

¿NOS HABREMOS OLVIDADO DE LOS HONGOS?

Ángel Trigos L. y Norbertha Zambrano*

INTRODUCCIÓN

Los hongos son organismos que carecen de clorofila, típicamente filamentosos, heterótrofos, eucarióticos que se reproducen por medios sexuales y asexuales. (Deacon W.D., 1984).

Quizás, a la mayoría de los lectores el párrafo anterior no les diga nada. Sin embargo, no existe en el mundo un ser viviente que no esté, haya estado o entre en contacto con los hongos, ya que éstos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, viviendo como saprófitos, parásitos, vectores de enfermedades, etcétera.

Dichos organismos, que juegan un papel importante en los lentos pero constantes cambios que se llevan a cabo a su alrededor debido a su ubicación y a su asombrosa cantidad, son los agentes responsables de la desintegración de la materia orgánica y, como tales, pueden afectarnos directamente, al destruir comida, materias primas, diversidad de cultivos, etcétera. Sin embargo, algunos de ellos son la base de numerosos procesos industriales, tales como la fermentación (Alexopoulos J.C., 1962).

Existen algunos hongos que tienen interés biológico, médico, veterinario, agrícola e industrial, debido a los metabolitos* que en ellos se encuentran.

Así, por ejemplo, la industria farmacéutica ha utilizado a estos organismos para la obtención de numerosos antibióticos a partir de especies de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*; o en la industria cervecera y vitivinícola, ciertas cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y *S. octosporus* se usan en la producción de alcohol para la fabricación de estas bebidas (Castillo T. J., 1987).

Otro ejemplo, es la obtención del ácido cítrico, producido con gran rendimiento por fermentación sumergida por el *Aspergillus niger*, siendo éste el metabolito procedente de los hongos filamentosos de mayor producción en el mundo. Se utiliza principalmente en la industria farmacéutica, en la producción de alimentos y en la fabricación de detergentes. Algunos metabolitos secundarios tienen inmenso valor comercial; tal es el caso de los antibióticos como la ampicilina, y las giberelinas, hormonas de la plantas producidas por el hongo parásito *Gibberella fujikuroi*; otros, son extremadamente tóxicos para el hombre y animales, tales como las micotoxinas que al ser ingeridas causan intoxicaciones o enfermedades. (Keelev R.F. y Anthony Tu T., 1979), (Wiseman A. 1986), (Favela T.E., 1991), (Yabuta T., y Sumuki Y., 1983).

Históricamente, el aislamiento, caracterización química y pruebas biológicas de los metabolitos secundarios de los hongos fue una de las primeras áreas de investigación activa, ya que en 1896 Casio publicó detalles de un compuesto químico que resultó ser el ácido micofenólico (F). De ahí prosiguieron interesantes acontecimientos como son: la obra publicada en 1912 por Alsberg *et al.* sobre los extractos de maíz infestados de moho; el descubrimiento de la penicilina por Fleming en 1929; y el aislamiento y caracterización de cerca de 200 metabolitos de hongos por el grupo de Raistrick en Londres en los años treinta. En 1939 Florey y Chain prepararon una forma estable de penicilina, con esto se continuaron las investigaciones para la obtención de otros agentes antibióticos de origen fúngico (Casio B., 1986), (Alsberg *et al.*, 1913), (Fleming A., 1929), (Raistrick H., 1949), (Demain A.L. y Solomon N.A., 1981).

En 1955, el micólogo Roger Heim, realizó un viaje

Una sección para que los profesores se actualicen con un artículo de revisión sobre un tema.

*Depto. de Química y Biología
Escuela de Ciencias
Universidad de las Américas-Puebla

Recibido:
17 de marzo de 1992

Aceptado:
5 de junio de 1992

*Los metabolitos son todas aquellas sustancias generadas por el metabolismo y se clasifican en primarios y secundarios.

Aunque no está totalmente clara la diferencia entre los dos tipos, se puede decir que los metabolitos primarios son sustancias que se distribuyen ampliamente en todas las familias de un orden; generalmente en todos los órdenes de una clase y en todas las clases de una philia, y en algunos, en todos los philos de un reino y en todos los reinos.

Los metabolitos secundarios son sustancias que se forman solamente en un sola cepa o especie que se encuentra en dos o más miembros relacionados de un solo género, o que se encuentran esporádicamente en un número limitado de especies evolucionadas no relacionadas de diferente género, familia, orden, clase, philia o reino.

También se puede hablar de que los primeros se producen durante la fase de crecimiento; algunos de ellos, intermediarios de rutas biosintéticas propias del organismo y otros, por el contrario, resultan del catabolismo.

Así, los metabolitos secundarios se producen al finalizar la fase de crecimiento o en la fase estacionaria (Martín S.M., 1963).

a México junto con Wasson. Sus trabajos sobre los hongos de los termiteros y sobre los hongos alucinógenos de México constituyen modelos inigualables. (Heim R., y Wasson. G., 1958).

METABOLITOS SECUNDARIOS DE ORIGEN FÚNGICO

Así, el estudio de los metabolitos secundarios de los hongos ha sido objeto de numerosas investigaciones, implicadas en muchos casos con la química de los productos naturales, la cual ha conducido al aislamiento de toda una gama de interesantes compuestos de origen fúngico que según Turner (Turner W.B. y Aldridge D.C., 1983) se clasifican en:

- a) Metabolitos secundarios derivados sin la intervención del acetato
- b) Metabolitos secundarios derivados de los ácidos grasos
- c) Policétidos
- d) Terpenos y esteroides
- e) Metabolitos secundarios derivados de intermediarios del ciclo de los ácidos tricarboxílicos
- f) Metabolitos secundarios derivados de los aminoácidos
- g) Metabolitos secundarios no incluidos en los grupos anteriores.

Sin pretender hacer una revisión exhaustiva, y probablemente pasando por alto ejemplos de gran interés, pero sí con el ánimo de ilustrar al lector la gran diversidad de sustancias procedentes de los hongos, mencionaremos algunos ejemplos de los diferentes tipos de metabolitos secundarios.

a) Metabolitos derivados sin la intervención del acetato

En este variado grupo de metabolitos se encuentran involucrados aquellos que derivan directamente de la glucosa; los relacionados con las purinas y los derivados de intermediarios de la ruta del ácido shikímico.

Gran parte del aislamiento de los metabolitos conocidos derivados de la glucosa, obtenidos de bacterias, hongos y plantas superiores, se ha realizado en los últimos 30 años. Entre éstos, destaca un buen número de polisacáridos con actividad antitumoral (Singh P.P., *et al.*, 1974), (Misaki A., *et al.*, 1978).

Otros derivados de la glucosa son los polioles fúngicos. Como ejemplo de ellos se tiene al manitol (Figura 1), sustancia utilizada en farmacología como diurético intravenoso y cuya función en algunos hongos como *Agaricus bisporus* es la de regular el crecimiento (Corina D.L. y Munday K.A., 1971), (Litter M., 1984).

En los metabolitos derivados de las purinas, se



Figura 1.

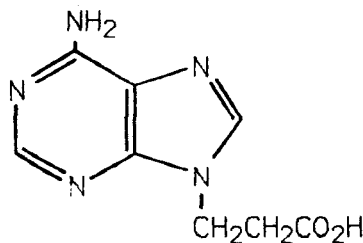


Figura 2.

tiene al ácido 4,6-amino-9-H-purin-9-il (Figura 2) aislado de *Lentinus edodes* (Saito Y., *et al.*, 1970).

En el grupo de los metabolitos procedentes del ácido shikímico existen varios tipos, en el primero están los derivados de unidades simples del benceno, siendo la mayoría metabolitos procedentes de los aminoácidos esenciales fenilalanina y tirosina como es el caso del fenilacetato de metilo (Figura 3) y del *p*-metoxifenilacetato de metilo (Figura 4) aislados como constituyentes de *Trametes odorata* (Halim A. F., y Collins R.P., 1972).

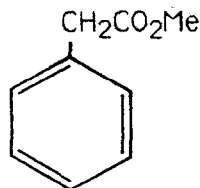


Figura 3.

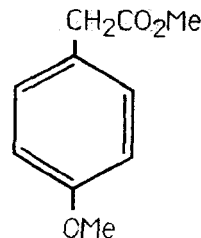


Figura 4.

En el segundo, están los metabolitos derivados de las difenilbenzoquinonas y como ejemplo mostramos al pigmento C₂, cuyo nombre químico es 3-(3,4-dihidroxifenil)-2,7,8-trihidrodibenzofurano-1,4-diona (Figura 5) aislado de *Suillus grevillei* (Edwards R. L. y Gill M., 1975).

Por último, tenemos a los compuestos que presentan estructura diversa, en los cuales se encuentran: las isoflavonas como la genisteína (Figura 6) que ha sido aislada de organismos cultivados en medios, contien-

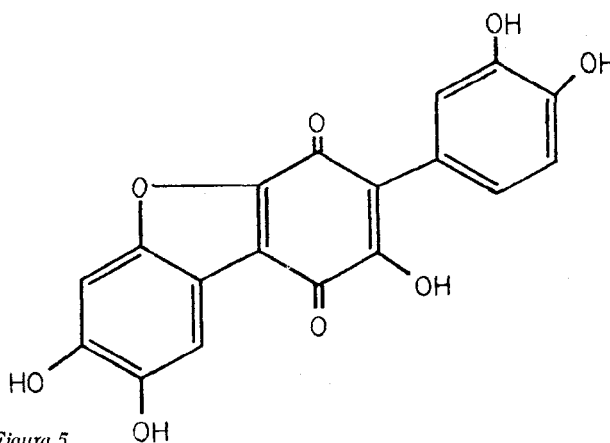


Figura 5.

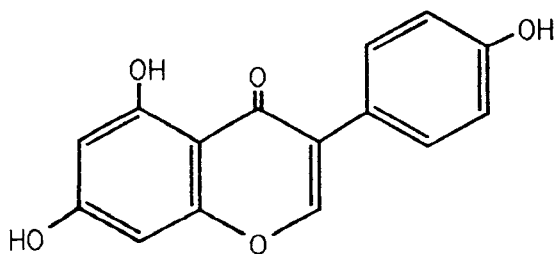


Figura 6.

do plantas como fuente de nitrógeno, la xantoascina (Figura 7) que es una cardio-hepatoxina, y los derivados hidroximetilazoxibencenos que son insecticidas como el ácido 4-hidroximetil-azoxibenceno-4-carboxílico (Figura 8) aislado de *Entomophthora virulenta* (Umezawa H., *et al.*, 1976), (Takahashi C., 1976), (Claydon N. y Grove J.F., 1978).

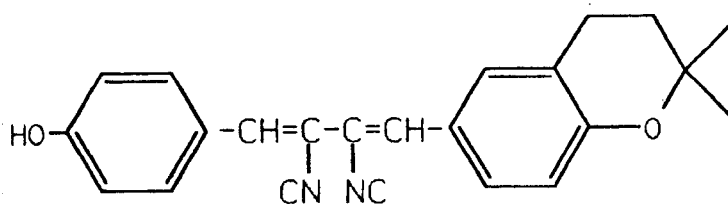


Figura 7.

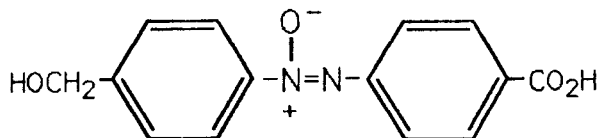


Figura 8.

b) Metabolitos derivados de ácidos grasos

Dentro de este grupo se incluye a los metabolitos derivados de ácidos grasos y a los poliacetilenos.

Como ejemplo de estos metabolitos tenemos: el ácido 7-hidroxi-decanoico (Figura 9), el octa-2,4,6-trien-1-carboxilato de metilo (Figura 10), el ácido 7-hidroxi-tetradecanoico (Figura 11), el ácido monoglucosiloxi-

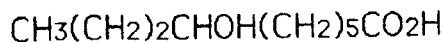


Figura 9.



Figura 10.



Figura 11.

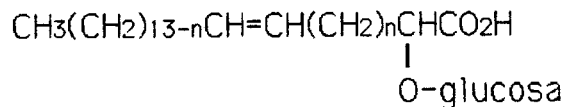


Figura 12.

octadecenoico (Figura 12), y el octadecanol (Figura 13) (Tahara S., *et al.*, 1980), (Kamal A., *et al.*, 1971), (Laine R.A., *et al.*, 1972), (Angeletti A., *et al.*, 1952).

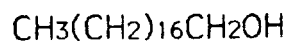


Figura 13.

La Trichodermona A₁ (Figura 14) es un metabolito de *Trichoderma pseudokoningii* y se considera como el primer poliacetileno de cadena ramificada que se obtiene de fuentes naturales. El enol éter (Figura 15) se produce por cepas de *Lepista glaucocana* (Kamal A., *et al.*, 1971), (Hearn M. T. W. *et al.*, 1974).

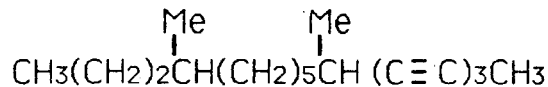


Figura 14.

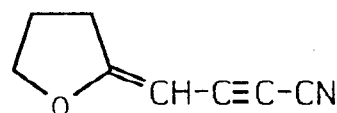


Figura 15.

c) Policétidos

Como ejemplo tenemos a la griseofulvina (Figura 16) la cual es un antibiótico producido por muchos géneros de hongos. Harris *et al.* han examinado cepas de *Penicillium griseofulvum* para aislar compuestos relacionados con dicho antibiótico, utilizando técnicas de dilución y empleando precursores potenciales; la griseo-

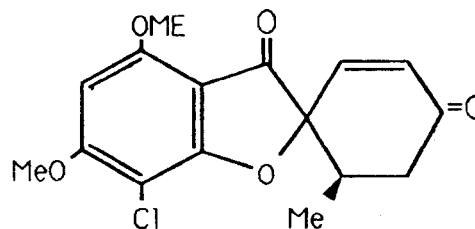


Figura 16.

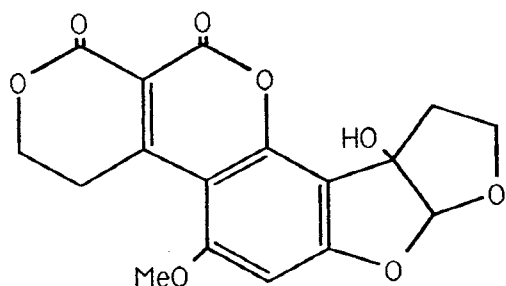


Figura 17.

fulvina tiene efecto en contra de muchos hongos y se emplea en el tratamiento de dermatosis y, en forma muy limitada, en contra de enfermedades de las plantas (Harris C.M., *et al.*, 1976), (Bent K.J. y Moore A.G. 1966).

Las aflatoxinas, como la GM_2 (Figura 17) y la M_{2a} (Figura 18) son generadas por especies de *Aspergillus flavus* e invaden granos y semillas cuando estos productos han sido almacenados. Una gran variedad de dichos compuestos son tóxicos y carcinógenos para el hombre y los animales (Heatchcote J.G. y Hibbert J.R., 1974).

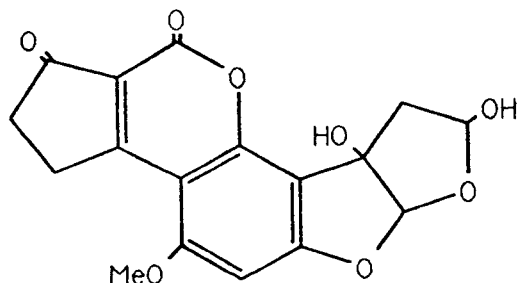
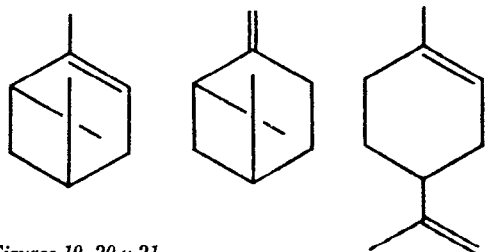


Figura 18.

d) Terpenos y esteroides

Este grupo incluye a los monoterpenos, diterpenos, sesquiterpenos, triterpenos, esteroides, etcétera.

Por citar algunos, mencionaremos al α - y β -pineno (Figuras 19 y 20), y al limoneno (Figura 21) aislados del *Cronartium fusiforme*, monoterpenos típicos de las plantas y que, probablemente, se han detec-



Figuras 19, 20 y 21.

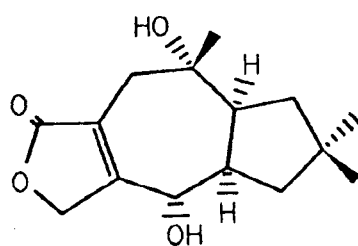


Figura 22.

tado en los hongos debido a que forman las llamadas micorrizas con ciertos vegetales (Pyysalo H., 1976), (Laseter J.L., *et al.*, 1973).

Las lactonas sesquiterpénicas, sustancias ampliamente estudiadas por químicos mexicanos en ciertos vegetales, también en ocasiones se encuentran en los hongos; tal es el caso de la Lactarorufina "A" (Figura 22), lactarorufina "B" (Figura 23) encontradas en *Lactarius rufus* (Daniewski W.M., y Kocor M., 1970), (Daniewski W.M., *et al.*, 1976).

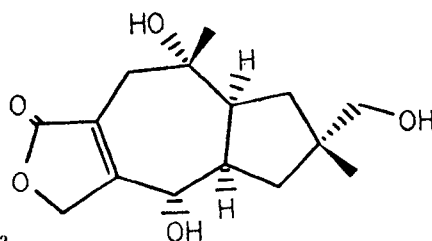


Figura 23.

En el grupo de los esteroides, el más común en hongos es el ergosterol (Figura 24), sustancia precursora de la vitamina D_2 y que particularmente se encuentra en levaduras, en donde es muy abundante. El peróxido de ergosterol (Figura 25) se forma alternativamente a la citada vitamina a partir del ergosterol por reacción química simultánea (fotooxigenación) y rutas enzimáticas en *Penicillium rubrum* y *Gibbrella fujikuroi*, reacción química competitiva en la formación de la mencionada vitaina (Arditti J. *et al.*, 1972), (Klein H.P., y Booher Z.K., 1956).

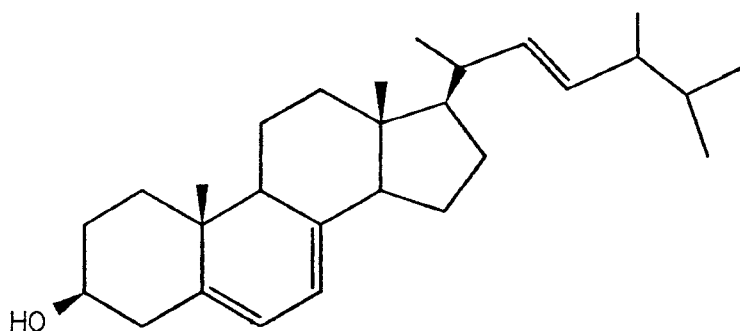


Figura 24.

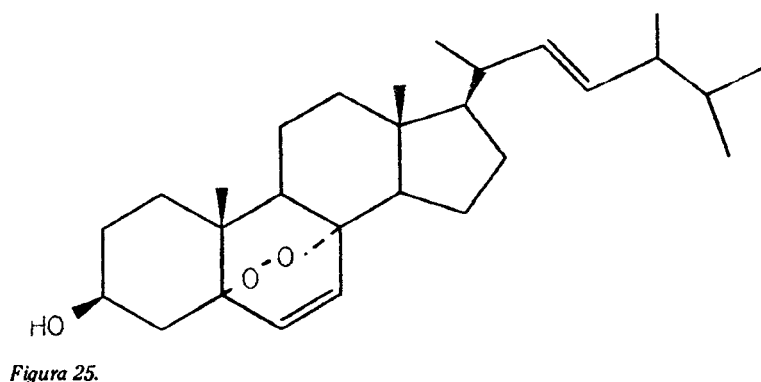


Figura 25.

e) Metabolitos derivados de intermediarios del ciclo de los ácidos tricarboxílico

Aquí, podemos citar al 3,4-dicarboxi 3-hidroxi-19 oxo-eicosanoato de metilo (Figura 26) y el ácido (15-hidroxi-hexadecil) itacónico (Figura 27), posibles precursores biosintéticos de anhidridos como el 15-oxohexadecil-citracónico aislados de *Aspergillus wentii* (Figura 28) (Keogh, M.F. y Duran I., 1977), (Keogh M.F. y Zurita M. E., 1977). (Assante G., 1979).

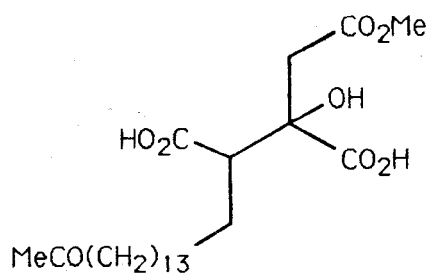


Figura 26.

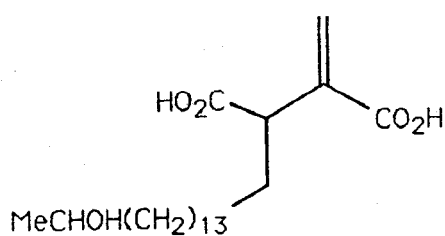


Figura 27.

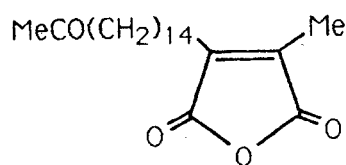


Figura 28.

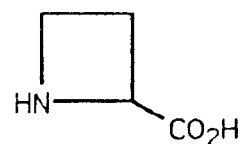


Figura 29.

f) Metabolitos derivados de aminoácidos

Existe un gran número de metabolitos derivados de aminoácidos, algunos de ellos son derivados de un solo aminoácido y poseen diferentes actividades; así, el ácido L-azetidino-2-carboxílico (Figura 29) que es inhibidor del crecimiento de las plantas; y el ácido (2S,3R)-2-amino-3-hidroxipent-4-inoico (Figura 30) que es una toxina (Ikeda M., *et al.*, 1977), (Potgieter H.C., *et al.*, 1977).

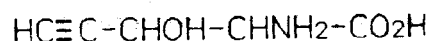


Figura 30.

Como ejemplo de metabolitos derivados de dos aminoácidos se tiene: la nigragillina (Figura 31) que posee propiedades insecticidas, la cual fue aislada de *Aspergillus Niger*. Los alucinógenos psilocibina (Figura 32) y psilocina (Figura 33) se han encontrado en basidiocarpos del género *Psilocybe* (Isogai A., *et al.*, 1975). (Mandrile E.L., *et al.*, 1983).

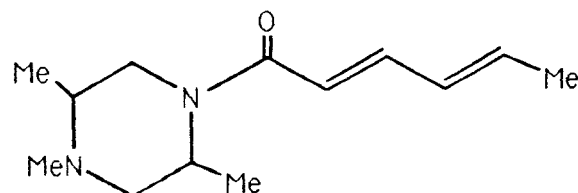


Figura 31.

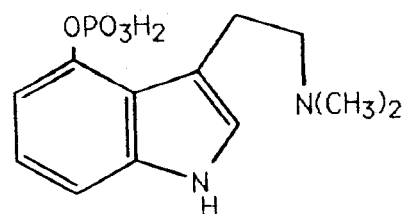


Figura 32.

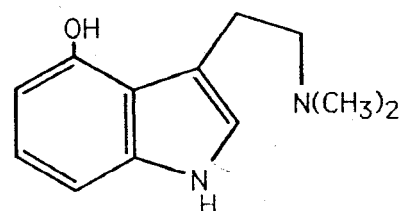


Figura 33.

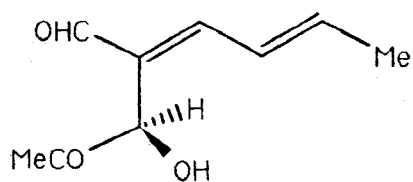


Figura 34.

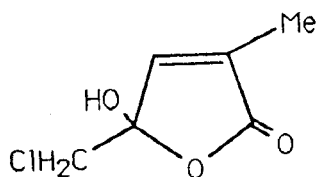


Figura 35.

g) Metabolitos secundarios no incluidos en los grupos anteriores

En este grupo se ha encontrado una gran variedad de compuestos con actividades biológicas, por ejemplo: avellaneol (Figura 34), lepioclorina (Figura 35), trichoviridina (Figura 36) y los metabolitos de *Camarops microspora* como son los siguientes: 2-metoxi-6-(1-pro-

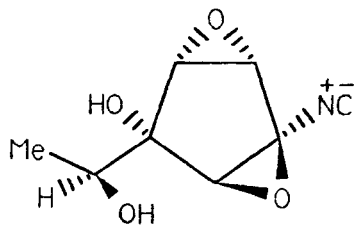


Figura 36.

pil)-1,4-benzoquinona (Figura 37), y la 2,3-dimetoxi-6-(1-propil) hidroquinona (Figura 38), todos estos poseen propiedades antibióticas (Ananthasubramanian L., *et al.*, 1978), (Nair M.S.R. y Hervey A., 1979), (Tamura A., *et al.*, (1975), (Volc J., *et al.*, 1977).

Algunos otros presentan propiedades antifungales, como la adustina (Figura 39) y las estrobilurinas (Figura 40) (Zhu G.P., *et al.*, 1978), (Schramm G., *et al.*, 1978).

También se han examinado compuestos volátiles de

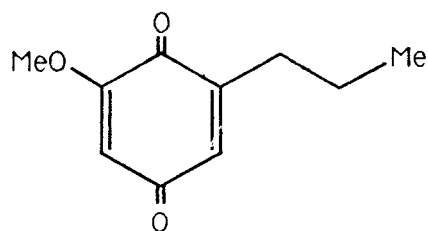


Figura 37.

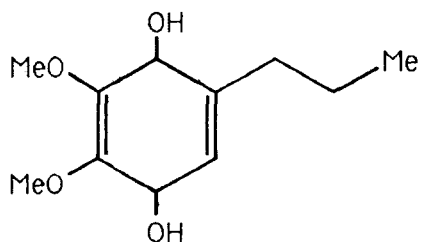


Figura 38.

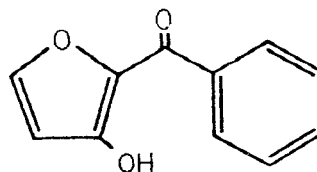


Figura 39.

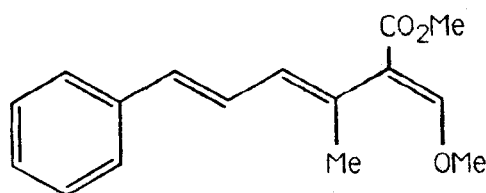


Figura 40.

bajo peso molecular que son responsables del olor y sabor a partir de Basidiomicetes. Como ejemplos tenemos al 6-metilhept-5-enona (Figura 41) y sus correspondientes alcoholes. Estos compuestos fueron aislados de *Endoconidiophora coerulea* y *Ceratocystis virescens* (Brand J.M. y Barras S.J., 1977), (Birkinshaw J.H., y Morgan E.N., 1950).

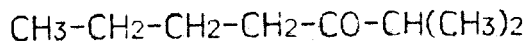


Figura 41.

CONCLUSIONES

En México, el aprovechamiento de los hongos se remonta a la época prehispánica y, desde entonces, los hongos silvestres se han utilizado como alimento, siendo muy apreciados en el medio rural y urbano, dado su sabor y propiedades nutricionales. Pero su utilización no solamente se restringe al arte culinario, ya que según datos de algunos íconos encontrados en Centroamérica, los habitantes de esos lugares utilizaban los hongos alucinógenos para sus celebraciones rituales, cosa que llamó la atención de los conquistadores españoles (Mandrile, E.L., *et al.*, 1983).

La búsqueda de nuevos metabolitos con actividad

farmacológica y otras actividades se ha incrementado notablemente en el área de la investigación, ya que estos organismos presentan gran diversidad y en algunas ocasiones es posible cultivarlos a bajo costo en varios sustratos.

Muchas de estas investigaciones han dado como resultado una gran gama de metabolitos secundarios que tienen propiedades biológicas, o bien que juegan un papel determinante en la vida del hongo, ya que, en muchos casos, estos compuestos forman parte de los sistemas químicos de defensa, los cuales protegen a los hongos en contra de otros organismos vivos. Además, la caracterización de los metabolitos secundarios puede ser usada en estudios quimiotáxicos, especialmente cuando la diferenciación morfológica entre especies relacionadas no es muy clara.

Por otro lado, se tiene la estimación aproximada de que sobre la tierra viven, cuando menos, 200 mil especies diferentes de hongos, de las cuales 50% apenas se conocen. México es un país excepcionalmente rico en especies de hongos silvestres, debido fundamentalmente a la variedad de climas que tiene; dato que se ve reflejado al relacionarlo con la compleja vegetación que lo cubre. Además, es interesante observar que en nuestro país no existe un número suficiente de químicos que estudie este potencial a pesar de la gran variedad y tradición cultural (Hernández, 1957), (Ramsbottom, 1960), (Castañeda, 1968).

En contraste con lo anterior, se ha visto que muchas especies del grupo *Basidiomycetes* han sido estudiadas en el extranjero (incluidas especies existentes en México), descubriéndose toda una gama de metabolitos secundarios con actividad antibiótica, citotóxica, antitumoral, insecticida, alucinógena, pigmentaria, etcétera; sustancias que, por el solo hecho de ser nuevas en la bibliografía científica, involucran ya un gran interés químico, aplicable en un futuro a resolución de problemas de índole taxonómica, ecológica, farmacológica, etcétera (Turner y Aldridge, 1983).

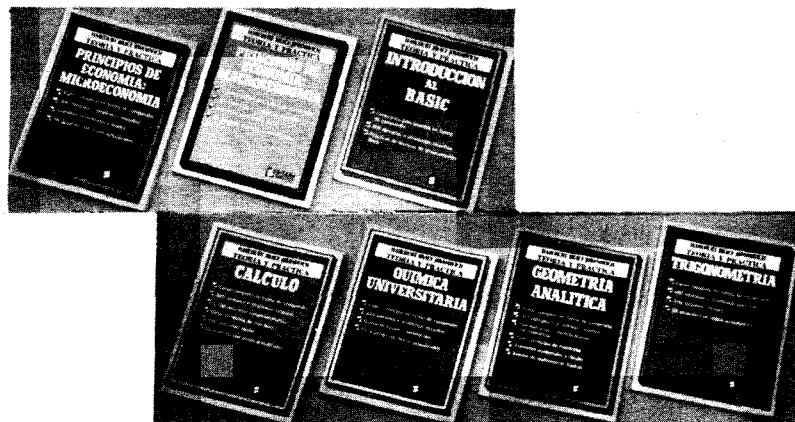
Por todo lo anterior, pensamos que la química de los productos naturales procedente de los hongos, puede presentar un prometedor campo de investigación en México al igual que lo ha sido, lo es y lo seguirá siendo el campo de los productos naturales procedentes de los vegetales.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexopoulos J. C., *Introductory mycology*, John Wiley & Sons Inc, New York, London, 1962.
- Alsberg, C. L. y Black, *Dept. of Agric Bureau of Plant Industry Bull.*, 270, 1913.
- Ananthasubramanian L., Carey S.T. y Nair M.S.R., *Tetrahedron Letter*, 3527, 1978.
- Angeletti A., Toppi G. y Biglino G., *Ann. Chim. (Paris)*, 42, 502, 1952.
- Arditti J., Ernst R., Fisch M.H. y Flick B.H., *J. Chem. Soc. Chem. Commun.*, 1217, 1972.
- Assante G., Camarda L., Merlini L. y Nasini G., *Gazz. Chim. Ital.*, 109, 151, 1979.
- Bent K. J. y Moore A. G., *In Biochemical Studies of Antimicrobial Drugs*, Editorial Newton, B.A. and Reynolds, P.E. Cambridge University Press, 1966.
- Birkinshaw J.H. y Morgan E.N., *Biochem. J.*, 47, 55, 1950.
- Brand J.M. y Barras S.J., *Lloydia*, 40, 398, 1977.
- Castaneda, C., *Las enseñanzas de Don Juan*, Ballantine Books, New York, 1968.
- Castillo T. J., *Micología general*, Editorial Limusa, México, 1987.
- Claydon N. y Grove J. F., *J. Chem. Soc., Pekin Trans. I.*, 171, 1978.
- Corina D. L. y Munday K.A., *J. Gen. Microbiol.*, 69, 221, 1971.
- Daniewski W.M., y Kocor M., *Bull Acad. Pol. Sci., Ser. Sci., Chim.*, 18, 585, 1970.
- Daniewski W.M., Kocor M. y Krol J., *Rocz. Chem.*, 50, 2095, 1976.
- Deacon W.D., *Introduction to Modern Mycology*. Blackwell Scientific Publication, 1984.
- Demain A. L. y Solomon N. A., *Industrial Microbiology, American Scientific*, 245, (3), 45, 1981.
- Edwards R.L. y Gill M., *J. Chem. Soc., Pekin Trans. I.*, 351, 1975.
- Favela T. E., *Producción de metabolitos de hongos filamentosos por fermentación en medio sólido*, Memorias del IV Congreso Nacional de Micología, Tlaxcala, Tlax, 1991.
- Flemming A., *Brit. J. Exp. Path.*, 10, 226, 1929.
- Gasio B., *Revista de igiene e sanita pubblica, Ann.*, 7, 8250, 1986.
- Halim A.F. y Collins R.P., *Lloydia*, 34, 451, 1972.
- Harris C.M., Roberson J.S. y Harris T.M., *J. Am. Chem. Soc.*, 98, 5380, 1976.
- Hearn M.T.W., Jones E.R.H., Thaller V. y Turner J.L., *J. Chem. Soc., Perkin Trans. I*, 2335, 1974.
- Heathcote J. G. y Hibbert J. R., *Biochem. Soc. Trans.*, 2, 301, 1974.
- Heim R. y Wasson G., "Les Champignons hallucinogenes du Mexique", Editions du Mus. Nat. d'Hist. Nat., Paris, 1958.
- Hernández, F. "Nava Plantarum, Anamalium et mineralium mexicanorum historia". B. Deversini et Z. Massotti, Roma, 1957.
- Ikeda M., Naganuma Y., Ohta K., Sassa T. y Miura Y., *Nippon Nogeikagaku Kaishi.*, 51, 519, 1977.
- Isogai A. Horii T., Suzuki A., Marakoshi S., Ikeda K., Saito S. y Tamura S., *Agric. Biol. Chem.*, 39, 739, 1975.
- Kamal A., Haider Y., Akhtar R. y Qureshi A.A., *Pak. J. Sci. Ind. Res.*, 14, 63, 1971.
- Kamal A., Akhtar R. y Qureshi A.A., *Pak. J. Sci. Ind. Res.*, 14, 71, 1971.
- Keelev R.F., Tu T. Anthony, *Handbook of Natural Toxins*. Marcel Dekker Inc. New York, 1979.

- Keogh M. F. y Duran I., *Phytochemistry*, **16**, 1 605, 1977.
 Keogh M.F. y Zurita M.E. *Phytochemistry*, **16**, 134, 1977.
 Kitada M. y Fukimbara T., *Hakko Kagaku Zassi*, **49**, 847, 1971 (*Chem. Abstr.*, 1971, **75**, 1550215).
 Klein H. P., y Booher Z. K. *Biochim. biophys. Acta*, **20**, 387, 1956.
 Laine R.A., Griffin P.F.S., Sweeley C.C. y Brennam P.J. *Biochemistry*, **11**, 2267, 1972.
 Laseter J.L., Weete J.D. y Walkinshaw C.H. *Phytochemistry*, **12**, 387, 1973.
 Litter M., *Compendio de Farmacología*. Editorial Ate-
 neo. Argentina, 1984.
 Mandrile E.L., Bongiorno de P.G. y Nájera T.M. *Acta farm., Bonaerense*, **2** [2] 105, 1983.
 Martín S.M., *In Biochemistry of Industrial Microorga-
 nisms*, Editorial Rainbow, Cand. Rose A.H., Acade-
 mic Press, London and New York, 1963.
 Misaki A., Tsumaraya Y., y Takaya S., *Agric. Biol. Chem.*, **42**, 491, 1978.
 Nair M.S.R. y Hervey A. *Phytochemistry*, **18**, 326, 1979.
 Potgieter H.C., Vermeulen N.M.J., Potgieter D.J.J., y Strauss H.F., *Phytochemistry*, **16**, 1757, 1977.
 Pyysalo H., *Acta Chem. Scand., Ser. B.*, **30**, 235, 1976.
 Raistrick H., *Proc. Roy. Soc. A.*, **199**, 141, 1949.
 Ramsbottom, J. "Mushrooms and Toadtools", Collins, London, 1960.
 Saito Y., Hashimoto M., Seki H. y Kamiya T., *Tetra-
 hedron Letter*, 4863, 1970.
 Schramm G., Steglich W., Anke T. y Oberwinkler F., *Chem. Ber.*, **111**, 2779, 1978.
 Singh P.P., Whistler R.L., Tokozen R. y Naakahara W., *Carbohydr. Res.*, **37**, 245, 1974.
 Tahara S., Hosokawa K. y Mizutani J., *Agric. Biol. Chem.*, **44**, 193, 1980
 Takahashi C., Sekita S., Yoshihira K. y Notori S., *Chem. Pharm. Bull.*, **24**, 2317, 1976.
 Tamura A., Kotani H. y Naruto S. *J. Antibiot.* **28**, 161, 1975.
 Turner W. B., y Aldridge D. C., *Fungal Metabolites II*. Academic Press London, 1983.
 Umezawa H., Sekita S., Yoshihira K. y Notori S., *Chem. Pharm. Bull.*, **24**, 2317, 1976.
 Volc J., Sedmera P., Roy K., Sasek V., y Vokoun J., *Collect. Czech. Chem. Commun.*, **42**, 2957, 1977.
 Wiseman A. *Principios de la biotecnología*. Editorial Acibia, S. A. Zaragoza España, 1986.
 Yabuta T., y Sumuki Y. 1938. *J. Agr. Chem. Soc. (Japan)*, **14**, 1526, 1938.
 Zhu G. P. Fang J. N., Pan W. J., Ye Q. Q. y Wu S. Y., *Wei Sheng Wu Hsueh Pas.*, **18**, 317, 1978. (*Chem. Abstr.* 1979, **90**, 117893).

SERIE
TEORIA Y PRACTICA
 HARCOURT BRACE JOVANOVICH



Esta serie contiene puntos clave para el aprendizaje actualizado, conciso y completo para los primeros semestres de carreras de las áreas:
Económico Administrativa, Físico Matemática, Química y Computación.

- En cada título se incluyen:
- Cursos para principiantes en forma de compendio
 - Ejemplos y problemas resueltos
 - Ejercicios complementarios
 - Exámenes semestrales y finales
 - Textos actualizados
 - Repaso de conocimientos básicos



SITESA
 SISTEMAS TECNICOS
 DE EDICION, S.A. de C.V.

San Marcos 102, Tlalpan
 14000 México, D.F.
 Apartado Postal 22-311, 14060 México, D.F.
 Teléfono 655-91-44 con 23 líneas
 Fax 573-94-12
 Télex 1771410 SITEME