- *P. ostreatus* 9.2003 produjo mayor biomasa en el medio ASD a 24°C
- *P. ostreatus* 6.2003 produjo mayor biomasa en el medio AEM a 26°C

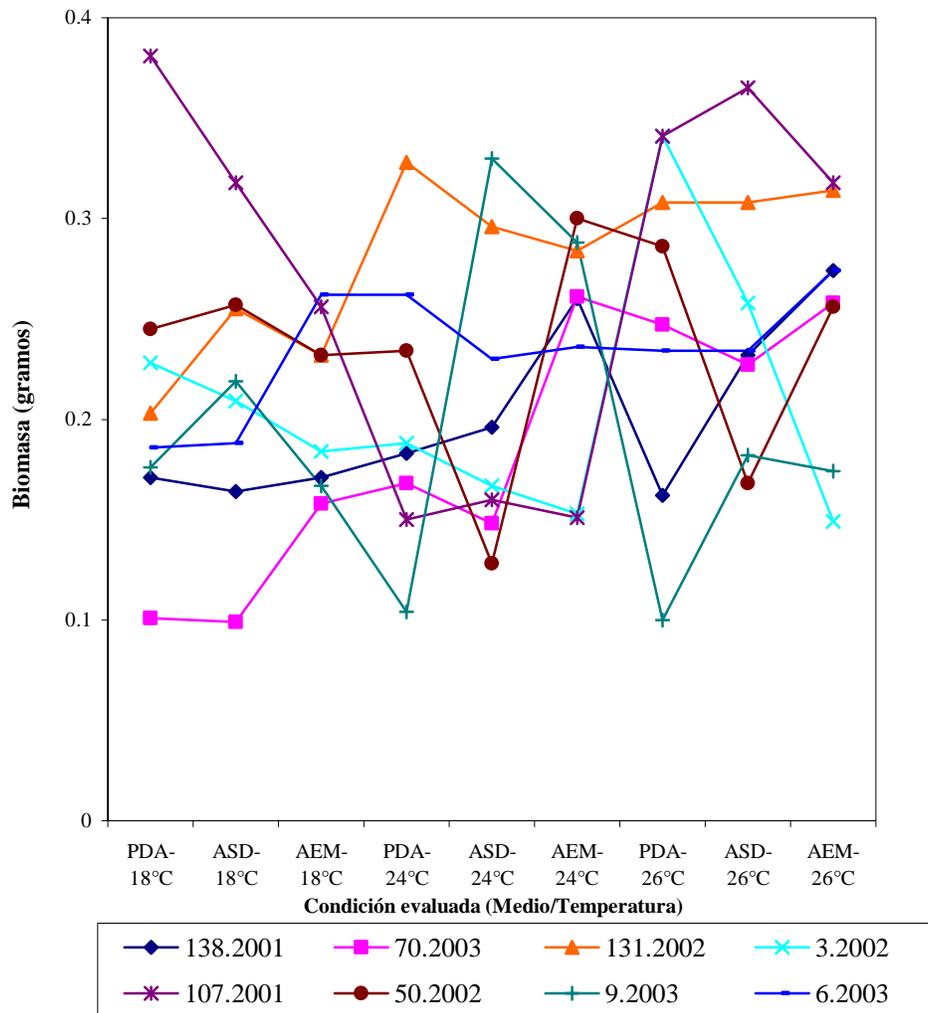
Tabla 6. Promedio del peso seco de la biomasa fúngica (g) a los 9 días de incubación

Especie	Cepa	Temperatura (°C)	Medios de cultivo		
			PDA	ASD	AEM
<i>Pleurotus djamor</i> (Fr.) Boedijn var. <i>djamor</i>	138.2001	18	0.171 ^{1,2}	0.164	0.171
	70.2003	18	0.101	0.099	0.158
	138.2001	24	0.183	0.196	0.260
	70.2003	24	0.168	0.148	0.261
	138.2001	26	0.162	0.232	0.274
	70.2003	26	0.247	0.227	0.258
<i>Pleurotus djamor</i> var. <i>roseus</i> Corner	131.2002	18	0.203	0.255	0.232
	3.2002	18	0.228	0.209	0.184
	131.2002	24	0.328	0.296	0.284
	3.2002	24	0.188	0.167	0.153
	131.2002	26	0.308	0.308	0.314
	3.2002	26	0.341	0.258	0.149
<i>Pleurotus levis</i> (Berk. & Cooke) Singer	107.2001	18	0.381	0.318	0.256
	50.2002	18	0.245	0.257	0.232
	107.2001	24	0.150	0.160	0.151
	50.2002	24	0.234	0.128	0.300
	107.2001	26	0.286	0.365	0.318
	50.2002	26	0.286	0.168	0.256
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: ex Fr.) Kummer	9.2003	18	0.176	0.219	0.167
	6.2003	18	0.186	0.188	0.262
	9.2003	24	0.104	0.330	0.288
	6.2003	24	0.262	0.232	0.236
	9.2003	26	0.100	0.182	0.174
	6.2003	26	0.234	0.234	0.274

1. Los valores en negritas indican la mayor velocidad media de crecimiento en el medio y la temperatura indicados en la tabla.

2. Los valores representan el promedio obtenido en las cinco réplicas efectuadas.

Grafica 2. Efecto de la temperatura y el medio de cultivo sobre la producción de biomasa (g) de cepas de *Pleurotus*



En el estudio taxonómico realizado a los ejemplares herborizados del género *Pleurotus* de donde fueron aisladas de las cepas utilizadas en este estudio, se encontró que las cepas de *P. djamor* var. *djamor* (138.2001 y 70.2003) y *P. ostreatus* (6.2003 y 9.2003), presentaron color grisáceo en el basidiocarpo. *P. djamor* var. *roseus* (3.2002 y 131.2002), presentaron basidiocarpo de color rosáceo y solamente en los ejemplares de *P. levis* (107.2001 y 50.2002) se observan de color blanco (Tabla 7)

Tabla 7. Color de los basidiocarpos en los ejemplares de *Pleurotus* estudiados

Especie	cepa	Lugar de procedencia	Color del basidiocarpo
<i>Pleurotus djamor</i> var. <i>djamor</i>	138.2001	Mixco	Grisáceo
<i>Pleurotus djamor</i> var. <i>djamor</i>	70.2003	Jacaltenango	Grisáceo
<i>Pleurotus djamor</i> var. <i>roseusr</i>	3.2002	Ciudad de Guatemala	Rosáceo
<i>Pleurotus djamor</i> var. <i>roseusr</i>	131.2002	Jacaltenango	Rosáceo
<i>Pleurotus levis</i>	107.2001	San Mateo Ixtatán	Blanco
<i>Pleurotus levis</i>	50.2002	Tactic	Blanco
<i>Pleurotus ostreatus</i>	6.2003	Mixco	Café grisáceo
<i>Pleurotus ostreatus</i>	9.2003	Santa María de Jesús	Grisáceo

A continuación se presenta una descripción detallada de las características macro y microscópicas de los basidiocarpos estudiados taxonómicamente.

Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn var. *djamor

Descripción

Píleo de 20 a 55 mm de diámetro, de plano convexo a infundibuliforme, margen decurvado a lobulado, borde entero. Superficie lisa a fibrilosa y agrietada, un poco húmeda, color grisáceo 9^{2/B}*. Cutícula no desprendible. Contexto lleno, consistencia carnos-esponjosa a un poco correosa, de 11 mm de grosor, **color** blanco. **Sabor** a hongo, un poco afrutado. **Olor** poco dulce. Sistema hifal dimítico. **Himenio** con láminas delgadas, juntas, decurrentes, borde liso, lamélulas subtruncadas, color beige 4^{2/A}. Trama lamelar irregular. **Estípite** de 5 mm de longitud, corto, excéntrico, cespitoso, superficie húmeda y lisa. Color grisáceo 9^{2/B}. Contexto lleno, blanco, consistencia correoso-esponjoso a un poco correoso. **Esporas** de 6.0 - 10.0 x 3.0 - 4.0 µm, cilíndricas a elipsoides, hialinas, lisas, de pared delgada, inamiloides (Figura 1).

Material estudiado: referencia 138.2001. Mixco, Guatemala. 06 de agosto de 2001.

Hábitat: creciendo sobre el tronco de un árbol.

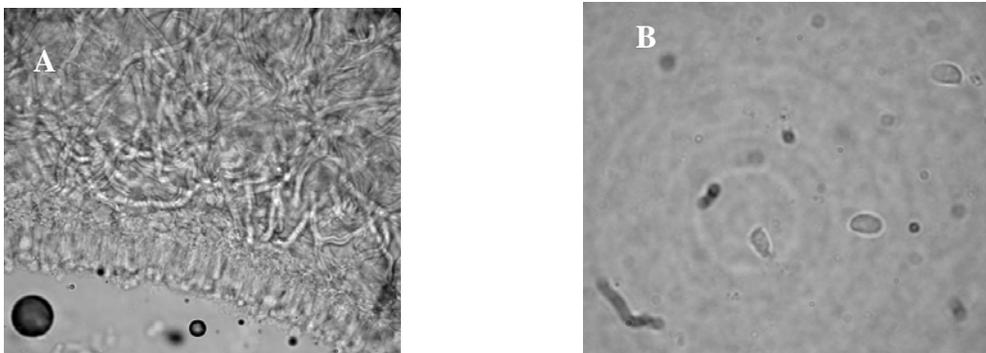


Fig 1. *Pleurotus djamor* var *djamor* (138.2001). A. Trama lamelar (400x). B. Esporas (100x)

*Esta nomenclatura corresponde a los colores de la guía de Kornerup H. & Wanscher J. Methuen I-landbook of colour. Third edition. London; 1989.

Pleurotus djamor (Fr.) Boedijn var. *djamor*

Descripción

Píleo de 34 a 157 mm de diámetro, plano, margen lobulado, finamente estriado, borde incurvado, entero, cutícula no desprendible, superficie seca, lisa, al centro finamente escamosa, de color blanco, que con el paso del tiempo o exposición al sol se torna grisáceo $7^{3/E}$ o $6^{2/B}$. Contexto carnoso, lleno, de color blanco. **Sabor** no determinado. **Olor** no determinado. Sistema hifal dimítico. **Himenio** láminas subdecurrentes, delgadas, onduladas hacia el margen, lámelulas, subtruncadas, ambas con borde liso de color blanco. Trama lamelar irregular. Estípites de 2 - 10 mm de longitud, excéntrico, cilíndrico, atenuado hacia la base, superficie lisa de color blanco. Contexto carnoso, lleno, de color blanco. **Esporas** de 6.0 - 10.0 x 3.0 - 4.0 μm , cilíndricas a elipsoides, hialinas, lisas, de pared delgada, inamiloides (Figura 2).

Material estudiado: referencia 70.2003, Jacaltenango, Huehuetenango, 08 de agosto del 2003.

Hábitat: sobre troncos podridos.



Fig 2. *Pleurotus djamor* var. *djamor* (70.2003). A. Basidiocarpo en su hábitat natural. B. Sistema hifal (400x). C. Trama lamelar (400x)

Pleurotus djamor var. *roseus* Corner

Descripción

Pileo de 52 a 112 mm de diámetro, levemente deprimido, margen ondulado a levantado a veces finamente estriado, borde decurvado, superficie húmeda a cerosa finamente fibrilosa, color gris rosáceo 4^{1/B} en el centro, que se aclara a rosado 6^{2/A} hacia el margen, al secarse se torna blanquecina, cutícula no desprendible. Contexto de color blanquecino, angosto de hasta 5 mm. de grosor, consistencia carnosa o correosa. Sabor a hongo y un poco dulce, picante en la parte posterior de la lengua. **Olor** no determinado. Sistema hifal dimítico. **Himenio** con láminas muy juntas, decurrentes, angostas, lamélulas subtruncadas, borde entero, color amarillento con tonos rosados muy tenues, trama lamelar irregular. **Estípite** de 15 - 25 mm de longitud, 11 - 14 mm de diámetro en el ápice y de 7 a 10 mm en la base, cilíndrico, atenuado en la base, excéntrico a lateral, superficie tomentosa, algunas veces hirsuta, a veces las láminas se continúan con una línea hacia el estípite, color blanco. Contexto lleno, de color blanquecino, higrófano, consistencia correosa. **Esporas** de 6.0 - 9.0 x 3.0 - 4.0 m, hialinas lisas de pared delgada inamiloides (Figura 3).

Material estudiado: referencia 131.2002, Jacaltenango, Huehuetenango. 21 de agosto de 2002.

Hábitat: sobre troncos de cercas.

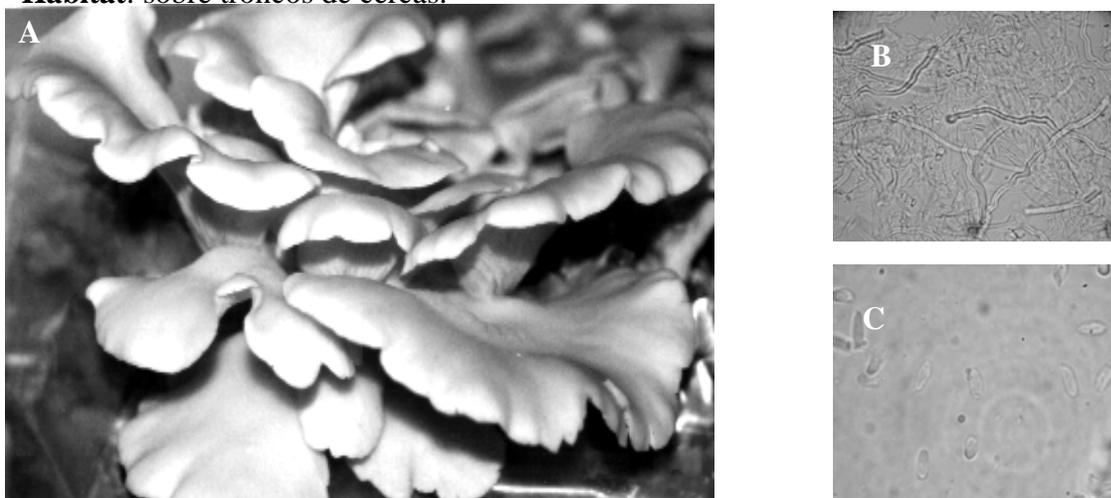


Fig. 3. *Pleurotus djamor* var. *roseus* Corner (131.2002). A. Basidiocarpos. B. Sistema hifal (400x). C. Esporas (1000x).

Pleurotus djamor var. *roseus* Corner

Descripción

Píleo de hasta 58 mm de diámetro, plano convexo, margen lobulado a incurvado, borde entero de color blanco, superficie lisa a aterciopelada, color naranja rosáceo a naranja grisáceo y a veces con partes rosas $6^{2/A}$, cutícula no desprendible. Contexto de 6 mm de grosor, lleno, carnoso, de **color** blanco. **Sabor** a metal, olor no determinado. Sistema hifal dimítico. **Hímenio** con láminas juntas, decurrentes, anchas, borde entero. Lamélulas subtruncadas, bifurcadas hacia el borde del píleo, color naranja rosáceo $6^{2/A}$ - $7^{3/A}$. Trama lamelar irregular. **Estúpide** de 2 mm de longitud, excéntrico, concoloro con el píleo. **Esporas** de 5.0 - 10.0 x 3.0 - 4.0 μm cilíndricas hialinas lisas de pared delgada (Figura 4).

Material estudiado: referencia 3.2002, Ciudad Universitaria, zona 12, Ciudad de Guatemala. 20 de junio de 2002.

Hábitat: sobre troncos podridos.

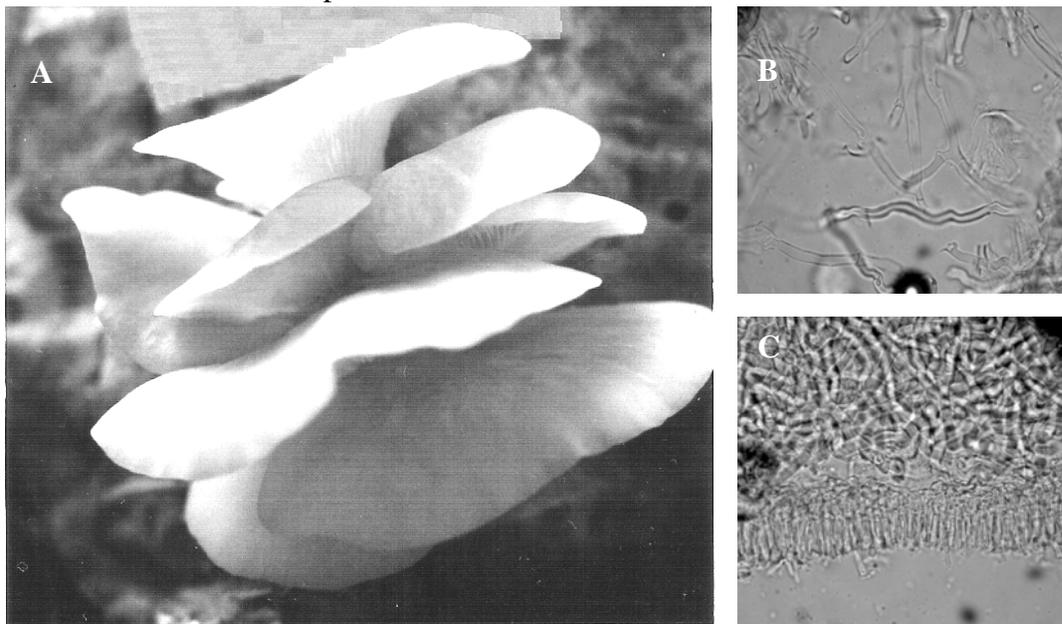


Fig 4. *Pleurotus djamor* var. *djamor* (3.2002). A. Basidiocarpos. B. Sistema hifal (400x). C. Trama lamelar irregular e himenio con pleurocistidios (400x).

***Pleurotus levis* (Berk. & Cooke) Singer**

Descripción

Pileo de 40 a 76 mm de diámetro, infundibuliforme a plano convexo con el centro deprimido, superficie cerosa, color blanco, con zonas amarillentas 4^{2/A}. En ejemplares húmedos, margen estriado, borde incurvado a levantado, levemente ondulado, cutícula desprendible con contexto blanco bajo ella. Contexto hasta 10 mm de grosor, color blanco consistencia esponjosa correosa. **Sabor** no determinado. **Olor** afrutado, con un retrogusto ligeramente metálico. Sistema hifal dimitido. **Himenio** con láminas decurrentes, juntas, anchas, bordes entero, frágiles, color amarillento 5^{1/A}. Lamélulas atenuadas, borde ondulado, anastomosadas en la base, que pueden unirse por el extremo. Trama lamelar irregular. **Estípite** hasta 55 mm de longitud, 10 - 17 mm de diámetro en el ápice y de 7 - 12 mm de diámetro de la base, excéntrico a lateral, algunas veces central cilíndrico, con la base atenuada, superficie tomentosa en el ápice y parte media, pubescente a hisurta en la base, color blanco, con líneas que continúan de las láminas a lo largo del estípite. Contexto lleno, carnoso, color blanco. Algunos ejemplares pueden presentar escróbulos distribuidos irregularmente. **Esporas** 7.0 - 11.0 x 4.0 - 5.0 μm , cilíndricas a elipsoides, hialinas de pared delgada (Figura 5).

Material estudiado: Referencia 107.2001, San Mateo Ixtatán, Huehuetenango. 26 de julio del 2001.

Hábitat: crece en grupos numerosos sobre troncos podridos de canac (*Chirantodendron pentadactylon*) y aliso (*Alnus* sp).

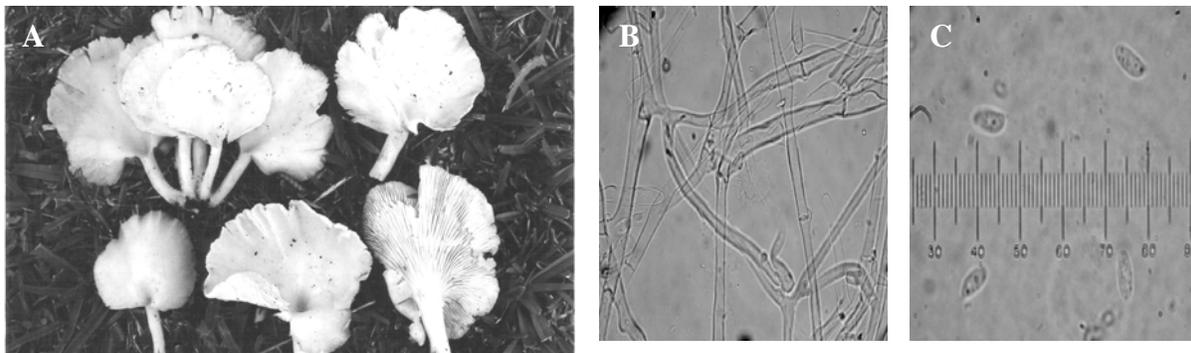


Figura 5. *Pleurotus levis* (107.2001). A. Basidiocarpo. B. Sistema hifal (400x). C. Esporas (1000x).

***Pleurotus levis* (Berk. & Cooke) Singer**

Descripción

Pileo de 68 mm de diámetro, plano convexo, centro levemente deprimido, margen recto, borde poco desgarrado, superficie finamente escamosa en el centro, hacia el margen presenta una zona hirsuta, color blanco 1^{1/A} blanquecino 1^{2/A} hacia el margen a veces de color café 6^{8/C}. Contexto de 3 mm de ancho, consistencia correosa, color blanco. **Sabor y olor** afrutado. Sistema hifal dimítico. **Himenio** con láminas decurrentes, anchas, juntas, borde entero, lamélulas subtruncadas a atenuadas, color blanquecino a 2^{2/A} que con el tiempo se tornan amarillo 4^{3/A}. Trama lamelar irregular. **Estípite** de 30 mm de longitud, de 10 mm de diámetro en el ápice y 7 mm de diámetro en la base, cilíndrico, excéntrico, superficie hirsuta de la parte media a la base, color amarillo 4^{3/A}. Contexto lleno, correoso, color blanco. Anillo adherido al ápice, delgado, como leve membrana de color blanquecino 1^{3/A}. **Esporas** de 8.0 - 15.0 x 4.0 µm cilíndricas, hialinas, lisas de pared delgada, inamuloides (Figura 6).

Material estudiado: referencia 50.2002, Tactic, Alta Verapaz. 12 de junio de 2002.

Hábitat: creciendo sobre troncos de *Liquidambar*.

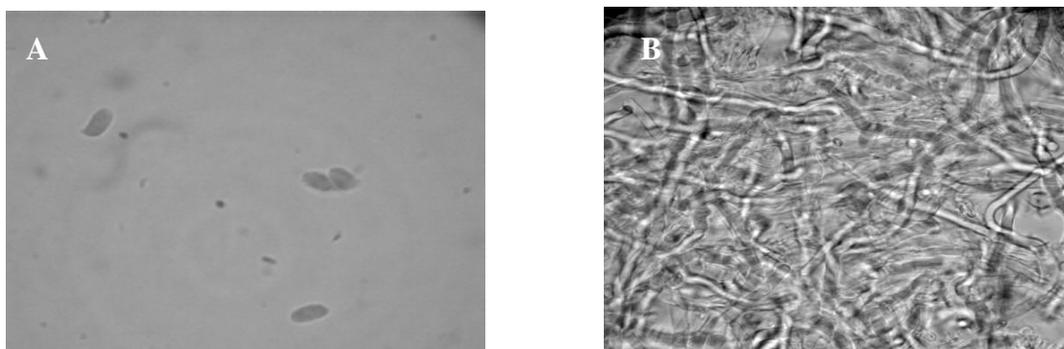


Fig. 6. *Pleurotus levis* (50.2002). A. Esporas (400x). B. Sistema hifal (400x).

***Pleurotus ostreatus* (Jacquim. Fries) Kummer**

Descripción

Píleo de 25 a 90 mm de diámetro, plano a plano convexo, margen levemente levantado y ondulado, borde incurvado, superficie finamente fibrilosa a levemente escamosa, color café grisáceo 6^{2/B} a 7^{3/C} principalmente hacia el margen, escamas con coloración café 7^{3/C} con tonos amarillentos, cutícula no desprendible. Contexto de 13 mm de ancho, consistencia carnosa, color blanco. **Olor y sabor** no determinado. Sistema hifal monomítico. **Himenio** con láminas subdecurrentes, anchas, juntas, lamélulas subtruncadas, con borde liso, color blanco a crema, en algunos ejemplares se colorean de café amarillento con el maltrato. **Trama** lamelar irregular. **Estípite** de 5 - 10 mm de longitud, superficie concolora con el píleo, color blanco que se mancha en algunas regiones de café. Contexto blanco, lleno, carnoso. **Esporas** de 8.0 - 10.0 x 3.0 - 4.0 μm , de pared lisa delgada, hialinas, inamiloides (Figura 7).

Material estudiado: referencia 6.2003, Ciudad San Cristobal 1, Zona 8, Mixco, Guatemala. 01 de junio de 2003.

Hábitat: sobre troncos podridos.

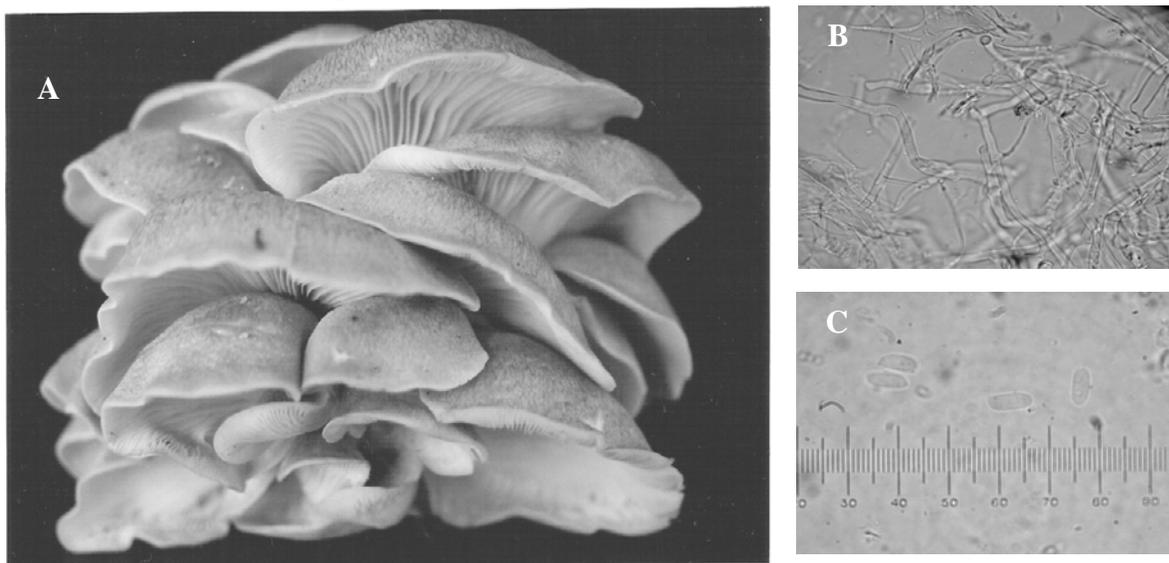


Fig. 7. *Pleurotus ostreatus* (6.2003). A. Basidiocarpos. B. Sistema hifal (400x). C. Esporas (400x)

***Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer**

Descripción

Pileo de 50 - 80 mm de diámetro plano convexo, margen recto, borde decurvado a incurvado, superficie seca cerosa, color gris 9^{2/B} con el centro gris oscuro 9^{2/C} cutícula desprendible. Contexto de 7 mm de grosor, consistencia carnos-esponjosa, color blanco. Sabor un poco afrutado. **Olor** no determinado. Sistema hifal monomítico. **Himenio** con láminas decurrentes, anchas, onduladas, borde entero, color blanquecino, lámelulas subtruncadas, concoloras con las láminas, las láminas se continúan con una línea hacia el estípite. **Trama** lamelar irregular. **Estípite** de 35 - 70 mm de longitud, 4 - 10 mm de diámetro en el ápice y 3 - 7 mm de diámetro en la base, cilíndrico, ondulado, atenuado hacia la base, excéntrico a lateral, superficie fibrilosa longitudinalmente, finamente tomentosa hacia la base, color blanco a amarillento. Contexto lleno, consistencia carnos a fibrilosa, color blanco. Esporas 7.0 - 9.0 x 3.0 - 4.0 μm , cilíndricas a elipsoides, hialinas, lisas, de pared delgada, inamiloides (Figura 8).

Material estudiado: referencia 9.2003, Santa María de Jesús Sacatepéquez. 05 de junio de 2003.

Hábitat: sobre troncos podridos.

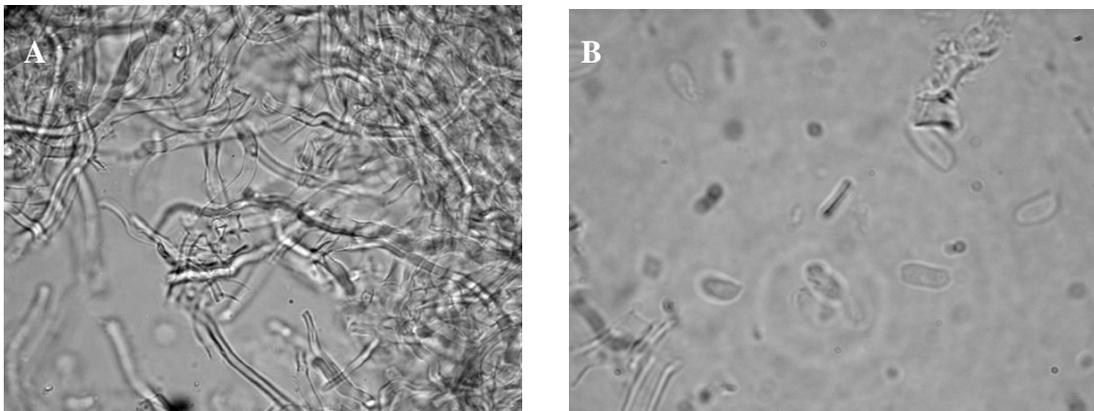


Fig. 8. *Pleurotus ostreatus* (9.2003). A. Sistema hifal. B. Esporas (1000x).

IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En cuanto a las características macroscópicas del micelio vegetativo de las 8 cepas del género *Pleurotus* evaluadas, se observó que 7 de ellas (correspondientes a *P. djamor* var. *djamor* (138.2001, 70.2003), *P. djamor* var. *roseus* (131.2002 y 3.2002), *P. ostreatus* (6.2003 y 9.2003) y *P. levis* (107.2001)), presentaron características similares, las cuales coinciden con las reportadas por Sobal y Col, quien indica que cepas de diferentes especies de *Pleurotus*, presentan generalmente una colonia de color blanco a amarillento, textura algodonosa a aterciopelada, densidad de abundante a escasa y micelio aéreo abundante a escaso (43).

Una excepción en este estudio fue la cepa *P. levis* 50.2002, la cual evidenció un color beige, textura compacta, densidad escasa y sin micelio aéreo. Estas características no coinciden con lo reportado en la literatura, por lo que se hace necesario profundizar en el estudio de esta cepa.

Al realizar la observación microscópica de las cepas se determinó que las cepas de *P. djamor* var. *djamor*, *P. djamor* var. *roseus* y *P. ostreatus* poseen hifas de paredes delgadas con fíbulas.

Las cepas correspondientes a *P. djamor* var. *djamor* presentaron además hifas entrelazadas. La presencia de fíbulas en todas las cepas es indicativo de la condición dicariótica del micelio, la cual le permite un crecimiento vigoroso, que puede ser aprovechado para la producción de inóculo (semilla) y posteriormente para la producción de basidiocarpos (44).

Cuando el crecimiento de un hongo se da en un medio sólido, en lugar de fase exponencial se presenta una fase de crecimiento más o menos lineal y se considera que los hongos filamentosos tienen una “unidad de crecimiento” que se duplica a una tasa constante, es decir, que las hifas individuales se extienden a una tasa constante lineal, mientras que la totalidad del micelio crece de manera exponencial. Lo cual indica que la tasa radial de crecimiento colonial (K_r), está en relación directa con la tasa específica de crecimiento (u) y con la zona periférica de crecimiento (w), así: $K_r = uw$.

Dado que es muy fácil determinar K_r , por medio de la medición del incremento radial de una colonia, se utiliza frecuentemente como una forma indirecta de estimar y sus variaciones; sin embargo para que esto sea válido, se debe tener especial cuidado en confirmar que bajo las condiciones de estudio, w permanece constante (45).

En este sentido, se determinó que la tasa radial de crecimiento (mm/día) mayor fue para *P. ostreatus* 6.2003, llenando la caja de Petri de 88 mm de diámetro en los medios PDA y AEM a 24 y 26°C al noveno día de incubación. Estos resultados son similares a los estudios realizados con cepas mexicanas de *P. ostreatus*, las cuales han alcanzado tasas radiales de crecimiento de hasta 77 mm a los 6 días de incubación (*P. ostreatus* INIREB-8 e INIREB-23) sobre agar AEM a 27.5°C (43).

La cepa que presentó menor tasa radial de crecimiento fue *P. levis* 50.2002, en todo los medios y temperaturas evaluadas, lo cual se mencionó anteriormente, por lo que se sugiere que debe ser investigada en otros medios de cultivo enriquecidos, bajo las mismas condiciones de desarrollo.

Para las seis cepas de *Pleurotus* (107.2001, 50.2002, 6.2003, 9.2003, 3.2002 y 131.2002), utilizando tres medios de cultivo (PDA, ASD y AEM) a diferentes temperaturas, se determinó que existe diferencia significativa en la tasa radial de crecimiento ($p < 0.05$), de

manera que para estas cepas es posible descartar la hipótesis número uno; a excepción de las cepas de *P. djamor* var. *djamo* 70.2003 y 138.2001 en las cuales no existió diferencia significativa ($p>0.05$), por lo que en este caso no es posible descartar la hipótesis número uno, planteada en este estudio.

Estos resultados pueden explicarse desde el punto de vista que estas cepas pertenecen a diferentes especies y además fueron aisladas de sitios diversos.

Sin embargo, en cuanto a la cepa de *P. djamor* var. *djamo* se ha demostrado en otros estudios que cepas aisladas de América y Asia, analizadas fenéticamente en cuanto a sus características macro y micromorfológicas, no poseen variaciones significativas (46), lo cual podría explicar el hecho que no existiera diferencia significativa en las cepas 138.2002 y 70.2003.

Dadas las diferencias significativas encontradas entre las cepas de *P. djamor* var. *roseus*, *P. levis* y *P. ostreatus*, mencionadas anteriormente se recomienda el uso de la cepa 3.2002, cultivándola en los medios PDA o ASD a 24°C, la cepa 107.2001 en el medio AEM a 18°C y la cepa 6.2003 en agar PDA a cualquiera de las temperaturas evaluadas, debido a que en esas condiciones presentaron las mayores tasas radiales de crecimiento.

Este hecho no ocurrió entre las cepas de *P. djamor* var. *djamo*, sin embargo, se observó que la cepa 138.2001 en el medio PDA a 24°C, presentó la mayor tasa radial de crecimiento, comparada con la cepa 70.2003.

Los valores obtenidos en este trabajo, son similares a los encontrados en un estudio efectuado con una cepa mexicana de *P. djamor* var. *djamo* (IE-121), una cepa guatemalteca de *P. djamor* var. *djamo* (IE II), una cepa cubana de *P. djamor* var. *djamo* (IE-145) y dos cepas europeas, *P. pulmonarius* (IE-180) y *P. ostreatus* (IE- 179); en el cual

se estableció que la mayor velocidad de crecimiento para *P. djamor* varía entre 10 a 16 días y *P. ostreatus* requiere de 14 a 18 días de incubación (51).

Es importante considerar que si bien la tasa de crecimiento no se relaciona con la productividad de las cepas, favorece la formación y desarrollo de primordios en menor tiempo y reduce los ciclos de cultivo cuando se evalúan las cepas en planta piloto, bajo las mismas condiciones ambientales (47).

La biomasa formada por cada una de las cepas no mostró diferencia significativa, al comparar los medios de cultivo y temperaturas de incubación, por lo tanto, no es posible descartar la hipótesis número dos.

Sin embargo, la cepa que produjo mayor biomasa fue la cepa *P. levis* 107.200 1 en el medio PDA a 18°C con 0.385 g y en medio ASD a 26°C con 0.365 g. Seguidamente la cepa *P. djamor* var. *roseus* 3.2002 sobre agar PDA a 26°C, que alcanzó el peso de 0.341 g; luego las cepas *P. ostreatus* 9.2003 en medio ASD a 24°C con 0.330 g y *P. djamor* var. *roseus* 131 .2002 en agar PDA a 24°C con 0.328 g. Es interesante observar que la cepa *P. djamor* var. *roseus* 131 .2002, mostró una producción de biomasa en un rango de 0.284 a 0.328 g, en todos los medios a temperaturas de 24 y 26°C.

Un caso similar se observó con la cepa *P. ostreatus* 6.2003, la cual produjo un rango de 0.262 g en agar AEM a 18°C y 0.274 g en agar AEM a 26°C. Los diferentes resultados de producción de biomasa de cada una de las cepas evaluadas indican que cada especie y/o cepa tienen intervalos óptimos de temperatura, como lo indicaron Guillén-Navarro y Col. (1998) (48).

En este sentido, en *P. djamor* var. *djamor*, la cepa 138.2001 presentó mayor tasa radial de crecimiento en el medio PDA a 24°C, y también produjo mayor biomasa en el medio AEM a 26°C, superando así a la cepa 70.2003 (Anexo 1).

Se observó también que en *P. djamor* var. *roseus*, la cepa 3.2002 presentó la mayor tasa radial de crecimiento en los medios PDA y ASD a 24°C, mientras que la cepa 131.2002, produjo mayor biomasa en el medio PDA a 24°C, temperatura similar a la que se percibe en los lugares de procedencia de las cepas: Ciudad de Guatemala y Jacaltenango, Huehuetenango (Anexo 2).

En *P. ostreatus*, la 6.2003 presentó mayor tasa radial de crecimiento en el medio PDA a 18°C, no así en la producción de biomasa, donde la cepa 9.2003 produjo la mayor biomasa en el medio ASD a 24°C. En el primero de los casos, la cepa procede de las inmediaciones del cerro Alux, Mixco, Guatemala, donde la temperatura es algo baja y quizá este hecho haya influido en que la cepa crezca mas rápido a 18°C. Para la cepa 9.2003, fue recolectada en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, un lugar de clima templado con temperaturas que oscilan entre los 20-24°C (Anexo 3).

En la especie de *P. levis*, la cepa 107.2001 presentó mayor tasa radial de crecimiento en el medio EMA a 18°C y también produjo mayor biomasa en el medio PDA a 18°C, un hecho que resulta interesante, ya que esta cepa fue recolectada en San Mateo Ixtatán, Huehuetenango, donde la temperatura anual oscila alrededor de los 18°C (Anexo 4).

Al comparar las cepas tanto en la producción de biomasa como en la tasa radial de crecimiento entre las cepas pertenecientes a la misma especie o variedad, se comprobó que algunas cepas son mejores que otras en cuanto a la tasa radial de crecimiento y otras en cuanto a la producción de biomasa bajo diferentes condiciones, con algunas excepciones (Anexos 1, 2, 3 y 4).

Respecto a la identificación taxonómica de *Pleurotus* spp, las descripciones de las características macro y microscópicas de los cuerpos fructíferos, fueron compatibles con las especies previamente identificadas, según el color del basidiocarpo y sus características microscópicas.

Los especímenes estudiados correspondieron a *P. ostreatus* (referencias 6.2003 y 9.2003) y *P. levis* (107.2001 y 50.2002). Estas cepas son fácilmente diferenciables, ya que la primera presenta basidiocarpo de color café grisáceo y la segunda los presenta de color blanco; además de que ésta última solamente se desarrolla en climas fríos y *P. ostreatus* crece en climas templados, de acuerdo a lo reportado por Bran y Col. (49). Ambas no son frecuentes en el país, tal y como lo indicaron Sommerkamp y Guzmán (1990) (1) y Bran y Col. (2003) (49), quienes comprobaron que también se utilizan como comestibles. De acuerdo con los estudios del RNA ribosomal, *P. ostreatus* pertenece al grupo *P. cystidiosus-australis* (50). Asimismo, de acuerdo con las secuencias variables mitocondriales V4, V6 y V9 *P. ostreatus*, se ubica en el subgénero *Pleurotus*, con sistema hifal monolítico (52). *Pleurotus levis* no fue incluido en ningún grupo debido a que representa una especie no relacionada con los grupos propuestos por el análisis ARN ribosomal (52).

Los resultados taxonómicos obtenidos en este estudio indican que el género *Pleurotus* en el país, está representado por especies de zonas altas y frías (*P. levis*) y especies de zonas templadas y cálidas de zonas bajas (*P. djamor* var. *djamor*, *P. djamor* var. *roseus* y *P. ostreatus*), tal y como lo demuestran los estudios taxonómicos realizados por Sommerkamp y Guzmán (1), Morales (11) y Bran y Col. (49).

P. djamor es una de las especies conocidas por la gran variabilidad en color y tamaño del basidioma, el cual generalmente es blanco, gris o rosáceo y es parte de un amplio complejo taxonómico tropical y subtropical (49). En Guatemala, es la especie de *Pleurotus*

más difundida y ocurre en varios departamentos, donde también se utiliza como alimento (50). Los ejemplares descritos en este estudio correlacionaron muy bien con los taxa reportados por Guzmán (1995) (51). Además, de acuerdo con el árbol fenético, los aislamientos y cuerpos fructíferos de *P. djamor* presentes en el país se encuentran íntimamente relacionados con los *P. djamor* de Costa Rica y México, aunque también mostró una relación con especímenes procedentes de Puerto Rico y Estados Unidos (49). De acuerdo con Vilgalys (1997), esta especie se ubica en el grupo *P. cornucopiae-djamor*, basado en la secuencia de genes de RNA ribosomal (52).

De acuerdo con estos resultados, no es posible descartar la hipótesis número tres, planteada originalmente, ya que el análisis taxonómico demostró que las especies y variedades estudiadas, corresponden a las identificadas previamente.

IX. CONCLUSIONES

- A. Siete de las ocho cepas de *Pleurotus* presentaron un micelio de color blanco, una textura algodonosa, regular cantidad de micelio aéreo en los tres medios de cultivo a las temperaturas 18, 24 y 26°C, a excepción de la cepa 50.2002 que evidenció color beige, textura compacta y carencia de micelio aéreo en las mismas condiciones.
- B. Las ocho cepas de *Pleurotus* presentaron hifas de paredes delgadas con fíbulas.
- C. La cepa *Pleurotus ostreatus* 06.2003 se debe cultivar sobre agar PDA a cualquiera de las temperaturas evaluadas (18, 24 y 26°C), ya que en esas condiciones se obtuvo una mejor tasa radial de crecimiento.
- D. La cepa *Pleurotus levis* 107.2001 debe ser cultivada en agar PDA a 18°C, ya que en esas condiciones presentó mayor tasa radial de crecimiento.
- E. La cepa que produjo mayor biomasa fue *P. djamor* var. *roseus* 131 .2002 en todos los medios de cultivo a 26°C y la cepa con menor producción de biomasa fue *P. levis* 50.2002.
- F. Los ejemplares herborizados correspondieron a dos variedades de *P. djamor* (var. *djamor* y var. *roseus*) y a las especies *P. levis* y *P. ostreatus*, los cuales fueron compatibles con las especies previamente identificadas, según el color del basidiocarpo y sus características macro y microscópicas.

X. RECOMENDACIONES

- A. Se recomienda evaluar la cepa *Pleurotus levis* 50.2002 en otros medios de cultivo enriquecidos en las mismas condiciones de temperatura, pues en el estudio efectuado su crecimiento fue escaso.

- B. Evaluar el efecto del pH sobre el crecimiento de las cepas en los mismos medios y temperaturas, para evaluar su desarrollo.

- C. Evaluar el desarrollo de las cepas de *Pleurotus* a efecto de encontrar el mejor soporte para la producción de inóculo.

- D. Continuar buscando y recolectando nuevas especies y cepas nativas de *Pleurotus* para organizar un cepario que permita la hibridación de cepas con fines de mejoramiento genético y bioprospección de la diversidad.

XII. REFERENCIAS

1. Sommerkamp, Y. Hongos de Guatemala 11: Especies depositadas en el herbario de la Universidad de San Carlos de Guatemala. *Rev Mex Mic*; 1990; 6: 179-197.
2. Bran, M., Col. Hongos comestibles de Guatemala: diversidad, cultivo y nomenclatura vernácula. Informe final técnico Fase II. Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2002. Págs. 32-34.
3. Bran, M., Col. Hongos comestibles de Guatemala: diversidad, cultivo y nomenclatura vernácula. Informe final técnico Fase III. Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2003. Pág. 50.
4. Guzmán, G. Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos de México. (Ensayo sobre el inventario fúngico del país). *La Diversidad Biológica de Iberoamérica II. Volumen Especial, Acta Zoológica Mexicana, nueva serie.* 1998; 377p. Págs. 111-175.
5. Landecker, E. *Fundamentals of the fungi.* 3 ed. USA: Prentice-Hall, 1990. Págs. 171-213, 275-303.
6. Lowy, B. Mushroom symbolism in maya codices. *Mycología* 1972; 64:816-821.
7. Stamets, P. *Growing gourmet and medicinal mushrooms.* USA: Ten Speed Press, 1993. Págs. 283-326
8. Alexopoulos, C. *Introductory mycology.* 2 ed. USA: John Wiley and Sons, 1964. Págs.3-9; 492, 505, 515-520.
9. Herrera, K. Estudio etnomicológico en la región de Chipotón, Sacatepéquez. Universidad de San Carlos de Guatemala, (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 1991. Pág. 92.
10. Herrera, T.; Ulloa, M. *El reino de los hongos.* México: UNAM, Fondo de Cultura Económica, 1998. Págs. 426-430.

11. Morales, O. Estudio etnomicológico de la cabecera municipal de Tecpán Guatemala, Chimaltenango. Universidad de San Carlos de Guatemala. (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 2001. Pág. 92.
12. Sommerkarp, Y. Hongos comestibles en los mercados de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Dirección General de Investigación. Guatemala, 1990. Pág. 68.
13. Argueta, J. Estudios de los macromicetos de la ciudad de Guatemala, Mixco y San Juan Sacatepéquez. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1983. Pág. 86.
14. Flores, R., Col. Boletales de Guatemala. En: Memorias del V Congreso Científico Latinoamericano de Estudiantes de Farmacia, IV Congreso Nacional del Colegio de Farmacéuticos y Químicos de Guatemala y Semana Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala, 1999. Pág. 15.
15. Phillips, R. Mushrooms of North America. USA: Little, Brown and Company, 1991. Pág. 206.
16. Singer, R. The Agaricales in Modern Taxonomy. 13 ed. Chicago III. J. Cramer, 1975. Págs. 181-184.
17. Index fungorum. Clasificación taxonómica. Disponible en:
<http://www.indexfungorum.org/Names/synspecies.asp?RecordID=174220>
18. Griffin, D. Ecology of soil fungi. USA: John Wiley and Sons 1972. Págs. 28-43
19. Sánchez, E. Producción de hongos comestibles. México. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. 1994. Págs. 28,37,38,60
20. Guzmán, G. Identificación de los hongos comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera. 2ed. México: Limusa, 1990. Págs. 108,121-122.
21. Chacón, S., Col. Guía ilustrada de los hongos del Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero de Xalapa, Veracruz y Áreas Circunvecinas. México. Instituto de Ecología. 1995. Págs. 48-49.

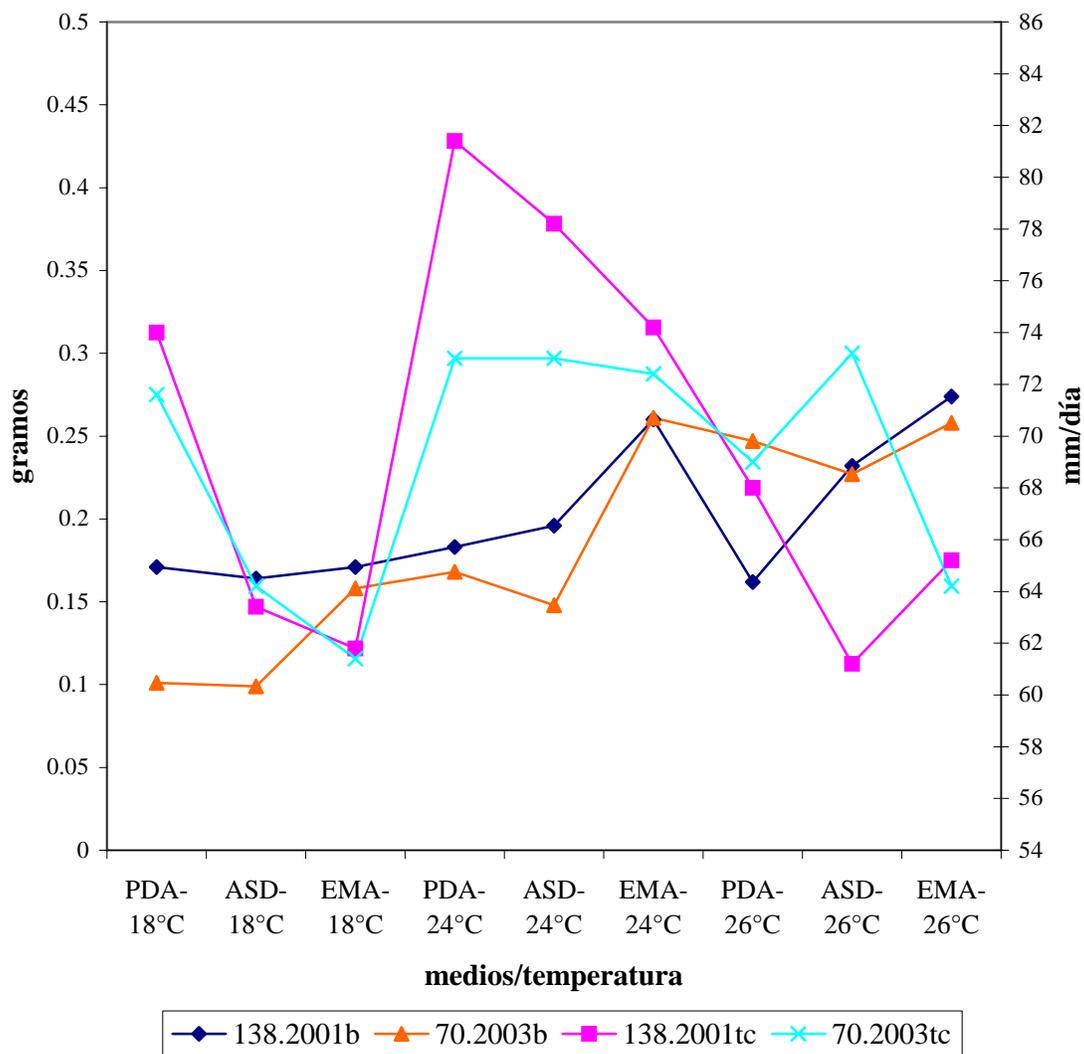
22. Arora, D. Mushrooms Demystified. 2 ed. USA: Ten Speed Press, 1986. Págs. 132-136
23. Laso, T. The Mushroom Book. USA: DK publishing book, 1996. Págs. 66,78
24. *Pleurotus ostreatus* (Jack.) Quélet. Disponible en:
<http://www.mycoweb.com/CAF/species/Pleurotusostreatus.html>
25. Especies biológicas de *Pleurotus*. Disponible en:
<http://fp.bio.utk.edu/mycology/P/euroius/pleurotusisg.html>
26. *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn. Disponible en:
<http://www.semarnat.gob.mxlpfnm/Pleurotusdjainor.html>
27. Morales, O., Col. Estudio etnomicológico de la cabecera municipal de Tecpán Guatemala, Chimaltenango. Revista Científica de la USAC Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 2002 vol. 15. Págs. 26-28
28. Morales, O. Comunicación personal noviembre 2002.
29. Guzmán, G. El cultivo de los hongos comestibles. México. Instituto Politécnico Nacional, 1993. Págs. 26-105.
30. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus*. Disponible en:
<http://www.cdeea.com/gonzalo.htm>
31. Estructura del pleuroma de *Pleurotus*. Disponible en:
<http://www.uv.mxlinstitutos/forcestlhongos/setas.html>
32. Martínez-Carrera, D. Desarrollo histórico y perspectivas de la producción de hongos comestibles en Latinoamérica. 111 Congreso Latinoamericano de Micología 1999. Pág. 48.
33. Guzmán, G.; Gerardo, M. Estudios sobre los hongos Latinoamericanos. (Resumen IV Congreso Latinoamericano de Micología Xalapa, Veracruz, México, 2002. Págs. 175, 178,503, 508,514.

34. De León, R. Cultivation of edible and medicinal mushrooms in Guatemala, Central America. *Micol Apl Int* 2003; 15(1): 31-35.
35. Arriola, H. Utilización de bolsas de polipapel y celofán para el empaque de los inóculos primarios y secundarios de una cepa mexicana de *Pleurotus ostreatus* inoculada sobre sorgo. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1983. Pág. 86.
36. García, D. Utilización de rastrojos de maíz y cascarilla de arroz como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Agronomía) 2000. Pág. 38.
37. Godoy, C. Cultivo de una cepa mexicana de *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustrato aserrín de caoba y cedro, fibra de coco y olote de maíz. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1997. Pág. 72.
38. Orozco, C. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustratos rastrojo, zacate y tusa. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia), 2000. Pág. 64.
39. Girón, D. Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en subproductos lignocelulósicos derivados de la agroindustria de la palma africana. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia), 2000. Pág. 40.
40. Lazo, G. Determinación de la eficiencia del rastrojo de tomate y la corona del fruto de piña y sus mezclas en el cultivo de la cepa ECS 0110 de *Pleurotus (Pleurotus ostreatus)*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Agronomía), 2001. Pág. 36.
41. Bran, M. Comunicación personal. Septiembre 2002.
42. Mier, T; Toriello, C.; Ulloa, M. Hongos microscópicos saprobios y parásitos: métodos de laboratorio. 1 ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México 2002. Págs. 34-35.

43. Sobal, M., Col. Efecto del pH sobre el crecimiento de diversas cepas mexicanas y extranjeras de hongos comestibles en el laboratorio. *Micol Neotrop ApI* 1989; 2: 19-39.
44. Labarére, J. Bois, F. La conservación y el uso de los recursos genéticos de *Pleurotus* spp. En: La Biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Sánchez, J., Royse, D. (Eds). 1 ed. Editorial LIMUSA S.A de C.V., México, 2001. Págs. 92-93.
45. Sánchez, J. Crecimiento y fructificación. En: La Biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Sánchez, J., Royse, D. (Eds). 1 ed. Editorial LIMUSA. S.A de C.V., México, 2001. PS
46. González, P., Labarére, J. Phylogenetic relationships of *Pleurotus* species according to the sequence and secondary structure of the mitochondrial small-subunit rRNA V4, V6 and V9 domains. *Microbiology* 2000; 146: 209-22 1
47. Salmenes, D., Col. Estudios sobre el género *Pleurotus*. VIII. Interacción entre crecimiento miceliary productividad. *Rev Iberoam Micol* 1997; 14: 173-176.
48. Guillén-Navarro, G.; Márquez-Rocha, F.; Sánchez-Vásquez, J. Producción de biomasa y enzimas ligninolíticas por *Pleurotus ostreatus* en cultivo sumergido. *Rev Iberoam Micol* 1998; 15: 302- 306.
49. Bran, M., Col. Contribución al conocimiento de los hongos comestibles en Guatemala Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Edición Especial, Revista Científica. 2003 Vol 1 (1): 1-24.
50. Nicholl, D. Phenetic plasticity in *Pleurotus djamor*. *Mycotaxon* 2000; 76: 17-37.
51. Guzmán, G., Col. Studies in the genus *Pleurotus*, IV. Observations on the pink forms growing in Mexico based in the interbreeding of two different strains. *Mycotaxon* 1995; 53: 247-259.
52. Vilgalys, R. Biodiversity of the oyster mushroom *Pleurotus*. *Mush News* 1997; 45: 32-35.

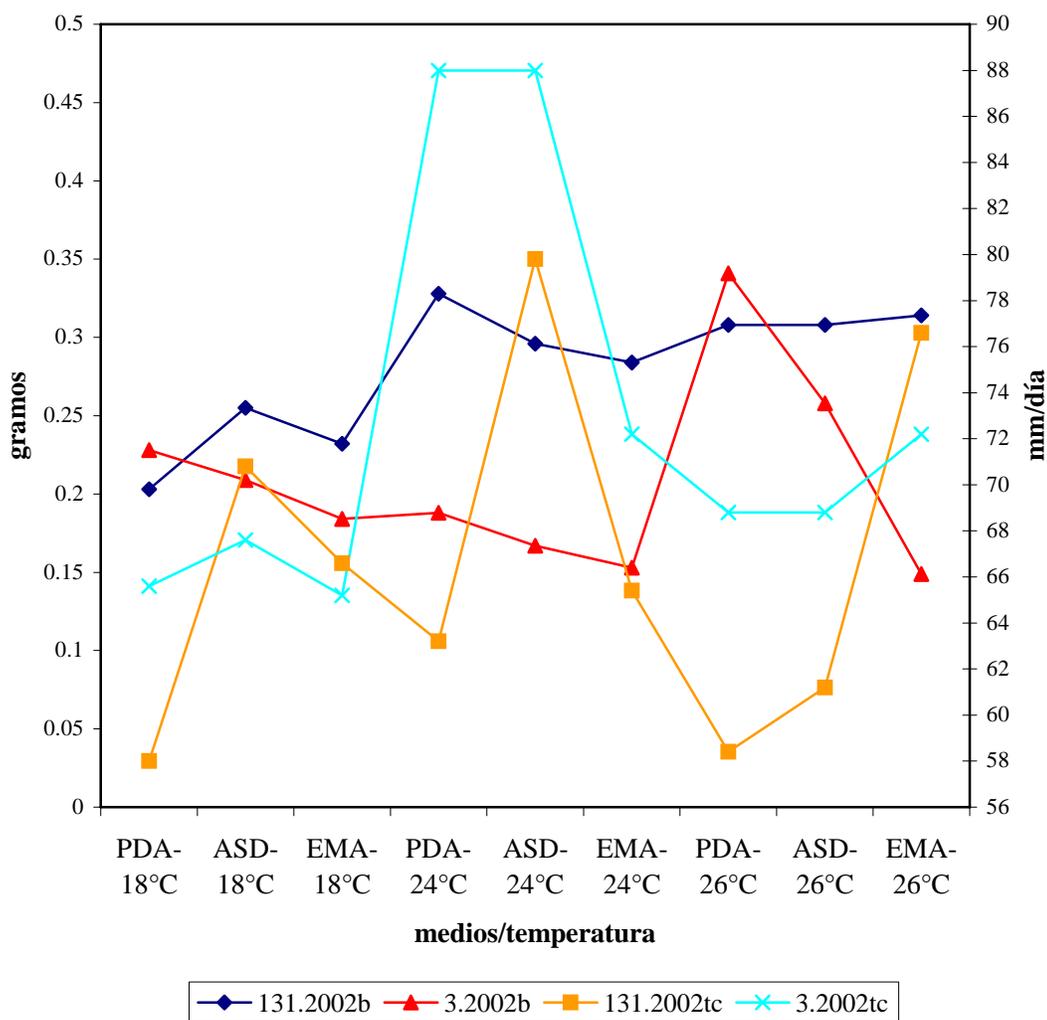
XIII. ANEXOS

Anexo 1. Comparación de la producción de biomasa (g) y la tasa radial de crecimiento (mm/día) en *Pleurotus djamor* var. *djamor* 138.2001 y 70.2003



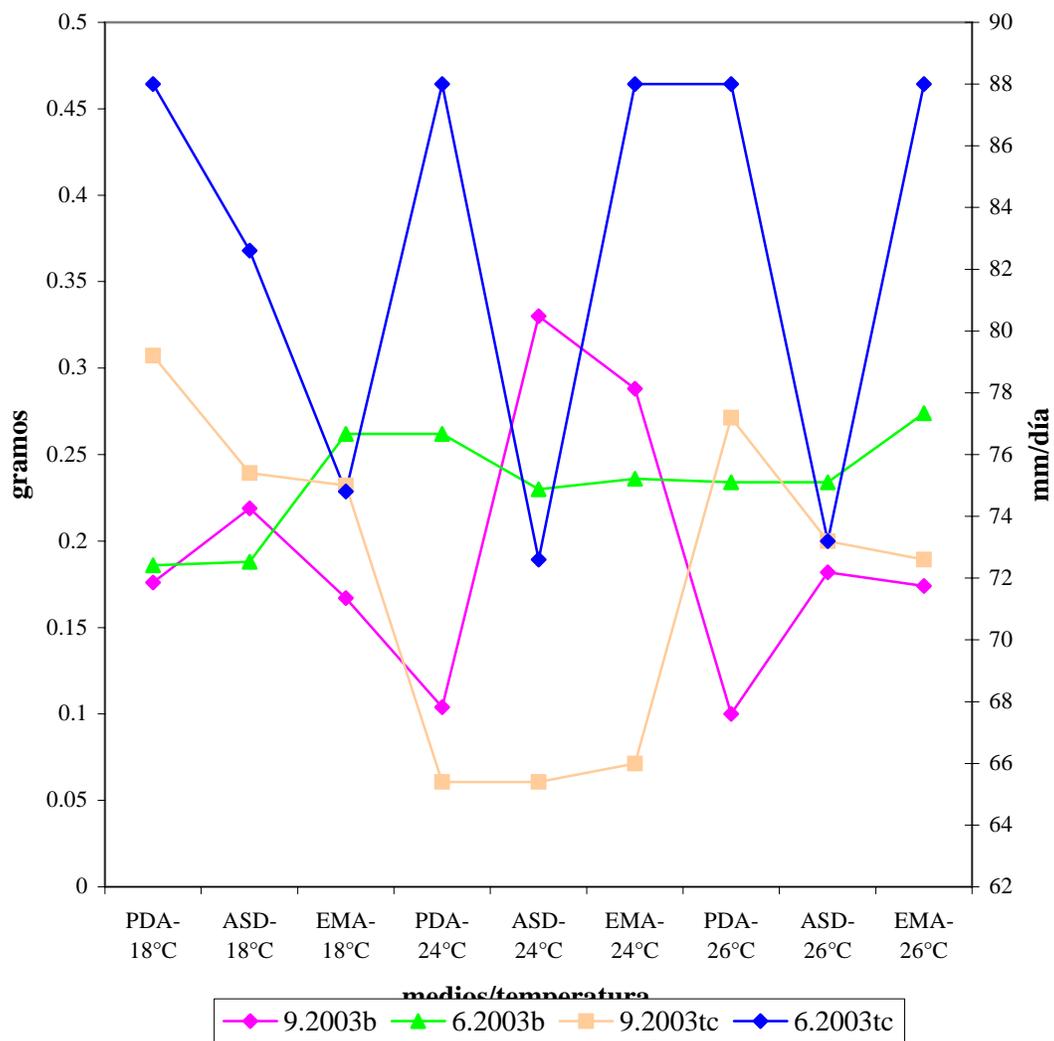
b: biomasa; tc: tasa radial de crecimiento.

Anexo 2. Comparación de la producción de biomasa (g) y la tasa radial de crecimiento (mm/día) en *Pleurotus djamor* var. *roseus* 131.2001 y 3.2002



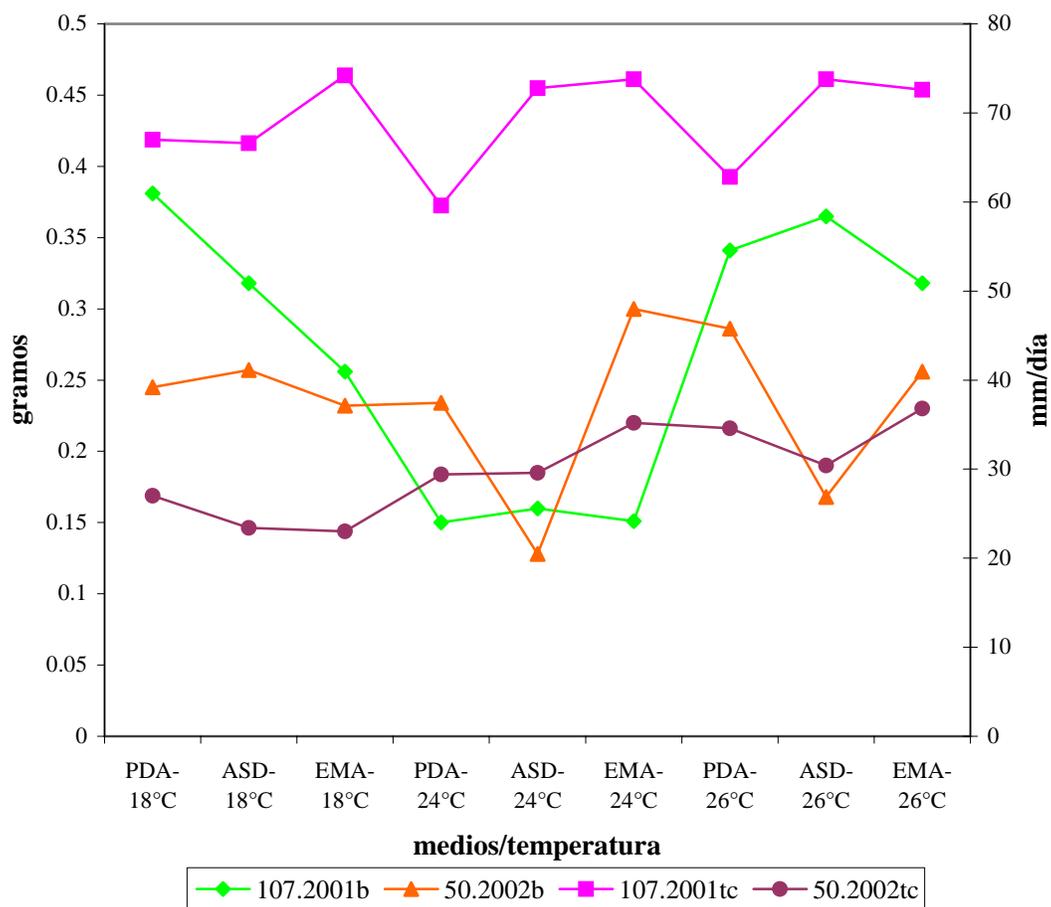
b: biomasa; tc: tasa radial de crecimiento.

Anexo 3. Comparación de la producción de biomasa (g) y la tasa radial de crecimiento (mm/día) en *Pleurotus ostreatus* 09.2003 y 06.2003



b: biomasa; tc: tasa radial de crecimiento.

Anexo 4. Comparación de la producción de biomasa (g) y la tasa radial de crecimiento (mm/día) en *Pleurotus levis* 107.2001 y 50.2002



b: biomasa; tc: tasa radial de crecimiento.