

## NOTA CORTA

### LOS ESTUDIOS MORFOMÉTRICOS EN HONGOS: REVISIÓN, ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS

SANTIAGO CHACÓN

Instituto de Ecología A.C., Apartado Postal 63, Xalapa, Ver., México. 91000  
e-mail: [chacon@ecologia.edu.mx](mailto:chacon@ecologia.edu.mx)

#### ABSTRACT

**THE MORPHOMETRIC STUDIES ON FUNGI: REVISION, ANALYSIS AND PERSPECTIVES.** *Rev. Mex. Mic.* 16: 33-36 (2000). A bibliographic revision about morphometric studies on fungi is presented. Contents and analysis of some papers are discussed, the most used methodologies in this topic are presented and their importance in taxonomy is pointed out.

**Key words:** Morphometric studies, bibliographic references, analysis, perspectives.

#### RESUMEN

Se presenta una revisión bibliográfica sobre los estudios morfométricos en hongos. Se discute y analiza el contenido de algunos trabajos, para conocer las metodologías más utilizadas y remarcar así, la relevancia en los estudios taxonómicos.

**Palabras clave:** Estudios morfométricos, referencias bibliográficas, análisis, perspectivas.

Con el propósito de reforzar los criterios en taxonomía, recientemente se han implementado nuevas metodologías a través de estudios en cladística y biología molecular, tópicos que actualmente gozan de cierto prestigio y que parecen surgir como un reto hacia la taxonomía tradicional, debido en parte a que esta última, basa la segregación de los nuevos taxa en características morfológicas y hace poco énfasis en el origen evolutivo de los organismos a través de análisis filogenéticos.

El uso de claves dicotómicas donde están de por medio la medición de formas macroscópicas y microscópicas, han sido desde tiempos antiguos, una de las alternativas más utilizadas para la segregación de taxa, de modo que al hablar de taxonomía a ésta, tradicionalmente se le relaciona con la morfometría, disciplina que recientemente a tenido un repunte importante, gracias al uso de nuevas herramientas apoyadas en equipos que graban imágenes, miden con rapidez y reducen el error (Blackith, 1965; Rohlf, 1990 y Bookstein, 1982, 1993). Fink (1990), hizo ver que la obtención de mediciones en las formas biológicas depende de la tecnología utilizada (para generar datos) y de la naturaleza de los especímenes, además de argumentar de que cada

decisión de qué medir y por qué medir, debe ser elegida por cada investigador, dado que los resultados que se generen, estarán en función de lo que puede ser adecuado para dar respuesta a las preguntas en sistemática. De acuerdo con la literatura consultada, los estudios con aplicación morfométrica han sido mayormente favorecidos en áreas de la botánica y zoología (Strauss y Bookstein, 1982, Rohlf y Archie, 1984; Kores *et al.*, 1993; Sosa y De Luna, 1998 y McLellan y Endler, 1998, por citar algunos). En hongos, en las contribuciones de Maire (1926), Duncan y Galbraith (1973), Arruda y Fidalgo (1974) y Parmasto y Parmasto (1982, 1982a), se incluyen análisis estadísticos, mismos que con principios morfométricos evalúan la variación en el tamaño de las esporas, pero entre los trabajos que mayormente hacen referencia al tema sobresalen los de Corner (1947), Romagnesi (1961), Raitviir (1972), Clemençon (1979), Parmasto y Parmasto (1987), Chang y Mills (1992), Toti *et al.* (1992), Gilbert *et al.* (1995) y Morgan *et al.* (1998).

En México, a la fecha no se encontraron trabajos específicos sobre estudios morfométricos en hongos, sin embargo, el empleo de otras metodologías utilizadas en la taxonomía moderna como el uso de

marcadores moleculares y los análisis cladísticos, han sido tratadas por Valverde y Paredes-López (1996) y Villegas *et al.* (1999). Con base en la escasa información que se tiene sobre la aplicación de nuevas metodologías en los trabajos taxonómicos del país (particularmente aquellas relacionadas con estudios morfométricos en hongos) y reconociendo la relevancia de algunas contribuciones extranjeras que han servido como modelos para segregar taxa a distintos niveles, se consideró conveniente efectuar una revisión bibliográfica en el tema, remarcar la relevancia de algunos de los trabajos realizados con hongos y de paso discutir las metodologías más utilizadas; todo esto con el propósito de despertar el interés de los micólogos en las investigaciones sobre este tópico.

El trabajo consistió de una revisión bibliográfica sobre los estudios morfométricos en hongos publicados en 11 de las principales revistas especializadas en micología. Dado que el desarrollo de la morfometría se ha implementado en los últimos años, la revisión se hizo de manera exhaustiva a partir de 1970. Se consideraron también las referencias encontradas antes de dicha fecha, o que fueron publicadas en revistas ajenas a las citadas en la Tabla 1. Los artículos se agruparon en cuatro periodos de acuerdo al año en que salieron publicados; antes de 1970, entre 1970-1979, entre 1980-1989 y por último entre 1990-1999. La selección de referencias se hizo con base en los trabajos en cuyo título y resumen se mencionaba el uso de metodologías con aplicación en estudios morfométricos.

Se encontraron 17 artículos, 12 en las 8 revistas indicadas en la Tabla 1 y 5 en otras fuentes, como los de Corner (1947), Parmasto y Parmasto (1987), Colley (1925), Mokeeva y Galimova (1983) y Wasser *et al.* (1976), (las tres últimas, *in* Parmasto y Parmasto *op. cit.*). En *Mycological Research* se encontraron 4 artículos; 2 en el *Bulletin de la Société Mycologique de France* y en *Mycotaxon* y 1 artículo en *Beihefte zur Sydowia*, en *Persoonia*, en *Rickia* y en *Transactions of British Mycological Society* mientras que en *Annales Mycologici*, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología*, *Mycologia* y *Sydowia* no se encontraron artículos específicos sobre el tema.

Hasta antes de 1970 se habían publicado 4 artículos; entre 1970 y 1989 se publicaron 9 y en los

90's otros 4. Se ha estudiado preferentemente hongos del grupo Basidiomycotina, siguiendo en orden decreciente a los Deuteromycotina y en menor escala los representantes de otros taxa como Ascomycotina, Zygomycotina y Phycomycotina. En cuanto a los parámetros microscópicos más utilizados están la forma y tamaño de las esporas, y sólo en muy pocos casos se menciona la inclusión de otros caracteres como basidios, cistidios, pleurocistidios y trama. Poca información se encontró sobre el estudio de caracteres macroscópicos como pileo, láminas o estípites.

**Tabla 1. Publicaciones de estudios morfométricos**

| Revistas*                                    | Año de publicación |           |           |           |
|----------------------------------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
|                                              | <1970              | 1970-1979 | 1980-1989 | 1990-1999 |
| Beihefte zur Sydowia                         |                    | 1         |           |           |
| Bulletin de la Société Mycologique de France | 2                  |           |           |           |
| Mycological Research                         |                    |           |           | 4         |
| Mycotaxon                                    |                    |           | 2         |           |
| Persoonia                                    |                    | 1         |           |           |
| Rickia                                       |                    | 1         |           |           |
| Transactions of British Mycological Society  |                    | 1         |           |           |
| Otras fuentes                                | 2                  | 1         | 2         |           |
| Total                                        | 4                  | 5         | 4         | 4         |

\*Revistas consultadas donde no se encontraron referencias: *Annales Mycologici*, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología*, *Mycologia*, *Sydowia*

Entre los trabajos (sobre hongos) en los que se aplican metodologías y análisis propios de los estudios morfométricos sobresalen los de Gilbert *et al.* (1995), Chang y Mills (1992) y Toti *et al.* (1992). A pesar de los 17 trabajos relacionados con el tema, la cifra sigue siendo bastante pobre, por eso y con el propósito de reforzar la importancia de este tipo de estudios, a continuación se hace un breve resumen sobre el contenido de los trabajos arriba señalados haciendo énfasis en los resultados.

Gilbert *et al.* (1995) analizaron las curvas de crecimiento de 12 especies de *Pythium* (a partir de 61 aislamientos) utilizando medias del largo y ancho de las esporas. El análisis estadístico de las mediciones no indicó una separación de las especies en grupos distintos.

Con *Psilocybe subaeruginosa* Clel. y otras tres especies relacionadas Chang y Mills (1992) aplicaron distintas metodologías (morfología comparativa, estudio electroforético y apareamiento entre especies) para probar la validez de las especies. Sin embargo, aquí tampoco se encontraron diferencias significativas entre las especies comparadas. Estos autores sugieren por ello que *Psilocybe subaeruginosa* debe prevalecer como especie válida y que *P. australiana* Guzmán & Watling, *P. eucalypta* Guzmán y Watling y *P. tasmaniana* Guzmán y Watling, deberían pasar a ser sinónimas de la primera.

Toti *et al.* (1992) aislaron 71 cepas de *Discula umbrinella* (Berk. & Br.) Morelet, procedentes de dos especies de plantas (*Fagus sylvatica* L. y *Quercus* sp.). Las medidas de esporas fueron procesadas utilizando un análisis multivariado de discriminantes. Se encontraron diferencias significativas en el tamaño de las esporas procedentes de cada una de las especies de plantas, por lo que los autores proponen una posible segregación de *D. umbrinella* en dos formas distintas.

Del análisis de los trabajos consultados es posible inferir que: a) el tamaño de la muestra puede afectar los resultados si no se cuenta con un número apropiado de ejemplares, b) la combinación de análisis (morfológicos, químicos, genéticos) en estudios morfométricos puede servir de apoyo para reforzar los criterios en taxonomía o bien, ser parte importante en la resolución de interrogantes taxonómicos, c) las aplicaciones morfométricas constituyen una herramienta más para delimitar o segregar nuevos taxa.

El mayor porcentaje de los trabajos morfométricos (en hongos) procede de países europeos y que aún con los 17 que se citan en la Tabla 1, la cifra es bastante baja, lo que hace suponer que en este campo todavía hay mucho por hacer. Por otro lado, el reciente éxito de los estudios morfométricos (en hongos y otros organismos) parece estar centrado en saber hacer una buena elección de los caracteres. Para ello se requiere de cierto conocimiento del carácter o de los caracteres que pueden adecuados para resolver problemas taxonómicos. El uso y selección de métodos estadísticos adecuados para el análisis de los datos son indispensables. Entre los parámetros más utilizados está la variación en la forma y tamaño de

las esporas con mediciones de la distancia entre puntos (morfometría tradicional) y sólo en contadas ocasiones se recurre a la morfometría geométrica, misma que incluye en los análisis el uso de coordenadas.

A medida que se exploren nuevos caracteres (macroscópicos y microscópicos), aumentarán las posibilidades de resolver complejos taxonómicos ya que no obstante las limitaciones en la selección de parámetros, se han obtenido logros importantes en la taxonomía de Basidiomycetes y Deuteromycetes en donde la aplicación de las nuevas herramientas, han sido clave para la segregación o delimitación de taxa, a nivel de grupo, de especie o de forma.

## Agradecimientos

Se agradece a las autoridades del Instituto de Ecología A.C., por el apoyo otorgado a las investigaciones. Al Dr. Efraín de Luna, por el curso impartido sobre Morfometría, mismo que generó la realización de este trabajo. A los colegas Rosario Medel, Ángel Romero y Joel Flores, se les agradece la revisión y sugerencias al manuscrito.

## Literatura citada

- Arruda, H., D. Vaz, O. Fidalgo, 1974. *Osmoporus odoratus* and its European varieties. II. Statistical Analysis. **Rickia** 6: 89-98.
- Blackith, R.E., 1965. *Morphometrics*. In: T.H. Waterman, H.J. Morowitz (eds.) **Theoretical and Mathematical Biology**. Blaisdell, Nueva York. 225-249.
- Bookstein, F.L., 1983. Foundations of Morphometrics. **Ann. Rev. Ecol. Syst.** 13: 451-470.
- Bookstein, F.L., 1993. A brief history of the morphometric synthesis. In: L.F. Marcus, E. Bello, A. Garcia-Valdecasas (eds.) **Contributions to morphometrics**. Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. 15-40.
- Chang, Y.S., A.K. Mills, 1992. Re examination of *Psilocybe subaeruginosa* and related species with comparative morphology, isoenzymes and mating compatibility studies. **Mycol. Res.** 96: 429-441.
- Cléménçon, H., 1979. Biometrische untersuchungen zur variabilität der Basidiosporen. **Beih. Sydowia** 8: 110-138.
- Corner, E.J.H., 1947. Variation in the size and shape of spores, basidia and cystidia in Basidiomycetes. **New Phytol.** 46: 195-228.
- Duncan, E.G., M.H. Galbraith, 1973. Variation in the dimensions of basidiospores during the discharge period. **Trans. Brit. Mycol. Soc.** 60: 463-470.
- Fink, W.L., 1990. Data acquisition for morphometric analysis in systematic biology. In: J. Rolf, F.L. Bookstein (eds.) **Proceedings of the Michigan morphometrics workshop**. The University of Michigan, Museum of Zoology, Ann Arbor.

- Gilbert, R.L., E.J. Cother, H.I. Nicol, 1995. Mathematical methods to compare growth curves of *Pythium arrhenomanes* and eleven other *Pythium* species as an aid to their identification. **Mycol. Res.** **99**: 19-30.
- Kores, P.J., M. Molvary, S.P. Darwin, 1993. Morphometric variation in three species of *Cyrtostylis* (Orchidiaceae). **Systematic Botany** **18** (2): 274-282.
- Maire, R., 1926. Remarques sur les causes de divergences entre les auteurs au sujet des dimensions des spores. **Bull. Soc. Mycol. Fr.** **42**: 43-50.
- McLellan, T., J.A. Endler, 1998. The relative success of some methods for measuring and describing the shape of complex objects. **Syst. Biol.** **47** (2): 264-271.
- Morgan, A., L. Boddy, J.E. Mordue, C.W. Morris, 1998. Evaluation artificial neural networks for fungal identification, employing morphometric data from spores of *Pestalotiopsis* species. **Mycol. Res.** **102**: 975-984.
- Parmasto, E., I. Parmasto, 1982. Variability of spores of different basidiocarps growing on the same mycelium in the aphyllophorales. **Mycotaxon** **16**: 141-151.
- Parmasto, E., I. Parmasto, 1982a. Basidiospore variation in local populations of some Aphyllophorales. **Mycotaxon** **16**: 14-151.
- Parmasto, E., I. Parmasto, 1987. Variation of basidiospores in the Hymenomycetes and its significance to their taxonomy. **Biblioteca Mycologica** **15**: 1-168.
- Raitviir, A., 1972. Statistical methods in species delimitation in the genus *Otidea*. **Persoonia** **6**: 415-423.
- Rohlf, F.J., 1990. Morphometrics. **Ann. Rev. Ecol. Syst.** **21**: 299-316.
- Rohlf, F.J., J.W. Archie, 1984. A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in mosquitoes (Diptera: Culicidae). **Syst. Zool.** **33** (3): 302-317.
- Romagnesi, H., 1961. Biométrie, ecologie et spécification. **Bull. Soc. Mycol. Fr.** **77**: 325-330.
- Sosa, V., E. de Luna, 1998. Morphometrics and character state recognition for cladistic analyses in the *Bletia reflexa* complex (Orchidaceae). **Pl. Syst. Evol.** **212**: 185-213.
- Strauss, R.E., F.L. Bookstein, 1982. The truss: body form reconstructions in morphometrics. **Syst. Zool.** **31** (2): 113-135.
- Toti, L., I.H. Chapela, O. Petrini, 1992. Morphometric evidence for host-specific strain formation in *Discula umbrinella*. **Mycol. Res.** **96**: 420-424.
- Valverde, M.E., O. Paredes-López, 1996. El uso de marcadores moleculares en el estudio de la biodiversidad, el caso de los hongos. **Ciencia y Desarrollo** **128**: 29-37.
- Villegas, M., E. de Luna, J. Cifuentes, A. Estrada-Torres, 1999. Phylogenetic studies in Gomphaceae sensu lato (Basidiomycetes). **Mycotaxon** **70**: 127-147.

Recibido: 21 de diciembre, 1999. Aceptado: 19 de julio, 2001  
Solicitud de sobretiros: Santiago Chacón.

## NOTA CORTA

EFECTO DEL PH, TEMPERATURA, HUMEDAD Y TIPO DE SUBSTRATO SOBRE EL CRECIMIENTO MICELIAL DE *GANODERMA LUCIDUM*JOSÉ E. SÁNCHEZ<sup>1</sup>, RUTH DE LEÓN CHOCOOJ<sup>2</sup> & GRACIELA HUERTA PALACIOS<sup>1</sup><sup>1</sup>El Colegio de la Frontera Sur. Apdo. Postal 36. Tapachula, Chiapas C.P. 30700, e-mail: [esanchez@tap-ecosur.edu.mx](mailto:esanchez@tap-ecosur.edu.mx)<sup>2</sup>7a. Calle 33-26 Zona 7 Jardines de Tikal, Guatemala, C.P. 1007. Guatemala C.A

## ABSTRACT

**EFFECT OF PH, TEMPERATURE AND TYPE OF SUBSTRATE ON *GANODERMA LUCIDUM* MYCELIAL GROWTH.** *Rev. Mex. Mic.* **16: 37-40 (2000).** Mycelium growth of 3 strains of *Ganoderma lucidum* (502, 505 y 506) was evaluated on malt extract agar (AEM), malt yeast agar (AML), potato -dextrose-yeast agar (APDL) and dextrose flamboyán extract agar *Delonix regia* (ADF). All strains showed similar growth on all media but on AEM, where mycelium grew slowly. No influence of pH on growth was detected in the tested range (5 to 6.5). Optimum temperature for growth was 30°C for strain 505 and between 25 to 30°C for strains 502 and 506. All strains were grown on sorghum, corn cob, *Leucaena* and flamboyant sawdust and mixtures of these materials; optimum substrate humidity ranges from 55 to 70% and it is specific for each strain. Mycelium growth on different organic substrates varied according to each strain but strain 506 overwhelmed 502 and 505 on all substrates.

**Key words:** Mushroom cultivation, Medicinal mushrooms, *Ganoderma lucidum*.

## RESUMEN

Se estudió el crecimiento micelial de 3 cepas de *Ganoderma lucidum* (502, 505 y 506) en agar extracto de malta (AEM), agar de malta y levadura (AML), agar papa-dextrosa-levadura (APDL) y en agar dextrosa extracto de flamboyán *Delonix regia* (ADF). Todas las cepas presentaron un menor crecimiento en AEM sin detectarse influencia alguna del pH en un rango de 5 a 6.5. La temperatura óptima fue de 30°C para la cepa 505 y entre 25 y 30°C para las otras 2. Se evaluó el crecimiento de las cepas en sorgo, olote de maíz, *Leucaena*, viruta de flamboyán, solos y en mezclas. La humedad óptima en el sustrato es de 55 a 70% pero depende de cada cepa. De igual forma, si bien cada cepa presentó un patrón de respuesta diferente, la cepa 506 superó a las otras 2 cepas en todos los sustratos.

**Palabras clave:** Cultivo de hongos, hongos medicinales, *Ganoderma lucidum*.

*Ganoderma lucidum* es un hongo al que se le atribuyen varias propiedades medicinales. Su consumo se reporta desde hace más de 200 años en las culturas chinas y japonesa, para el tratamiento de enfermedades como: hepatitis, nefritis, hipertensión, artritis, neurastenia, insomnio, bronquitis, asma, úlceras y cánceres. Se usa en forma de infusiones, polvos y tabletas (Hanssen, 1988; Stamets, 1993).

A pesar del potencial que presenta *G. lucidum*, carece de una tecnología adecuada para su producción a gran escala. En algunos países asiáticos se ha logrado cultivar artesanalmente a pequeña escala (Tong y Chen, 1990; Quimio, 1986). En la actualidad existe un gran interés por cultivarlo pero existe escasa información sobre sus técnicas de cultivo. Por ello, en el presente trabajo se estudió a

nivel de laboratorio el efecto de las condiciones ambientales sobre el crecimiento micelial de 3 cepas de esta especie.

**Material biológico.** Se utilizaron 3 cepas *Ganoderma lucidum* ECS-0(502), ECS-0(505) y ECS-0(506) del cepario micológico de ECOSUR, donadas con anterioridad por la planta productora de hongos comestibles OCOX de Guatemala C.A.

**Medios de cultivo.** Se utilizaron los siguientes medios comerciales (Bioxon): agar extracto de malta (AEM), agar de malta y levaduras (AML) y agar papa-dextrosa-levadura (APDL). Se preparó también agar dextrosa extracto de flamboyán *Delonix regia* (ADF), hirviendo 10 g de madera de este árbol por 10 minutos en 700 ml de agua destilada. La suspensión fría se filtro y aforó a 1 litro. Al filtrado se le agregó



0.5% de dextrosa y 1.6% de agar. Los medios se esterilizaron a 121°C por 20 minutos. Cada medio se ajustó a diferentes valores de pH (5, 5.5, 6 ó 6.5) con NaOH al 10% ó ácido láctico concentrado, según el caso.

**Substratos.** Se utilizó olote de maíz (O), viruta de flamboyán (*Delonix regia*) (F) y sorgo (S) solos y las siguientes mezclas (peso/peso): olote de maíz-leucaena (OL, 97:3), olote de maíz-pulpa de café-leucaena (OCL, 87:10:3), Olote de maíz-pulpa de café-viruta de flamboyán (OCF, 77:10:13) y sorgo-viruta de flamboyán (SF, 75:25). El porcentaje de humedad se ajustó a 55% a menos que se indique lo contrario. El sustrato se empaco en bolsas de polipapel con 200 g, se esterilizó a 121°C por 20 minutos, se inoculó con un disco de agar con micelio (10 mm) y se incubó en oscuridad a 26°C durante 15 días.

**Condiciones del cultivo.** Para inocular las cajas Petri con medio de cultivo se colocaron, en el centro, cilindros de agar (5 mm de diámetro) obtenidos de cultivos frescos de cada una de las cepas estudiadas. Se incubaron en oscuridad durante 15 días a 26°C a menos que se especifique otra temperatura (22, 25, 27, 30, y 35°C).

**Tasa de extensión lineal (TEL).** Cada 24 horas se midió el diámetro de la colonia de las cepas sobre los diferentes sustratos o medios. Con las diferencias en los diámetros se calculó la tasa de extensión lineal (mm/día).

**Diseño experimental.** Todos los experimentos se realizaron con 5 replicas y con diseños del tipo factorial completamente aleatorio ya sea bifactoriales o trifactorial (3x4x4: 3 cepas, 4 medios de cultivo y 4 valores de pH). La separación de medias se hizo por el método de Tukey a un nivel de significancia del 1% (Montgomery, 1996).

**Selección del medio de cultivo y pH para el crecimiento micelial de *Ganoderma lucidum*.** En la Tabla 1 se muestra el crecimiento de las tres cepas de *G. lucidum* en cuatro medios a cuatro valores de pH. Sin que se observe un efecto del pH en el rango estudiado (de 5 a 6.5), por lo general se obtuvo para las 3 cepas la menor tasa de extensión lineal en el medio AEM sin que se notaran diferencias entre los otros 3 medios (ADF, APDL, AML).

**Determinación de la temperatura óptima de crecimiento.** En la Tabla 2 se observa un fuerte efecto inhibitorio de la temperatura sobre el crecimiento de las 3 cepas de *G. lucidum* cuando se incuban a mas de 30°C. La temperatura óptima de crecimiento para la cepa 505 fue 30°C, mientras que para las cepas 502 y 506 no se detectaron diferencias entre 25, 27 y 30°C.

**Tabla 1. Tasa de extensión lineal (mm/día) de 3 cepas *G. lucidum* en cuatro medios de cultivos y cuatro valores de pH.**

| Medios de cultivo | Cepa 502         |                   |                  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
|                   | pH               |                   |                  |                  |
|                   | 5                | 5.5               | 6                | 6.5              |
| ADF               | 13.82<br>ab*     | 13.42<br>abcd     | 10.96<br>efghi   | 10.66<br>fghijk  |
| APDL              | 13.86<br>ab      | 12.37<br>bcdefgh  | 13.13<br>abcde   | 12.36<br>bcdefgh |
| AML               | 11.33<br>cdefghi | 11.32<br>cdefghi  | 11.13<br>defghi  | 11.15<br>defghi  |
| AEM               | 8.53<br>jklmn    | 7.93<br>lmno      | 8.15<br>lmn      | 5.72<br>opqr     |
|                   | Cepa 505         |                   |                  |                  |
|                   | 5                | 5.5               | 6                | 6.5              |
| ADF               | 14.83<br>a       | 14.19<br>ab       | 12.45<br>abcdefg | 13.55<br>abc     |
| APDL              | 11.27<br>cdefghi | 12.33<br>bcdefgh  | 13.44<br>abcd    | 10.98<br>efghi   |
| AML               | 9.48<br>ijkl     | 10.79<br>efghij   | 9.98<br>hijkl    | 10.75<br>defghij |
| AEM               | 8.99<br>ijklm    | 7.96<br>lmno      | 8.01<br>lmno     | 6.37<br>nopq     |
|                   | Cepa 506         |                   |                  |                  |
|                   | 5                | 5.5               | 6                | 6.5              |
| ADF               | 11.98<br>bcdefgh | 12.52<br>abcdefgh | 12.39<br>bcdefg  | 12.84<br>abcdef  |
| APDL              | 8.40<br>jklmn    | 8.4<br>jklmno     | 10.21<br>ghijkl  | 5.48<br>pqr      |
| AML               | 7.93<br>lmno     | 8.40<br>jklmn     | 6.63<br>mnopq    | 8.11<br>lmno     |
| AEM               | 5.13<br>qr       | 6.23<br>nopqr     | 8.27<br>klmn     | 6.14<br>nopqr    |

\* Letras distintas indican diferencias significativas ( $p=0.01$ ), según prueba de Tukey.

**Tabla 2. Efecto de la temperatura sobre la tasa de extensión lineal (mm/día) de 3 cepas *G. lucidum* en agar dextrosa flamboyán (pH 5.5).**

| Cepas | Temperatura (°C) |               |              |             |             |            |
|-------|------------------|---------------|--------------|-------------|-------------|------------|
|       | 22               | 25            | 27           | 30          | 32          | 35         |
| 502   | 9.83<br>ef*      | 11.76<br>cde  | 13.78<br>bcd | 14.34<br>bc | 5.75<br>gh  | 0.00<br>i  |
| 505   | 11.79<br>cde     | 11.62<br>de   | 13.41<br>bcd | 17.61<br>a  | 6.26<br>gh  | 4.74<br>h  |
| 506   | 8.23<br>fg       | 12.21<br>bcde | 13.85<br>bcd | 14.71<br>b  | 10.29<br>ef | 7.74<br>fg |

\* Letras distintas indican diferencias significativas ( $p=0.01$ ), según prueba de Tukey.

**Efecto del contenido de humedad del sustrato.** A 55% de humedad, la cepa 506 mostró la mayor tasa de extensión micelial, la que disminuyó conforme se incrementó el contenido de humedad. El mayor crecimiento de la cepa 502 se obtuvo a 55, 60 y 65% de humedad sin detectarse diferencias significativas, mientras que con la cepa 505 el máximo crecimiento se obtuvo a 55, 60 y 70 %.

**Tabla 3. Efecto del contenido de humedad sobre la tasa de extensión lineal (mm/día) de 3 cepas *G. lucidum*\***

| Cepas | Humedad del sustrato (%) |             |             |            |           |
|-------|--------------------------|-------------|-------------|------------|-----------|
|       | 55                       | 60          | 65          | 70         | 75        |
| 502   | 10.80<br>c**             | 9.92<br>cd  | 10.35<br>cd | 6.33<br>e  | 2.68<br>f |
| 505   | 11.23<br>c               | 10.03<br>cd | 6.48<br>e   | 9.90<br>cd | 2.95<br>f |
| 506   | 15.82<br>a               | 13.59<br>b  | 13.36<br>b  | 13.2<br>b  | 4.13<br>f |

\*Sustrato: olote de maíz-pulpa de café-*Leucaena* (87:10:3), pH 5.5.

\*\*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p=0.01$ ), según prueba de Tukey.

**Propagación micelial de *G. lucidum* en distintos sustratos.** En la Tabla 4 se observa una fuerte interacción entre las cepas de *G. lucidum* y los sustratos evaluados, es decir cada cepa presenta un patrón de respuesta diferente para el grupo de sustratos evaluados. La cepa 506 superó a las otras 2, las cuales mostraron crecimientos semejantes en todos los sustratos excepto en SF y OL donde la cepa 505 superó a la 502. Estas 2 últimas mostraron un mayor crecimiento en los sustratos F y OCF mientras que el menor crecimiento para todas las cepas se obtuvo en olote de maíz.

**Tabla 4. Tasa de extensión lineal (mm/día) de 3 cepas *G. lucidum* en diferentes sustratos.**

| Cepas | Sustratos*    |              |             |              |              |              |             |
|-------|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
|       | F             | S            | O           | OCF          | SF           | OCL          | OL          |
| 502   | 11.28<br>cd** | 8.03<br>gh   | 8.45<br>fg  | 11.01<br>cde | 10.08<br>def | 9.09<br>efg  | 6.36<br>h   |
| 505   | 11.39<br>cd   | 8.26<br>fgh  | 8.47<br>fg  | 11.14<br>cd  | 12.06<br>bc  | 9.77<br>defg | 8.55<br>fg  |
| 506   | 13.86<br>ab   | 12.55<br>abc | 11.36<br>cd | 12.70<br>abc | 14.03<br>ab  | 14.23<br>a   | 13.37<br>ab |

\*Formulación de sustratos indicada en materiales y métodos.

\*\*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p=0.01$ ), según prueba de Tukey.

El cultivo de *G. lucidum* representa un gran potencial por su creciente interés en medicina por lo que el desarrollo de estudios básicos de este tipo es de gran importancia en particular de sus técnicas de cultivo (Chen y Miles, 1996). En el presente trabajo se observó que las cepas estudiadas tienen un crecimiento comparable al de otras cepas de esta especie. Stamets (1993) comenta que las cepas de *G. lucidum* colonizan una caja Petri ( $\varnothing=100$  mm) con AEM en 7-10 días a 24°C (10-14.3 mm/día). En el presente estudio, el crecimiento de las cepas en el mismo medio a 26°C, fue de 6.58, 7.83 y 6.44 mm/día. Sin embargo, la TEL se duplicó al cultivarlas en agar dextrosa flamboyán (11.76, 11.62 y 12.21 mm/día).

Para 5 aislamientos de esta especie, Adaskaveg y Gilbertson (1986) encontraron que las velocidades óptimas de crecimiento de 7-11 mm/día a 30°C disminuían rápidamente al incrementar la temperatura (32 y 35°C). Esto concuerda con los resultados del presente trabajo, donde la temperatura óptima de crecimiento para las cepas estudiadas se ubica entre 27 y 30°C, el cual disminuye al incrementarse la temperatura. Por otro lado, no se encontró un efecto del pH sobre la TEL en el rango estudiado, de 5 a 6.5 mientras que Chen (1998) reportó valores óptimos de pH en un rango mas bajo (4.5 a 5.2).

En cuanto al contenido de humedad del sustrato, se observan diferentes respuestas de las cepas en los rangos evaluados. Más estudios son necesarios sobre la influencia de este parámetro, ya que probablemente las cepas aquí estudiadas presenten mejores crecimientos a menores contenidos de humedad.

El efecto positivo del aserrín de flamboyán en los sustratos evaluados puede deberse a que *G. lucidum* es un hongo de pudrición blanca que crece bien en distintos tipos de maderas. Triratana *et al.* (1991) reportaron que el mejor medio probado por ellos fue agar con aserrín de *Hevea brasiliensis*, en el cual la cepa que probaron alcanzó un diámetro colonial de 9 cm a los 8 días de crecimiento (11.25 mm/día). Este hecho y dado que este hongo es fitoparásito, lleva a una reflexión sobre posibles problemas, potenciales y serios, en el caso de unidades productoras ubicadas en las cercanías de plantaciones forestales. Para el cultivo comercial debe tenerse entonces especial cuidado en la elección del sitio de cultivo, el manejo adecuado del sustrato degradado y el desarrollo de cepas no patógenas o no esporulantes (Chen, 1998).

## Agradecimientos

Se agradece el apoyo de la M. en C. Ma. Guadalupe Nieto López y de la QFB. Lilia Moreno Ruiz en el desarrollo de este trabajo.

## Literatura citada

- Adaskaveg, J.E., R.L. Gilbertson, 1986. Cultural studies and genetics sexuality of *G. lucidum* and *G. tsugae* in relation to the taxonomy of the *G. lucidum* complex. **Mycologia**:78 694-705.
- Chen, A.W., 1998. *Ganoderma lucidum* (reishi) in North America. In: L. Maolin, G. Kai, S. Hongfei, C. Minjie (eds). **Proceed 98 Nanjing Int. Symp. on Sc. Cultivation of Mushrooms**. Nanjing, China. 175-197.
- Chen, A.W., P.G. Miles, 1996. Biomedical Research and the application of Mushrooms Nutraceuticals from *Ganoderma lucidum*. In: D.J. Royse (ed). **Proceedings of the 2<sup>nd</sup>. International Conference on Mushroom Biology and Mushrooms products**. Pennsylvania. 161-170.
- Hansen, H.P., 1998. *Ganoderma* Eine Pilzdroge der ostasiatischen volksmedizin mit vielfältigen pharmakologischen Wirkungen. **Deutsche Apotheker Zeitung** 128 (15): 789-792.
- Quimio, T.H., 1986. Culturing *Ganoderma* the "Pleurotus-way" **Mush. Newsl. Tropics**. 6: 716-717.
- Montgomery, D.C. 1991. **Diseño y análisis de experimentos**. Iberoamericana, México D.F.
- Stametes, P., 1993. **Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms**. Ed. Ten Speed Press. Hong Kong. 351-369.
- Tong, C.C., Z.C. Chen, 1990. Cultivation of *Ganoderma lucidum* in Malaysia. **Mush. J. Tropics** 10: 27-30.
- Triratania, S., S. Thaithatgoon, M. Gawgla, 1991. Cultivation of *Ganoderma lucidum* in sawdust bags. In: M.J. Maher (ed). **Science and Cultivation of Edible Fungi**. Balkema. Rotterdam. 567-572.

Recibido: 15 de diciembre, 1999. Aceptado: 3 de mayo, 2001.

Solicitud de sobretiros: José Ernesto Sánchez.