

# ECOLOGÍA QUÍMICA EN HONGOS Y LÍQUENES

por

Francisco Javier Toledo Marante<sup>1</sup>, Ana García Castellano<sup>1</sup>,  
Francisco León Oyola<sup>2</sup> & Jaime Bermejo Barrera<sup>2,\*</sup>

## Resumen

**Toledo, F., A. García, F. León & J. Bermejo:** Ecología química en hongos y líquenes. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **28** (109): 509-528, 2004. ISSN: 0370-3908.

Se hace una breve descripción de la ecología química en hongos y líquenes así como de varios metabolitos biológicamente activos aislados de ellos. También se hace una revisión bibliográfica y sistemática en términos de biogénesis.

**Palabras clave:** ecología química, hongos, líquenes, metabolitos biológicamente activos.

## Abstract

The chemical ecology of fungi and lichens as well as that of several biologically active metabolites isolated therefrom is briefly described. A bibliographic and systematic review from a biogenetic viewpoint is also included.

**Key words:** chemical ecology, fungi, lichens, biologically active metabolites.

## Introducción

Al principio se aceptó como objeto de estudio propio de la ecología la dependencia de los organismos del mundo físico así como la dependencia de unos respecto a otros. En la actualidad, sin embargo, el campo de la ecología hace referencia a sistemas y niveles de organización; se podría,

pues, definir la ecología como la ciencia de los ecosistemas, entendiendo a éstos, a su vez, como sistemas formados por individuos de muchas especies en el seno de un ambiente de características definibles, e implicados en un proceso dinámico de interacción, expresable como intercambio de materia y energía y sucesión de nacimientos y muertes cuyo resultado es la evolución del sistema entero.

<sup>1</sup> Departamento de Química, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 35017, Las Palmas de Gran Canaria, España.

<sup>2</sup> Instituto Universitario de Bio-orgánica "Antonio González"- Instituto de Productos Naturales y Agrobiología del C.S.I.C, Av. Astrofísico Fco. Sánchez 2, 38206, La Laguna, España.

\* Miembro Correspondiente Extranjero de la Academia Colombiana de Ciencias, Físicas y Exactas. E-mail: jbermejo@ull.es

Durante el pasado siglo XX, la **Ecología Química** surgió como la ciencia de las relaciones químicas entre los seres vivos o entre el mundo mineral y viviente. Es un vasto ensayo de comprensión del mundo viviente con el objetivo de mejorar la intervención del hombre sobre la biosfera.

En la actualidad se han esclarecido múltiples y complejas interacción químicas entre vegetales (alelopatías; **Macías et al.**, 1997), vegetal-animal (toxinas, inhibidores de la masticación, estrógenos, hormonas juveniles, de la muda, etc. **Harborne**, 1982) y animal-animal (telemediadores, feromonas, venenos, etc. **Barbier**, 1976) y no se ha cuestionado que el propósito de la biosíntesis de las complejas estructuras de productos naturales reside en su uso como agentes defensivos en su lucha adaptativa.

Los factores químicos responsables, denominados metabolitos alelóticos, juegan pues un importante papel en la adaptación de las especies y en la formación ó funcionamiento de las comunidades al inhibir o estimular los procesos metabólicos (**Rice**, 1979).

Los metabolitos alelóticos abarcan un amplio rango de estructuras moleculares: policétidos, terpenoides, esteroides, alcaloides, etc. Sólo en el campo de los policétidos se han descrito cientos de nafto y antraquinonas con interesantes actividades biológicas (**Thomson**, 1971; **Parisot et al.**, 1990; **Medentsev et al.**, 1998).

En este contexto, los hongos y los líquenes han sido y siguen siendo objeto de estudio por los químicos ecólogos por ser responsables del biodeterioro del patrimonio de la humanidad (**Edwards et al.**, 1991; **Edwards et al.**, 1993), por suponer útiles biomonitores de la contaminación (**Galun**, 1988b) y de la distribución mineral (**Jones**, 1988), pero sobre todo por suponer fuentes inagotables de interesantes materiales biológicamente activos.

## Hongos

### *Metabolitos biológicamente activos*

Los hongos son un grupo de criptógamas sin clorofila, por lo que sólo pueden obtener el carbono de moléculas que fabrican otros organismos lo que les obliga a tener una vida heterótrofa. Así, muchos hongos (setas) se cultivan sobre el estiércol o surgen del humus de los bosques; otros (mohos) se desarrollan sobre papeles, confituras, etc; otros (mildiu de la vid) son parásitos de vegetales y animales, a los que enferman; otros (micorrizas) se asocian con sus huéspedes llegando a un equilibrio que recibe el nombre de simbiosis.

**Turner** (1971) aplica el término de sustancia fúngica a todos los metabolitos biosintetizados y acumulados en los tejidos de los hongos. La química de estas sustancias ha sido revisada con frecuencia (**Gill**, 2003; **Ayer et al.**, 1991; **Medentsev et al.**, 1998; **Turner**, 1971; **Turner et al.**, 1983; **Cole et al.**, 1981) interesando a los farmacólogos por su variada actividad (**Brizuela et al.**, 1998; **Mizuno et al.**, 1995; **Jong et al.**, 1992; **Kurobane et al.**, 1986; **Werner et al.**, 1979; **Vogel et al.**, 1975; **Lown et al.**, 1976; **Shucla et al.**, 1971) y a los botánicos por su aplicabilidad en quimiota-xonomía (**Schulz et al.**, 1995; **Künzler et al.**, 1997). Recientemente han interesado a los profesionales de la dietética por su aplicabilidad en la ciencia de la alimentación. Así, la seta en forma de ostra (*Pleurotus ostreatus*), que se viene usando desde hace décadas como alimento en Europa, cuando se incorpora a la dieta de roedores, junto con otros alimentos portadores de colesterol, se observaron niveles del esteroles en plasma más bajos que los de los animales que no habían recibido el suplemento fúngico (**Bobek et al.**, 1991), lo que le ha convertido en un interesante campo de investigación (**Chobot et al.**, 1997).

Las sustancias fúngicas parecen biosintetizarse bajo condiciones de inhibición o cese total del crecimiento fúngico (**King et al.**, 1970; **Bu'Lock**, 1980) y, a pesar de su papel fisiológico en los productores (**Turner et al.**, 1983; **Vinning**, 1985; **Martín et al.**, 1980; **Peipp et al.**, 1997), sobresalen por la amplia actividad biológica, lo que parece sugerir un importante papel ecológico como alomonas, provocando por tanto ventaja adaptativa para el emisor en su lucha darwiniana por la supervivencia. Por eso, la producción de metabolitos fúngicos, al igual que la de fitoalexinas en las plantas (**Darvill et al.**, 1984) son inducidos por factores externos, tanto bióticos (organismos competidores extraños) como abióticos (compuestos químicos contaminantes tóxicos) (**Darvill et al.**, 1984; **Parisot et al.**, 1981).

En la actualidad, las principales acciones con significado químico-ecológico en el campo de los hongos son las siguientes:

**Actividad fitohormonal.** De no haber sido por el mal del pie del arroz, de efectos devastadores sobre la economía arrocera del Japón, nos serían aún desconocidas las hormonas vegetales. (**Tsavkelova et al.**, 2003). Las plantas afectadas por esta enfermedad resultaron más altas, delgadas y pálidas que las normales, lo que se achacó a las gibberellinas aisladas del hongo *Gibberella fujikuroi* (**Hedden et al.**, 2001; **Turner**, 1971; **Turner et al.**, 1983) capaces de producir un incremento de la división celular en las plantas. Un ejemplo es la gibberellina A<sub>15</sub> (**1**).

**Actividad antimicrobiana.** Otras sustancias de interés ecológico producidas por los hongos son los "antibió-

uticos”, los cuales hay que ver como el resultado de la lucha por la supervivencia que mantienen con otros microorganismos. Suelen ser inhibidores del crecimiento de bacterias, levaduras y hongos (Cueto *et al.*, 2001; Nagaraj *et al.*, 2001; Brady *et al.*, 2000; Kurobane *et al.*, 1986; Kern, 1978; Baker *et al.*, 1990; Arnstein *et al.*, 1947; Naefroth *et al.*, 1985; Tatum *et al.*, 1987). Un ejemplo es la gliotoxina (2) aislada de *Ceratocystis fimbriata coffea* (Gremaud *et al.*, 1996). Es más, muchos hongos fitopatógenos muestran antagonismo mutuo; éste es el caso de los hongos del álamo blanco *Phellinus tremulae* y *Peniophora polygonia*, resultando los metabolitos fúngicos responsables de dicho fenómeno (Trifonov *et al.*, 1992; Ayer *et al.*, 1996b); ejemplo es el 4-vinilfenol (3) del *Phellinus pini*. (Ayer *et al.*, 1996b).

**Actividad mutagénica y carcinogénica.** Algunos metabolitos fúngicos, como los policétidos de *Ceratocystis fimbriata coffea* presentan, junto a sus actividades antibióticas, una clara acción mutagénica y carcinogénica (Kim *et al.*, 2003; Gremaud *et al.*, 1996; Smith *et al.*, 1985). Esta actividad podría deberse a la habilidad de las isocumarinas para enlazarse a algunas enzimas, como es la 8-hidroxi-3-metil-6-metoxi-isocumarina (4) aislada *Ceratocystis fimbriata coffea* (Gremaud *et al.*, 1996).

**Actividad micotoxínica.** Las micotoxinas (en cuyo grupo hay que colocar los alucinógenos derivados del ácido lisérgico y los venenos de las setas) son el resultado de la batalla química que mantienen estos organismos contra la depredación animal. Así, por ejemplo, los nematodos, que constituyen una importante parte de la microfauna del suelo, se alimentan de las hifas de una gran variedad de hongos, lo que conduce a un lento crecimiento y muerte de los mismos. En respuesta, muchos hongos han desarrollado defensas químicas que inhiben la alimentación de los nematodos (Ghorab *et al.*, 2002; Bhatnagar *et al.*, 2002; Hutchison *et al.*, 1996; Ayer *et al.*, 1998). Otros metabolitos fúngicos actúan frente a protozoos (Fuska *et al.*, 1971), insectos (Watts *et al.*, 2003; Claydon *et al.*, 1977) y animales superiores (Carlton *et al.*, 1976). Un ejemplo es la ergosina (5) de *Claviceps purpurea* (Plattner, 1986).

**Actividad fitotóxica.** Las fitotoxinas permiten a estos organismos penetrar en los tejidos vegetales donde se encuentran nutrientes; así, el hongo *Neocosmospora vasinfecta* ataca a la planta de la soja con metabolitos estructuralmente relacionados con la neovasinina (Nakajima *et al.*, 1992; Nakajima *et al.*, 1996; Furumoto *et al.*, 1999); dichos materiales presentan gran interés como herbicidas ecológicos e, incluso, como herramientas en el estudio del crecimiento de los órganos en las plantas superiores (Soledade *et al.*, 2001). Otros casos son algunas

dihidrocumarinas de origen fúngico que inhiben el crecimiento de *Medicago sativa* (alfalfa) (Krohn *et al.*, 1997); los sesquiterpenos del hongo *Botrytis cinerea*, presentaron actividad fitotóxica (Collado *et al.*, 1996; Rebordinos *et al.*, 1996); otros grupos estructurales se han descrito en otros hongos fitopatógenos, como los *Fusarium spp.*, *Ceratocystis spp.*, etc., cuyos extractos fueron aplicados sobre semilleros de guisante, rábano, limón, lechuga, mastuerzo, tomate y arroz, donde inhibieron su germinación y crecimiento; también sobre el polen del té y del pino (Yang *et al.*, 2002; Kern, 1978; Nemeč *et al.*, 1988; Baker *et al.*, 1981; Marcinkowska *et al.*, 1982; Kimura *et al.*, 1981; Kimura *et al.*, 1988a; Kimura *et al.*, 1988b; Kimura *et al.*, 1989a; Kimura *et al.*, 1989b; Kimura *et al.*, 1991a; Kimura *et al.*, 1991b; Kimura *et al.*, 1992a; Kimura *et al.*, 1992b; Kimura *et al.*, 1992c; Kimura *et al.*, 1993; Kimura *et al.*, 1996; Kern *et al.*, 1965; Kobayashi *et al.*, 1987; Stoessl, 1981). Se observó que la actividad fitotóxica dependía de la estructura de los metabolitos (Kern, 1978; Nemeč *et al.*, 1988; Sakamura *et al.*, 1988), habiéndose propuesto incluso un mecanismo de acción para las nafto y antraquinonas (Medentsev *et al.*, 1998) un ejemplo es el xylobovido (6) de *Xylaria obovata* (Abate *et al.*, 1997).

**Actividad citotóxica.** El descubrimiento de actividad citotóxica en las citochalasininas como en citochalasinina Q (7) aislada del hongo *Xylaria obovata* (Namatame 2000; Dagne *et al.*, 1994) y las piranonaftoquinonas de *Dermocybe cardinalis* (Buchanan *et al.*, 1997) descubre en las setas un posible mecanismo defensivo en contra de la ovoposición animal.

**Actividad feromonal.** El descubrimiento de dihidroisocumarinas como (-)-mellesina (8) en el hongo *Pezizula livida* (Krohn *et al.*, 1997) ha despertado interés como consecuencia de que el mismo tipo de compuestos son usados por las hormigas como feromonas (Bestmann *et al.*, 1992); ello sugiere un posible mecanismo de control poblacional análogo al que ejercen muchos vegetales con hormonas sexuales femeninas (Harborne, 1982).

## Líquenes

### Metabolitos biológicamente activos

Los líquenes son criptógamas formadas por la simbiosis de un hongo filamentoso y un alga microscópica. El hongo (micobionte) recibe glúcidos del alga (ficobionte) que los obtiene a su vez por fotosíntesis. Estas sustancias son absorbidas por el hongo a través de hifas especiales, los haustorios, que se introducen dentro del alga o se aprietan contra ella (apresorios). Las rutas biogénicas clásicas

cas permiten al micobionte fabricar sustancias que se encuentran genéricamente en los hongos, si bien la asociación con el alga les permite especificidades en las rutas biogénicas que abren la puerta hacia las llamadas sustancias liquénicas. Se trata de productos del metabolismo secundario que se depositan en el talo (**Culberson**, 1969). Estas sustancias desempeñan un papel tan importante en la fisiología de los líquenes (**Armaleo**, 1993) como en la clasificación taxonómica de los mismos (**Lumbsch**, 2002; **Feige et al.**, 1995) lo que ha aportado un campo de investigación activo que ha sido revisado regularmente desde 1968 (**Romagni et al.**, 2002; **Culberson**, 1969; **Hüneck**, 1968; **Hüneck**, 1971; **Hüneck**, 1984; **Hüneck**, 1991; **Culberson**, 1970; **Culberson et al.**, 1977; **Elix et al.**, 1984b; **Galun et al.**, 1988a; **Fahselt**, 1994; **Hüneck et al.**, 1996).

Los líquenes son excepcionales dentro del reino vegetal por la alta concentración de metabolitos que pueden almacenar en su talo, lo que se traduce en que son las únicas plantas conservadas en herbarios que resisten largos períodos de tiempo sin sufrir invasiones bacterianas o fúngicas, lo que es a su vez consecuencia de la actividad antimicrobiana de las sustancias liquénicas, productos que son extracelulares ya que, siendo sintetizadas por las hifas del micobionte, son excretadas a su superficie.

Entre los metabolitos liquénicos que también se presentan en otros organismos podemos citar aminoácidos, azúcares, ácidos grasos, lactonas macrocíclicas, aromáticos monocíclicos, quinonas, cromonas, xantonas, terpenoides, esteroides y carotenoides. Entre los metabolitos hasta ahora aceptados como típicamente liquénicos se encuentran solamente dépsidos, depsidonas, depsonas, dibenzofuranos y ácidos úsnicos (**González et al.**, 1997) que, como veremos, también se encuentran en hongos.

La actividad farmacológica conocida de las sustancias liquénicas puede clasificarse en actividad antibiótica (**Ingolfsdottir et al.**, 1985), antitumoral-mutagénica (**Takai et al.**, 1979; **Hirayama et al.**, 1980; **Shibamoto et al.**, 1984), inhibidora del virus de inmunodeficiencia humana (VIH) (**Nakanishi et al.**, 1998; **Neamati et al.**, 1997; **Hirabayashi et al.**, 1989), inhibidora enzimática (**Umezawa et al.**, 1983; **García et al.**, 1980; **Shibuya et al.**, 1983; **Higuchi et al.**, 1992) y, finalmente, actividad analgésica y antipirética comparable a la de los fármacos corrientes (**Hüneck**, 1978b).

En cuanto al significado químico-ecológico de las sustancias liquénicas, podrían definirse como alomonas. Muchos líquenes crecen bajo condiciones extremas que suponen cambios de temperatura, humedad e intensidad de la radiación luminosa. Los líquenes, bajo las

condiciones de estrés como cambios extremos en su ambiente biosintetizan grandes cantidades de los denominados “metabolitos de estrés”; un ejemplo es la especie *Pertusaria alaianta* que presenta en clima caliente y árido más del 20% en peso de una mezcla de cloroxantonas (**Hüneck et al.**, 1978a). Las principales acciones que producen ventaja adaptativa para los líquenes son las siguientes:

**Actividad alelopática.** Los líquenes son organismos de crecimiento lento, por lo que deben de protegerse de las plantas que compiten por el medio. Ello lo consiguen mediante las sustancias liquénicas que, por lixiviado, son enviadas a su entorno donde inhiben el crecimiento de plantas inferiores y superiores (**Romagni et al.**, 2004; **Marante et al.**, 2003; **Hess**, 1960; **Whiton et al.**, 1982; **Whiton et al.**, 1984; **Nishitoba et al.**, 1987; **Ingolfsdottir et al.**, 1985).


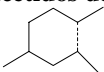
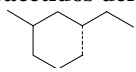
**Actividad fagoinhibidora.** Las sustancias liquénicas actúan como inhibidoras de la masticación en herbívoros (**Ahad et al.**, 1991; **Emmerich et al.**, 1993; **Giez et al.**, 1994; **Stuelp-Campelo et al.**, 1992).

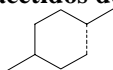
**Actividad alérgica.** Numerosos dépsidos, depsidonas y ácidos úsnicos se han revelado como factores alérgicos (**Brasch et al.**, 1991; **Hausen et al.**, 1993; **Ehret et al.**, 1992).

**Actividad fotoprotectora.** Las sustancias liquénicas aromáticas absorben la radiación ultravioleta (**Rancan et al.**, 2002; **Hidalgo et al.**, 2002; **Fernández et al.**, 1996), con lo que protegen al ficobionte algal de la iluminación solar intensa (**Rundel**, 1978; **Lawrey**, 1986).

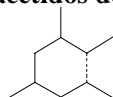
A lo largo de la década de los 90 se ha progresado en el cultivo de los componentes liquénicos (mico y ficobionte) y de tejidos liquénicos que contienen ambos simbiontes, lo que abre la puerta a la producción industrial de diversos materiales biológicamente activos. El micobionte puede cultivarse tanto a partir de esporas como de agregados celulares (**Yamamoto et al.**, 1993) mientras que el cultivo de ficobionte comienza con una célula aislada (**Ahmadjian**, 1993). Los resultados obtenidos hasta ahora parecen indicar que las sustancias liquénicas son biosintetizadas sólo por el micobionte y que existen diferencias cualitativas y cuantitativas en el espectro de metabolitos del líquen natural, el micobionte cultivado y el líquen cultivado (**Hüneck et al.**, 1996).

Al objeto de esclarecer la sobreposición entre la química de los hongos y la de los líquenes e ilustrar el tipo de compuestos químicos que producen las actividades anteriores nos hemos propuesto este “review” en el que se aporta una revisión bibliográfica sistematizada en términos de biogénesis. El resultado se muestra a continuación:

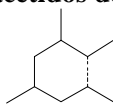
Estructura	Nombre	Liquen	Hongo	Bibliografía
<b>Ruta del ácido shikímico</b>				
9	Ácido atoméntico		<i>Clitocybe illudens</i>	Singh <i>et al.</i> , 1971
10	Lactona del ácido 2-hidroxipúlvico	<i>Letharia vulpina</i>		Tabacchi <i>et al.</i> , 1987
<b>Ruta de los ácidos grasos</b>				
11	Monolinoleato del R(-)-glicerol		<i>Sclerotinia fructicola</i>	Katayama <i>et al.</i> , 1978
12	Aspicilina Ácidos grasos bromados C <sub>18</sub> H <sub>23-27</sub> O <sub>2</sub> Br	<i>Aspicilia caesiocinerea</i> <i>Acorospora gobiensis</i>		Sinha <i>et al.</i> , 1994 Rezanka <i>et al.</i> , 1999
<b>Ruta de los policétidos</b>				
<b>Tetracétidos lineales</b>				
13	Ácido bourgeánico	<i>Ramalina bourgeana</i>		Bodo <i>et al.</i> , 1973
14	Radicinol		<i>Cochliobolus lunata</i>	Nukina <i>et al.</i> , 1977
<b>Tetracétidos del tipo</b>				
				
Aromáticos Monocíclicos				
15	Asperugina C		<i>Aspergillus rugulosus</i>	Ballantine <i>et al.</i> , 1971
Dépsidos				
16	Ácido 2"-O-metilgírofórico	<i>Diploschistes gyrophoricus</i>		Elix <i>et al.</i> , 1995a
Depsidonas				
17	3-Decloro gangaleoidina	<i>Lecanora argentata</i>		Elix <i>et al.</i> , 1994d
<b>Tetracétidos del tipo</b>				
				
Aromáticos monocíclicos				
18	β-orselinato de etilo		<i>Aspergillus silvaticus</i>	Kawahara <i>et al.</i> , 1988
19	5,7-dihidroxi-6-metilftalido	<i>Anamylopsora pulcherrima</i>		Hüneck <i>et al.</i> , 1993
Dépsidos				
20	Ácido 4-O-demetilbarbático		<i>Aspergillus terreus</i>	Yamamoto <i>et al.</i> , 1976
21	Acido escumático	<i>Cladonia squamosa</i>		Hüneck <i>et al.</i> , 1996
Depsidonas				
22	Mollicellina A		<i>Chaetonium mollicellum</i>	Stark <i>et al.</i> , 1978
23	Ácido connorstíctico	<i>Pertusaria pseudocorallina</i>		Elix <i>et al.</i> , 1993a
<b>Tetracétidos del tipo</b>				
				
Ácidos úsnicos				
24	Ácido (-)-seudoplacodiólico	<i>Lecanora rubina</i>	<i>Rhizoplaca chrysolauca</i>	Hüneck <i>et al.</i> , 1978a Hüneck <i>et al.</i> , 1981
Bifenilos				
25	Contortina	<i>Psoroma contortum</i>		Elix <i>et al.</i> , 1984a

**Tetracétidos del tipo**

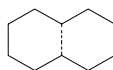
Depsidonas				
26	Fulgoicina	<i>Fulgensia fulgida</i>		<b>Mahandru et al., 1983</b>
27	Maldoxona		<i>Xylaria sp.</i>	<b>Adeboya et al., 1996</b>
Espirociclohexadienonas				
28	Maldoxina		<i>Xylaria sp.</i>	<b>Adeboya et al., 1996</b>
Difeniléteres				
29	Dihidromaldoxina		<i>Xylaria sp.</i>	<b>Adeboya et al., 1996</b>

**Tetracétidos del tipo**

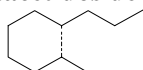
Aromáticos monocíclicos

**Tetracétidos del tipo**

Aromáticos monocíclicos				
30	Ácido ciclopáldico		<i>Aspergillus duricaulis</i>	<b>Achenbach et al., 1985</b>
Dépsidos				
31	Brialmontina 1	<i>Lecania briamontii</i>		<b>Elix et al., 1993b</b>

**Pentacétidos del tipo**

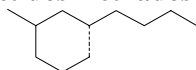
Naftoquinonas				
32	Juglona		<i>Verticillium dahliae</i>	<b>Medentsev et al., 1998</b> <b>Harborne, 1982</b>

**Pentacétidos del tipo**

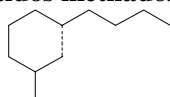
Dihidroisocumarinas				
33	5-cloro-6-hidroximelleina		<i>Plectophomella sp.</i>	<b>Krohn et al., 1997</b>

Dépsidos				
34	Ácido 5-cloro divaricático	<i>Dimelaena cf. radiata</i>		<b>Elix et al., 1995c</b>

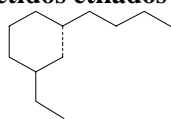
Depsidonas				
35	Ácido divarónico	<i>Cladonia grayi</i>		<b>Culberson et al., 1985</b>

**Pentacétidos metilados del tipo**

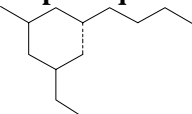
36	Mollina	<i>Roccellaria mollis</i>		<b>Hüneck et al., 1992</b>
37	6-Hidroximetil eugenina		<i>Chaetonium minutum</i>	<b>Hauser et al., 1972</b>

**Pentacétidos metilados del tipo**

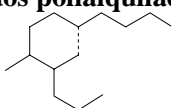
38	Lobodirina	<i>Roccellina cerebriformis</i>		<b>Hüneck et al., 1992</b>
----	------------	---------------------------------	--	----------------------------

**Pentacétidos etilados del tipo**

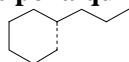
- 39 Antibiótico LL-D253α *Phoma pigmentivora* Chandler *et al.*, 1992

**Pentacétidos polialquilados del tipo**

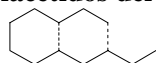
- 40 Ácido globoscínico *Xylaria globosa* Adeboya *et al.*, 1995

**Pentacétidos polialquilados del tipo**

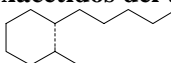
- 41 Canescina *Penicillium canescens* Edwards, 1990

**Pentacétidos polialquilados del tipo**

- 42 Divarinol *Evernia prusnastri* Kinoshita *et al.*, 1994

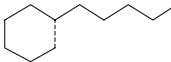
**Hexacétidos del tipo**

- 43 1,4,5,8-tetrahidroxi-3-etil-naftalen-2,6-diona *Cetraria cucullata* Medentsev *et al.*, 1998

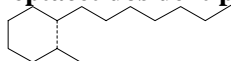
**Hexacétidos del tipo**

- Dépsidos 44 Ácido 4-O-demetilplanaico *Lecidea plana* Hüneck *et al.*, 1995a

- Depsonas 45 Ácido isosubpicroliquénico *Pertusaria amara* Elix *et al.*, 1994b

**Hexacétidos del tipo**

- 46 Olivetol *Cladonia macaronésica* González *et al.*, 1991

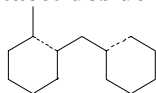
**Heptacétidos del tipo**

- Dépsidos 47 Ácido superplanaico *Lecanora planaica* Elix *et al.*, 1994a

- Depsidonas 48 Ácido grayánico *Gymnoderma melacarpum* Chester *et al.*, 1980

- 49 Acido α-collatólico *Tephrome atra* Hüneck *et al.*, 1996

- Difeniléteres 50 Ácido 2''-O-etil-β-alectorónico *Alectoria sarmentosa* Gollapudi *et al.*, 1994

**Heptacétidos del tipo**

51 Norliquexantona  
52 Asemona

*Micarea isabellina*

*Penicillium patulum*

Broadbent *et al.*, 1975  
Elix *et al.*, 1995b

**Heptacétidos del tipo**

Ergocromos

53 Ácido secalónico A

*Parmelia entotheiochroa*

*Phoma terrestris*

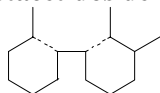
Hüneck *et al.*, 1996  
Howard *et al.*, 1976

Eumitrinas

54 Eumitrina A<sub>1</sub>

*Usnea bayleyi*

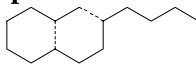
Yang *et al.*, 1973

**Heptacétidos del tipo**

55 Alectosarmentina

*Alectoria sarmentosa*

Gollapudi *et al.*, 1994

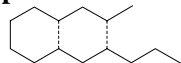
**Heptacétidos del tipo**

56 Canariona  
57 Rubrofusarina B

*Usnea canariensis*

*Aspergillus sp.*

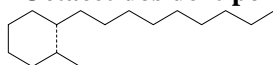
Hüneck *et al.*, 1977  
Gorst-Allman *et al.*, 1980

**Heptacétidos del tipo**

58 Hemoventosina

*Ophioparma ventosa*

Rycroft *et al.*, 1995

**Octacétidos del tipo**

Dépsidos

59 Ácido isopatagónico

*Bunodophoron patagonicum*

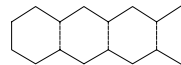
Elix *et al.*, 1994c

Depsonas

60 Ácido megapicroliquénico

*Pertusaria truncata*

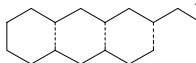
Elix *et al.*, 1994b

**Octacétidos del tipo**

61 Endocrocina

*Nephromopsis endocracea*

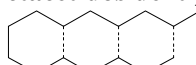
Steglich *et al.*, 1970

**Octacétidos del tipo**

62 Nemetzona

*Haematomma nemetzii*

Hüneck *et al.*, 1994

**Octacétidos del tipo**

63 5-Cloroemodina  
64 Flegmacina

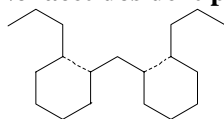
*Nephroma laevigatum*

*Cortinarius sinapicolor*

Cohen *et al.*, 1996  
Elsworth *et al.*, 1999



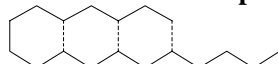
**Nonacétidos del tipo**



Difenilmetanos

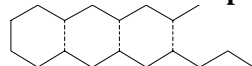
- 65 Bis-(2,4-dihidroxi-6-n-propil-fenil)-metano *Protousnea sp.* Kinoshita *et al.*, 1994

**Nonacétidos del tipo**



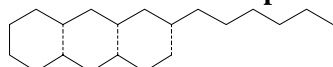
- 66 1,8-Dihidroxi-6-metoxi-3(3'-oxobut-1'-enil)antraquinona *Xanthoria parietina* Piatelli *et al.*, 1968

**Nonacétidos del tipo**



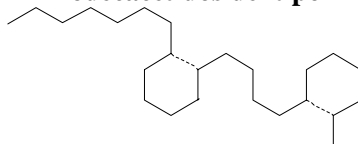
- 67 Russulona *Pyrrhospora russula* Hüneck *et al.*, 1996  
Mathey, 1986

**Decacétidos del tipo**



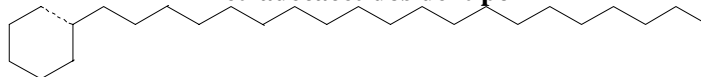
- 68 Averitrina *Solorina crocea* Buckingham, 1994

**Dodecacétidos del tipo**



- 69 Oxisifulina *Siphula ceratites* Shimada *et al.*, 1980  
Saengchantara *et al.*, 1986

**Tetradecacétidos del tipo**



- 70 Hierridina *Ramalina hierrensis* González *et al.*, 1992

**Ruta de los terpenos**

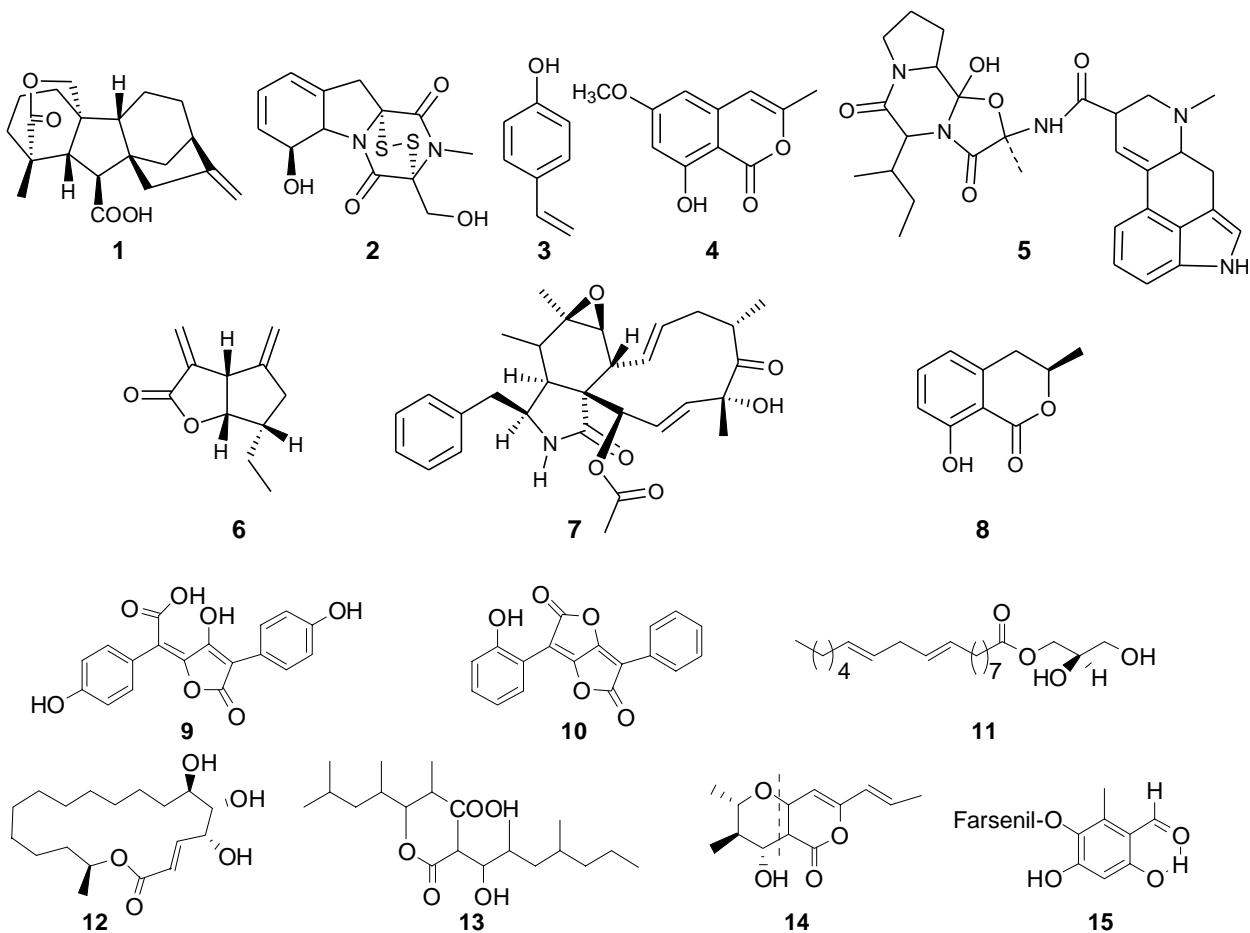
**Monoterpenos**

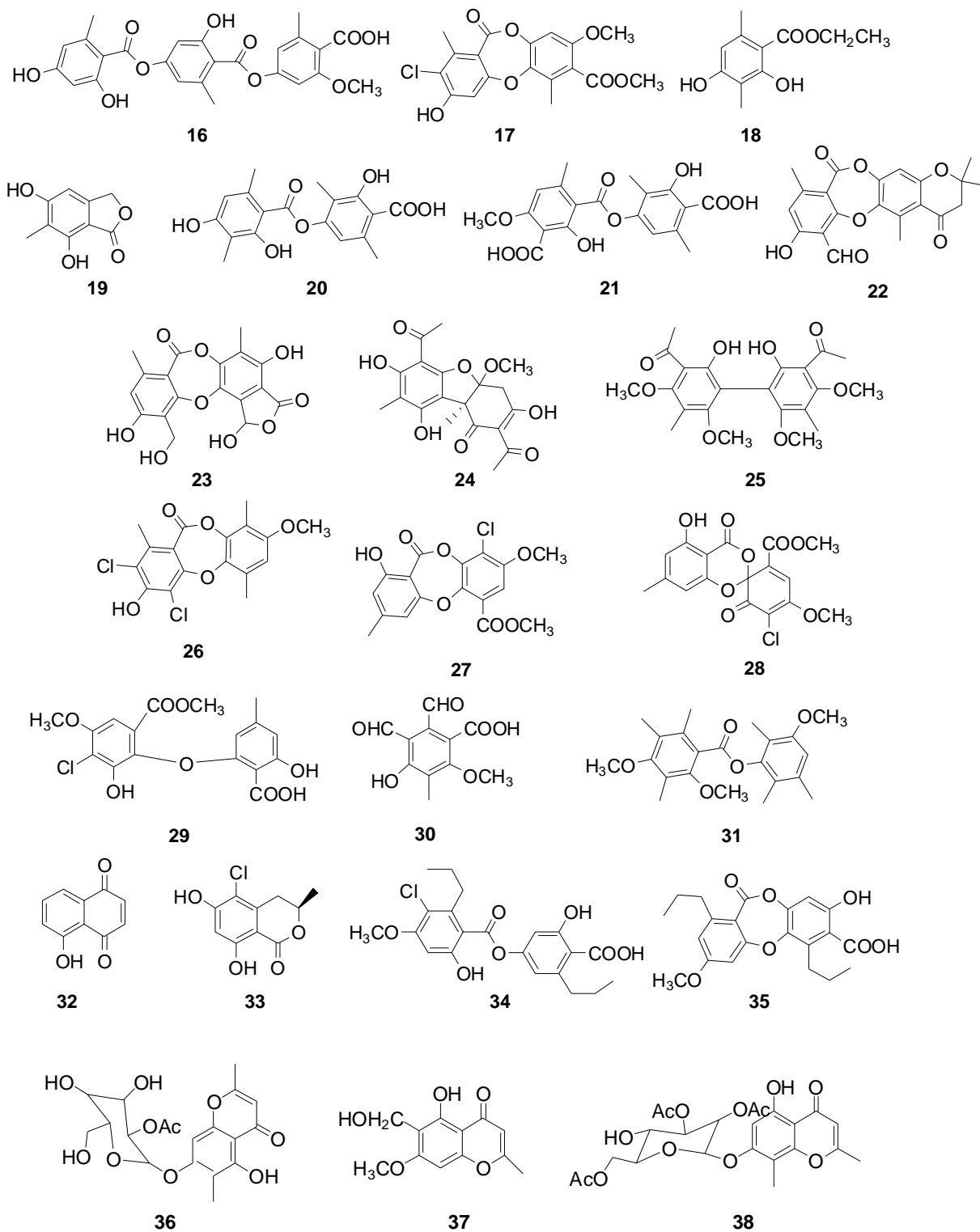
- 71  $\alpha$ -Pinenos *Evernia prusnastri* *Cronartium fusiforme* Laseter *et al.*, 1973  
Gavin *et al.*, 1978  
72  $\beta$ -Pinenos *Evernia prusnastri* *Cronartium fusiforme* Laseter *et al.*, 1973  
Gavin *et al.*, 1978  
73 Limoneno *Evernia prusnastri* *Cronartium fusiforme* Laseter *et al.*, 1973  
Gavin *et al.*, 1978

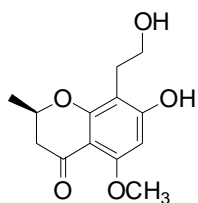
**Sesquiterpenos**

- 74 Clitocibulol *Clitocybula oculus* Ayer *et al.*, 1998  
75 Bakkenolido A *Cetraria islandica* Solberg, 1986

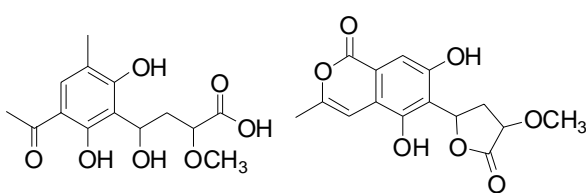
<b>Diterpenos</b>			
76	Ácido zithiostrómico A	<i>Zythiostroma sp.</i>	Ayer <i>et al.</i> , 1996a
77	Ácido(-)-sandaracopimárico	<i>Ramalina hierrensis</i>	González <i>et al.</i> , 1992
<b>Sesterterpenos</b>			
78	Anhidroofiobolina A	<i>Heminthosporium mayolis</i>	Betts, 1979
79	Ácido retigeránico	<i>Lobaria isidiosa</i>	Sugawara <i>et al.</i> , 1991
<b>Triterpenos</b>			
80	Ácido albértico	<i>Phellinus torulosus</i>	González <i>et al.</i> , 1994
81	Lupeona	<i>Cladonia macaronésica</i>	González <i>et al.</i> , 1991
<b>Carotenoides</b>			
82	Ácido trispórico	<i>Mucor mucedo</i>	Turner <i>et al.</i> , 1983
83	Astaxantina	<i>Parmelia omphalodes</i>	Czeczuga, 1988
<b>Esteroides tipo ergosterol</b>			
84	Ergosta-4,6,8,22-tetraen-3-ona	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Chobot <i>et al.</i> , 1997
85	Ergosta-3,5-dien-7-ona	<i>Umbilicaria cylindrica</i>	Hüneck <i>et al.</i> , 1995b



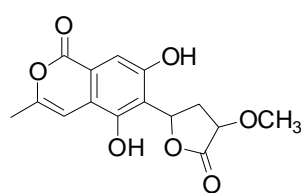




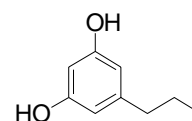
39



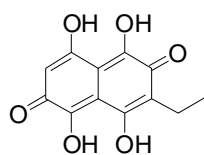
40



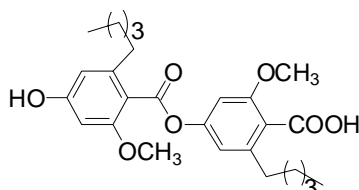
41



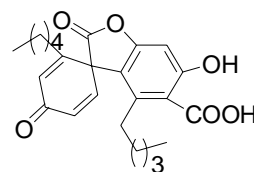
42



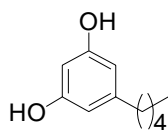
43



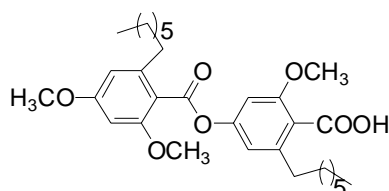
44



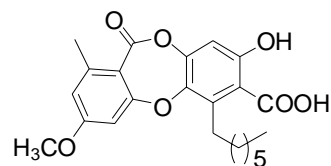
45



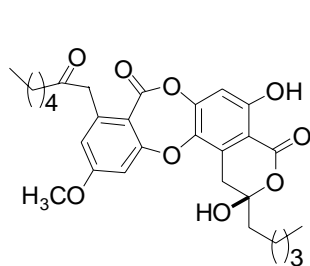
46



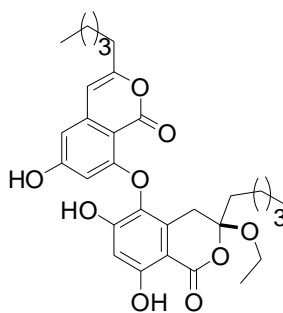
47



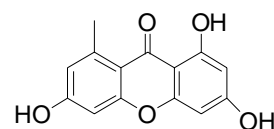
48



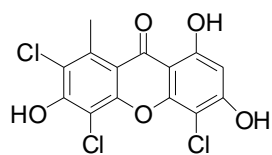
49



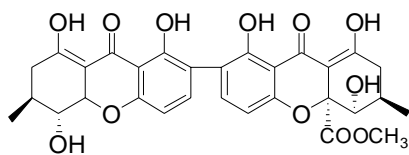
50



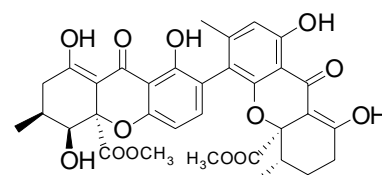
51



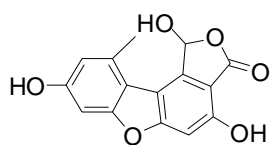
52



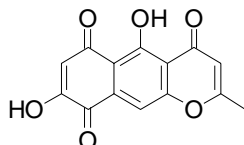
53



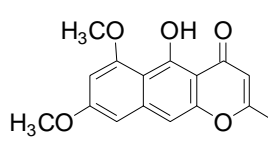
54



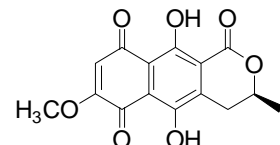
55



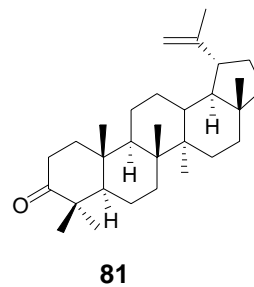
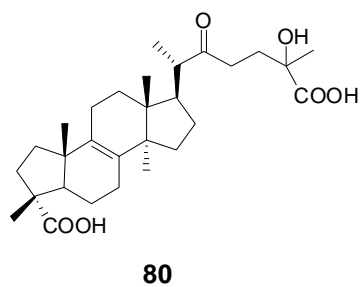
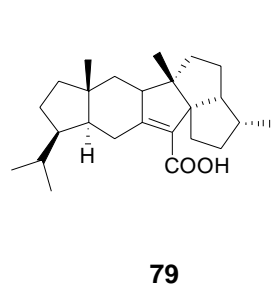
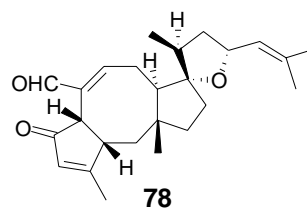
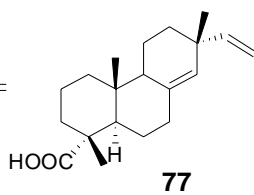
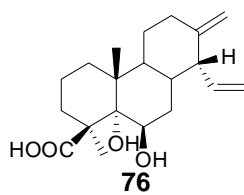
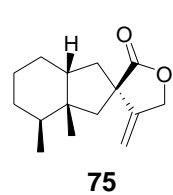
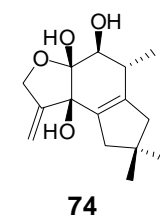
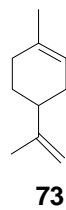
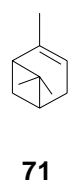
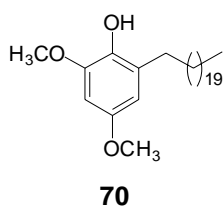
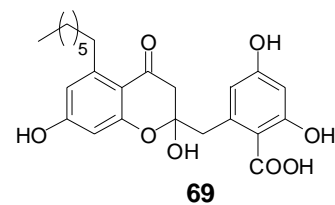
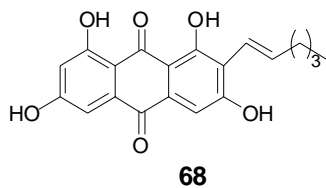
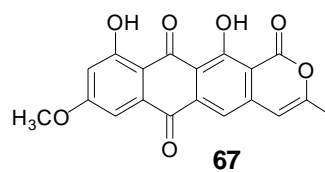
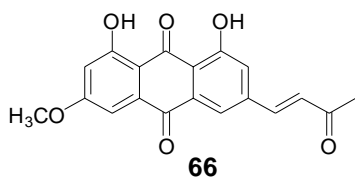
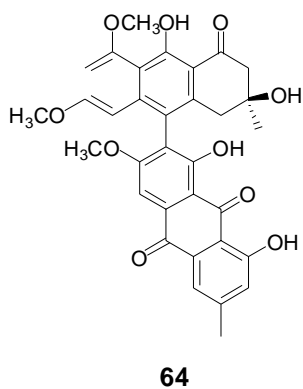
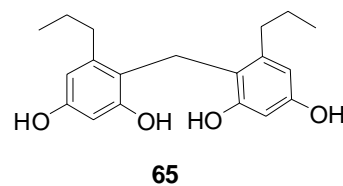
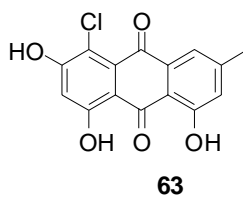
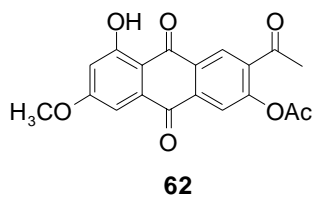
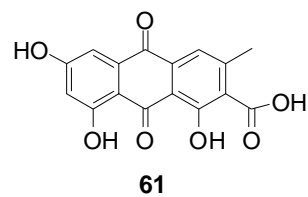
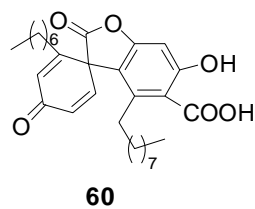
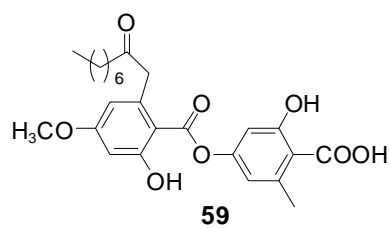
56

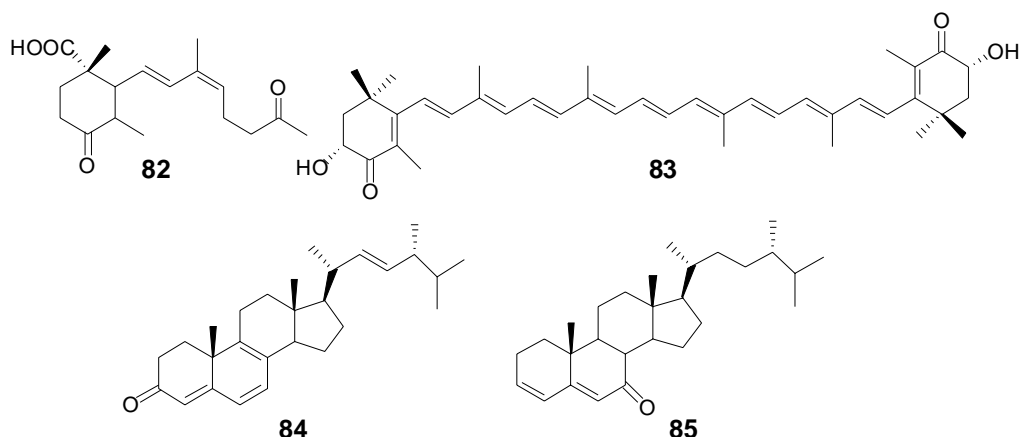


57



58





## Agradecimientos

Las investigaciones fueron financiadas por FEDER 1FD 1997-1831 (J.B.B y F.L). F. J. T. M. agradece al Gobierno Autónomo Canario la subvención del proyecto PI2001/144.

## Bibliografía

- Abate, D., Abraham, W. R. & Meyer, H. 1997. Cytochalasins and phytotoxins from the fungus *Xylaria obovata*. *Phytochemistry*. **44**(8): 1443-1448.
- Achenbach, H., Mühlenfeld, A. & Brillinger, G. U. 1985. Metabolites from microorganisms .30. Phthalides and chromanols from *Aspergillus duricaulis*. *Liebigs Ann. Chem.* **8**: 1596-1628.
- Adeboya, M. O., Edwards, R. L., Laessoe, T., Maitland, D. J., Shields, L. & Whalley, A. J. S. 1996. Metabolites of the higher fungi 29. Maldoxin, maldoxone, dihydromaloxin, isodihydromaloxin and dechlorodihydromaloxin. A spirocyclohexadienone, a depsidone and three diphenyl ethers: Keys in the depsidone biosynthetic pathway from a member of the fungus genus *Xylaria*. *J. Chem. Soc. Perk. Trans I.* **12**: 1419-1425.
- \_\_\_\_\_, Edwards, R. L., Laessoe, T., Maitland, D. J. & Whalley, A. S. J. 1995. Metabolites of the higher fungi .28. Globoscinic acid and globoscin, a labile acid-lactone system from *Xylaria globosa* and *Xylaria obovata*. *J. Chem. Soc. Perkin. Trans. I.* **16**: 2067-2072.
- Ahad, A. M., Goto, Y., Kinchi, F., Tsuda, Y., Kondo, K. & Sato, T. 1991. Studies on crude drugs effective on visceral larva migrans .12. Nematocidal principles in oakmoss absolute and nematocidal activity of 2,4-dihydroxybenzoates. *Chem. Pharm. Bull.* **39**(4): 1043-1046.
- Ahmadjian, V. 1993. *The Lichen Symbiosis*. Wiley, New York.
- Armaleo, D. 1993. XV Int. Bot. Congr. Abstr, 11pp. Tokyo-Yokohama.
- Arnstein H. R. V. & Cook, A. H. 1947. Production of antibiotics by fungi .3. Javanicin an antibacterial pigment from *Fusarium javanicum*. *J. Chem. Soc.:*1021-1028.
- Ayer, W. A. & Khan, A. Q. 1996a. Zythiostromic acids, diterpenoids from an antifungal *Zythiostroma* species associated with aspen. *Phytochemistry*. **42**(6): 1647-1652.
- \_\_\_\_\_, Browne L. M. 1991. Terpenoid metabolites of Mushrooms and related basidiomycetes tetrahedron. **37**: 2199-2248.
- \_\_\_\_\_, Muir, D. J. & Chakravarty, P. 1996b. Phenolic and other metabolites of *Phellinus pini*, a fungus pathogenic to pine. *Phytochemistry*. **42**(5): 1321-1324.
- \_\_\_\_\_, Shan, R. D., Trifonov, L. S. & Hutchison, L. J. 1998. Sesquiterpenes from the nematocidal fungus *Clitocybula oculus*. *Phytochemistry*. **49**(2): 589-592.
- Baker, R. A., Tatum, J. H. & Nemeč, S. 1981. Toxin production by *Fusarium solani* from fibrous roots of blight-diseased citrus. *Phytopathology*. **71**(9): 951-954.
- \_\_\_\_\_, Tatum, J. H. & Nemeč, S. 1990. Antimicrobial activity of naphthoquinones from *Fusaria*. *Mycopathology*. **111**(1): 9-15.
- Ballantine, J. A., Ferrito, V. & Hassall, C. H. 1971. Biosynthesis of phenols .23. Biosynthesis of asperugin in *Aspergillus rugulosus*. *Phytochemistry*. **10**(6): 1309-1311.
- Barbier, M. 1976. *Introduction à L'Ecologie Chimique*. Masson, Paris.
- Bestmann, H. J., Kern, F., Schafer, D. & Witschel, M. C. 1992. Pheromones .86. 3,4-dihydroisocoumarins, a new class of ant trail pheromones. *Angew. Chem. Int. Edit.* **31**(6): 795-796.
- Betts, R. E. 1979. *Diss. Abstr. Int. B.* 39:4857; *Chem Abstr.* **91**:16850.
- Bhatnagar, D., Yu, J. & Ehrlich, K. C. 2002. Toxins of filamentous fungi. *Chemical immunology* **81**: 167-206.
- Bobek, P., Ginter, E., Kuniak, L., Babala, N., Jurcovicová, M., Ozdin, L. & Cerven, J. 1991. Effect of mushroom *Pleurotus ostreatus* and isolated fungal polysaccharide on serum and liver lipids in syrian-hamsters with hyperlipoproteinemia. *Nutrition (Burbank Calif)*. **7**(2): 105-108.

- Bodo, B., Hebrard, P., Molho, L. & Molho, D.** 1973. New aliphatic acid from lichens, *Desmaziera evernioides* and *Ramalina bourgeana*. *Tetrahedron Lett.* **18**: 1631-1634.
- Brady, S. F., Wagenaar, M. M., Sing, M. P., Janso, J. E. & Clardy, J.** 2000. The cytosporones, new octaketide antibiotics isolated from an endophytic fungus. *Organic Letters.* **2**(25): 4043-4046.
- Brasch, J. & Jacobsen, P.** 1991. Lichens and their allergens. *Allergologie.* **14**(3): 99-103.
- Brizuela, M. A., García L., Pérez, L. & Mansur, M.** 1998. Basidiomicetos: nuevas fuentes de metabolitos secundarios. *Rev. Iberoam. Micol.* **15**: 69-74.
- Broadbent, D., Mabelis, R. P. & Spencer, H.** 1975. 3,6,8-trihydroxy-1-methylxanthone antibacterial metabolite from *Penicillium patulum*. *Phytochemistry.* **14**(9): 2082-2083.
- Buchanan, M. S., Gill, M. & Yu, J.** 1997. Pigments of fungi .43. Cardinalins-1-6, novel pyranonaphtho-quinones from the fungus *Dermocybe cardinalis* Horak. *J. Chem. Soc. Perkin Trans. I.* **6**: 919-925.
- Buckingham, J.** 1994. *Dictionary of Natural Products*, Vol 1. p. 570. Chapman and Hall, London.
- Bu'Lock, J. D.** 1980. *The biosynthesis of mycotoxins, a study in secondary metabolism.* Academic Press, New York.
- Carlton, W. W. Stack, M. E. & Eppley, R. M.** 1976. Hepatic alterations produced in mice by xanthomegnin and viomellein, metabolites of *Penicillium viridicatum*. *Toxicol. Appl. Pharm.* **38**(2): 455-459.
- Chandler, I. M., McIntyre, C. R. & Simpson, T. J.** 1992. Structural revision and synthesis of 11-d253- $\alpha$  and related chromanone fungal metabolites. *J. Chem. Soc. Perkin. Trans. I.* **18**: 2271-2284.
- Chester, D. O & Elix, J. A.** 1980. A new dibenzofuran and diphenyl ether from the lichen *Gymmoderma melacarpum*. *Aust. J. Chem.* **33**(5): 1153-1156.
- Chobot, V., Opletal, L., Jahodar, L., Patel, A. V., Dacke, C. G. & Blunden, G.** 1997. Ergosta-4,6,8,22-tetraen-3-one from the edible fungus, *Pleurotus ostreatus* (oyster fungus). *Phytochemistry.* **45**(8): 1669-1671.
- Claydon, N., Grove, J. F. & Pople, M.** 1977. Insecticidal secondary metabolic products from entomogenous fungus *Fusarium solani*. *J. Invertebr. Pathol.* **30**(2): 216-223.
- Cohen, P.A. & Towers, G. H. N.** 1996. Biosynthetic studies on chlorinated anthraquinones in the lichen *Nephroma laevigatum*. *Phytochemistry.* **42**(5): 1325-1329.
- Cole, R. J. & Cox, R. H.** 1981. *Handbook of toxic fungal metabolites.* Academic Press, London.
- Collado, I. G., Hernández-Galan, R., Prieto, V., Hanson, J. R. & Rebordinos, L. G.** 1996. Biologically active sesquiterpenoid metabolites from the fungus *Botrytis cinerea*. *Phytochemistry.* **41**(2): 513-517.
- Cueto, M., Jensen, P. R., Kauffman, C., Fenical, W., Lobkovsky, E. & Clardy J.** 2001. Pestalone, a new antibiotic produced by a marine fungus in response to bacterial challenge. *J. Nat. Prod.* **64**(11): 1444-1446.
- Culberson, C. F., Culberson, W. L. & Johnson A.** 1977. Second supplement to "Chemical and botanical guide to lichen products". *Am. Bryol. Lichenol. Soc.*, Missouri Bot. Garden, St Louis.
- \_\_\_\_\_. 1969. *Chemical and botanical guide to lichen products.* Univ. North Carolina Press, Chapel Hill.
- \_\_\_\_\_. 1970. Supplement to "Chemical and botanical guide to lichen products". *Bryologist.* **73**:177-377.
- \_\_\_\_\_, **Culberson, W. L. & Johnson, A.** 1985. Orcinol-type depsides and depsidones in the lichens of the *Cladonia chlorophaea* group (Ascomycotina, Cladoniaceae). *Bryologist.* **88**(4): 380-387.
- Czeczuga, B.** 1988. Carotenoids. In Galun, M. (ed) *CRC Handbook of Lichenology*, Vol III. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Dagne, E., Gunatilaka, A. A. L., Asmellash, S., Abate, D., Kingston, D. G. I., Hofmann, G. A. & Johnson, R. K.** 1994. 2 new cytotoxic cytochalasins from *xylaria obovata*. *Tetrahedron.* **50**(19): 5615-5620.
- Darvill, A. G. & Albersheim, P.** 1984. Phytoalexins and their elicitors a defense against microbial infection in plants. *Annu. Rev. Plant. Phys.* **35**: 243-275.
- Edwards, R. L.** 1990. 4<sup>th</sup> International Mycological Congress. Abstract 1A-16/4. Regensburg, Germany.
- Edwards, H. G. M., Farwell, D. W., Seaward, M. R. D. & Giacobini, C.** 1991. Preliminary raman microscopic analyses of a lichen encrustation involved in the biodeterioration of renaissance frescoes in central Italy. *Int. Biodeterioration.* **27**(1): 1-9.
- \_\_\_\_\_, **Farwell, D. W., Lewis I. R., Seaward, M. R. D., Turner P. & Withley A.** 1993. FT-Raman microscopy and lichen biodeterioration. *Bruker Rep.* **139**: 8-11.
- Ehret, C., Maupetit, P., Petržika, M. & Klecak, G.** 1992. Preparation of an oakmoss absolute with reduced allergenic potential. *Int. J. Cosmetic Science.* **14**(3): 121-130.
- Elix, J. A. & Ernst-Russell, K. D.** 1993a. A catalogue of standardised thin layer chromatographic data and biosynthetic relationships for lichen substances. Australian National Univ., Canberra.
- \_\_\_\_\_, **Barbero, M., Giralt, M., Lumbsch, H. T. & McCaffery L. F.** 1995a. 2''-O-methylgyrophoric acid, a new lichen tridepside. *Aust. J. Chem.* **48**(10): 1761-1765.
- \_\_\_\_\_, **Barclay, C. E. & Lumbsch, H. T.** 1994a. New depsides from the lichen *Lecanora planaica*. *Aust. J. Chem.* **47**(6): 1199-1203.
- \_\_\_\_\_, **Barclay, C. E., David, F., Griffin, F. K., Hill, A. M., McConnell, D. B. & Wardlaw, J. H.** 1993b. Synthesis of further lichen depsides. *Aust. J. Chem.* **46**(3): 301-313.
- \_\_\_\_\_, **Jayanthi, V. K., Jones, A. J. & Lennard, C. J.** 1984a. A novel biphenyl from the lichen *Psoroma contortum*. *Aust. J. Chem.* **37**(7): 1531-1538.
- \_\_\_\_\_, **Lumbsch, H. T. & Lücking, R.** 1995b. *Bibl. Lichenol.* **58**:81-96.
- \_\_\_\_\_, **Mayrhofer, H. & Wippel, A.** 1995c. *Australasian Lichenol. Newsletter.* **36**: 25-26.

- \_\_\_\_\_, Venables, D. A. & Archer, A. W. 1994b. Further new depsones from the lichen *Pertusaria truncata*. Aust. J. Chem. **47**(7): 1345-1353.
- \_\_\_\_\_, Venables, D. A. & Wedin, M. 1994c. New dibenzofurans and depsides from the lichen *Bunodophoron patagonicum*. Aust. J. Chem. **47**(7): 1335-1344.
- \_\_\_\_\_, Venables, D. A., Lumbsch, H. T. & Brako, L. 1994d. Further new metabolites from lichens. Aust. J. Chem. **47**(8): 1619-1623.
- \_\_\_\_\_, Whitton, A. A. & Sargent, M. V. 1984b. Fortschr. Chem. Org. Naturst. **45**:104-234.
- Elsworth, C., Gill, M., Gimenez, A., Milanovic, N. M. & Raudies, E. 1999. Pigments of fungi. Part 50. Structure, biosynthesis and stereochemistry of new dimeric dihydroanthracenones of the phlegmacin type from *Cortinarius sinapicolor* Cleland. J. Chem. Soc. Perkin Trans. I. **2**: 119-125.
- Emmerich, R., Giez, I., Lange, O. L. & Proksch, P. 1993. Toxicity and antifeedant activity of lichen compounds against the polyphagous herbivorous insect *Spodoptera littoralis*. Phytochemistry. **33**(6): 1389-1394.
- Fahsel, D. 1994. Secondary biochemistry of lichens. Symbiosis. **16**(2): 117-165.
- Feige, G.B. & Lumbsch, H.T. 1995. Some types of chemical variation in lichens. Crypt. Bot. **5**: 31-35.
- Fernández E., Quilhot, W., González, I., Hidalgo, M. E., Molina, X. & Meneses, I. 1996. Lichen metabolites as UVB filters. Lichen metabolites show photoprotector capacity. Cosmetics & Toiletries. **111**(12): 69-74.
- Furumoto, T., Hamasaki, T. & Nakajima, H. 1999. Biosynthesis of phytotoxin neovasinin and its related metabolites, neovaspinyrones A and B and neovasifuranones A and B, in the phytopathogenic fungus *Neocosmospora vasinfecta*. J. Chem. Soc. Perkin Trans. I: 131-135.
- Fuska, J., Nemeč, P., Kuhr, I. & Lukasova, V. 1971. New antiprotozoal antibiotic vermiculin. Folia Microbiol. **16**(6): 504-508.
- Galun M. & Ronen, R. 1988a. In Galun, M. (ed) CRC Handbook of Lichenology, vol. III. pp. 55-72. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- \_\_\_\_\_. 1988b. CRC Handbook of lichenology. Vol. III CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Garcia, I., Cifuentes, B. & Vicente, C. 1980. L-uscinate-urease interactions: binding-sites for the ligand. Z Naturforsch C. **35**(11-1): 1098-1100.
- Gavin, J., Nicollier, G. & Tabacchi, R. 1978. Composants volatils de la "mousse de chêne" [*Evernia prunastri* (L.) Ach.] Helv. Chim. Acta. **61**(1): 352-357.
- Ghorab, M. M. & El-Batal, A. L. 2002. Synthesis of some new thiazole derivatives. Antifungal activity and ultrastructure changes of some mycotoxin producing fungi. Bolletino Chimico Farmaceutico. **141**(2): 110-117.
- Giez, I., Lange, O. L. & Proksch, P. 1994. Growth retarding activity of lichen substances against the polyphagous herbivorous insect *Spodoptera littoralis*. Biochem. Syst. Ecol. **22**(2): 113-120.
- Gill, M. 2003. Pigments of Fungi (Macromycetes). Nat. Prod. Rep. **20**: 615-639.
- Gollapudi, S. R., Telikepalli, H., Jampani, H. B., Mirhom, Y. W., Drake, S. D., Bhattiprolu, K. R., van der Velde, D. & Mitscher, L. A. 1994. Alectosarmentin, a new antimicrobial dibenzofuranoid lactol from the lichen, *Alectoria sarmentosa*. J. Nat. Prod. **57**(7): 934-938.
- González, A. G., Barrera, J. B., Pérez, E. M. R. & Padrón, C. E. H. 1991. Chemical-constituents of the lichen *Cladonia macaronesica*. Z. Naturforsch. **46**(1-2): 12-18.
- \_\_\_\_\_, Expósito, T. S., Marante, F. J. T., Pérez, M. J. M., Tejera, E. B. & Barrera, J. B. 1994. Lanosterol derivatives from *Phellinus-torulosis*. Phytochemistry. **35**(6): 1523-1526.
- \_\_\_\_\_, Bermejo, J. B., Pérez, E. M. R. & Padrón, C. E. H. 1992. Chemical-constituents of the lichen *Ramalina hierrensis*. Planta Medica. **58**(2): 214-218.
- \_\_\_\_\_, Rodríguez, E. M. R., Hernández, P. C. & Bermejo, J. B. 1997. Phytochemical investigation of Canary Island lichens. Virtual activity, Real pharmacology. 49-60.
- Gorst-Allman, C. P., Steyn, P. S. & Rabie, C. J. 1980. Structural elucidation of the nigerones, 4 new naphthopyrones from cultures of *Aspergillus niger*. J. Chem. Soc. Perkin Trans. I. **11**: 2474-2479.
- Gremaud, G. & Tabacchi, R. 1996. Relationship between the fungus *Ceratocystis fimbriata coffea* and the canker disease of the coffee tree. Phytochemistry. **42**(6): 1547-1549.
- Harborne, J. B. 1982. Introduction to ecological biochemistry. 2<sup>nd</sup> edition. Academic Press, London.
- Hause, B. M., Emde, L. & Marks, V. 1993. An investigation of the allergenic constituents of *Cladonia stellata* (opiz) pous and vezda ("silver moss", reindeer moos or reindeer lichen). Contact dermatitis. **28**(2): 70-76.
- Hauser, D. & Zardin, T. 1972. Isolation of 6-hydroxymethyl-eugenin from *Chaetonium minutum*. Experientia. **28**(9): 1114-1118.
- Hedden, P., Phillips, A. L., Rojas, M. C., Carrera, E. & Tudzynski, B. 2001. Gibberellin biosynthesis in plants and fungi: A case of convergent evolution. J. Plant Growth Regulation. **20**(4): 319-331.
- Hess, D. 1960. Untersuchungen über die hemmende Wirkung von Extrakten aus Flechtenpilzen auf das Wachstum von *Neurospora crassa*. Z. Bot. **48**: 136-142.
- Hidalgo, M. E., Fernández, E., Ponce, M., Rubio, C. & Quilhot, W. 2002. Photophysical, photochemical, and thermodynamic properties of shikimic acid derivatives: calycin and rhizocarpic acid (lichens). J. Photochem. Photobiol. B: Biology. **66**(3): 213-217.
- Higuchi, M., Miura, Y., Boohene, J., Kinoshita, Y., Yamamoto, Y., Yoshimura, I. & Yamada, Y. 1992. Inhibition of tyrosinase activity by cultured lichen tissues and bionts. Planta Med. **59**(3): 253-255.



- Hirabayashi, K., Iwata, S., Ito, M., Shigeta, S., Narui, T., Mori, T. & Shibata, S. 1989. Inhibitory effect of a lichen polysaccharide sulfate, GE-3-S, on the replication of human immunodeficiency virus (HIV) in vitro. *Chem. Pharm. Bull.* **37**(9): 2410-2412.
- Hirayama, T., Fujikawa, F., Kasahara, T., Otsuka, M., Nishida, N. & Mizuno, D. 1980. Anti-tumor activities of some lichen products and their degradation products. *Yakugaku Zasshi.* **100**(7): 755-759.
- Howard, C. C., Johnstone, R. A. W., King, T. J. & Lessinger, L. 1976. Fungal metabolites .6. Crystal and molecular-structure of secalonic acid A. *J. Chem. Soc. Perkin Trans. I.* **17**: 1820-1822.
- Hüneck, S. & Höfle, G. 1978a. C-13 NMR and structure of chloroxanthones from lichens. *Tetrahedron.* **34**(16): 2491-2502.
- & Schmidt, J. 1995a. Neue Flechtenanalysen aus verschiedenen Verwandtschaftskreisen. In Daniels, F. J. A., Schultz, M. & Peine, J. (ed). *Flechten Follmann. Contributions to Lichenology in honour of Gerhard Follmann. Geobotanical and Phytotaxonomical study group.* pp 27-41. Botanical Institute. Univ. of Cologne, Cologne, Germany.
- & Yoshimura, I. 1996. Identification of lichen Substances. Springer, Berlin.
- . 1968. *Progr. Phytochem.* **1**:223-346.
- . 1971. *Fortschr. Chem. Org. Naturst.* **29**:209-306.
- . 1978b. *Symp. Pap. IUPAC Int. Symp. Chem. Nat. Prod.* **11**<sup>th</sup> **4**:197
- . 1984. *Nova Hedwigia Beih.* **79**:793-838.
- . 1991. New results in the chemistry of lichens. *Symbiosis.* **11**(2-3): 225-248.
- , Akinniyi, J. A., Cameron, A. F., Connolly, J. D. & Mulholland, A. G. 1981. The absolute-configurations of (+)-usnic and (+)-isousnic acid - x-ray analyses of the (-)-alpha-phenylethylamine derivative of (+)-usnic acid and of (-)-pseudoplacodiolic acid, a new dibenzofuran, from the lichen *Rhizoplaca chrysoleuca*. *Tetrahedron Lett.* **22**(4): 351-352.
- , Himmelreich, U., Schmidt, J., John, V. & Zeybek, U. 1994. On the chemistry of lichens from Turkey - structure of nemetzon, the pigment of the apothecia from *Haematoma nemetzi*. *Z. Naturforsch.* **49**(11): 1561-1565.
- , Jakupovic, J. & Follmann, G. 1992. The final structures of the lichen chromones galapagin, lobodirin, mollin, and roccellin. *Z. Naturforsch.* **47**(3): 449-451.
- , Porzel, A., Schmidt, J., Feige, G. B. & Posner, B. 1993. Crustinic acid, a tridepside from *Umbilicaria crustulosa*. *Phytochemistry.* **32**(2): 475-477.
- , Schmidt, J. & Alstrup, V. 1995b. Lichen substances from Subfossil and recent *Umbilicaria cylindrica*. *Bibl. Lichenol.* **57**:231-239.
- , Steglich, W. & Höfle, G. 1977. Lichen components .113. Canarione, new naphthoquinone from *Usnea canariensis*. *Phytochemistry.* **16**(1): 121-123.
- Hutchison, L. J., Madzia, S. E. & Barron, G. L. 1996. The presence and antifeedant function of toxin producing secretory cells on hyphae of the lawn-inhabiting agaric *Conocybe lacteal*. *Can. J. Bot.* **74**(3): 431-434.
- Ingoldsdottir, K., Bloomfield, S. F. & Hylands, P. J. 1985. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of lichen metabolites as potential preservatives. *Antimicrob. Agents Ch.* **28**(2): 289-292.
- Jones, D. 1988. In Galun M (ed) *CRC Handbook of lichenology.* pp. 109-124. Vol III CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Jong, S. C. & Birmingham, J. M. 1992. Medicinal benefits of the mushroom *Ganoderma*. *Adv. Appl. Microbiol.* **37**: 101-134
- Katayama, M. & Marumo, S. 1978. Dolichol-23, a new metabolite with sporogenic activity, produced in submerged culture of *Sclerotinia fructicola*. *Agric. Biol. Chem.* **42**(10): 1967-1969.
- Kawahara, N., Nakajima, S., Satoh, Y., Yamazaki, M. & Kawai, K. 1988. Studies on fungal products .18. Isolation and structures of a new fungal depsidone related to nidulin and a new phthalide from *Emericella unguis*. *Chem. Pharm. Bull.* **36**(6): 1970-1975.
- Kern H. 1978. Naphthazarins of *Fusarium f. Spp.* *Ann. Phytopathol.* **10**(3): 327-345.
- & Naef-Roth S. 1965. The formation of phytotoxic pigments by fusaria of the Martiella group. *Phytopathol. Z.* **53**(1):45-64.
- Kim, G. Y., Park, H. S., Nam, B. H., Lee, S. J. & Lee, J. D. 2003. Purification and characterization of acidic proteo-heteroglycan from the fruiting body of *Phellinus linteus* (Berk. & M. A. Curtis) Teng. *Bioresource Technology.* **89**(1): 81-87.
- Kimura, Y., Fujioka, H., Nakajima, H., Hamasaki, T. & Isogai, A. 1988a. Isolation and structures of o-methyldihydrobotrydial and deacetyl-o-methyldihydrobotrydialone produced by *Botrytis squamosa*. *Agr. Biol. Chem.* **52**(7): 1845-1847.
- , Fujioka, H., Nakajima, H., Hamasaki, T. & Nakashima, R. 1993. BSF-A, a new plant-growth regulator produced by the fungus, *Botrytis squamosa*. *Biosci. Biotech. Bioch.* **57**(9): 1584-1585.
- , Hamasaki, T. & Nakajima, H. 1981. Isolation, identification and biological-activities of 8-o-methyl-javanicin produced by *Fusarium solani*. *Agr. Biol. Chem.* **45**(11): 2653-2654.
- , Mizuno, T., Nakajima, H. & Hamasaki, T. 1992a. Altechromone-a and altechromone-b, new plant-growth regulators produced by the fungus, *Alternaria sp.* *Biosci. Biotech. Bioch.* **56**(10): 1664-1665.
- , Nakajima, H. & Hamasaki, T. 1989a. Structure of rosellichalasin, a new metabolite produced by *Rosellinia necatrix*. *Agr. Biol. Chem.* **53**(6): 1699-1701.
- , Nakajima, H., Hamasaki, T., Sugawara, F., Parkanyi, L. & Clardy, J. 1989b. Pinthunamide, a new tricyclic sesquiterpene amide produced by a fungus, *Ampulliferina sp.* *Tetrahedron Lett.* **30**(10): 1267-1270.
- , Nishibe, M., Nakajima, H. & Hamasaki, T. 1991a. Vulculic acid, a pollen germination inhibitor produced by the fungus, *Penicillium sp.* *Agr. Biol. Chem.* **55**(4): 1137-1138.

- \_\_\_\_\_, Nishibe, M., Nakajima, H., Hamasaki, T., Shigematsu, N., Sugawara, F., Stout, J. T. & Clardy, J. 1992b. Emeniveol - a new pollen growth inhibitor from the fungus, *Emericella nivea*. *Tetrahedron Lett.* **33**(46): 6987-6990.
- \_\_\_\_\_, Nishibe, M., Nakajima, H., Hamasaki, T., Shimada, A., Tsuneda, A. & Shigematsu, N. 1991b. Hericerin, a new pollen growth inhibitor from the mushroom *Hericium erinaceum*. *Agr. Biol. Chem.* **55**(10): 2673-2674.
- \_\_\_\_\_, Shimada, A., Nakajima, H. & Hamasaki, T. 1988b. Structures of naphthoquinones produced by the fungus, *Fusarium sp.*, and their biological-activity toward pollen germination. *Agr. Biol. Chem.* **52**(5): 1253-1259.
- \_\_\_\_\_, Shiojima, K., Nakajima, H. & Hamasaki, T. 1992c. Structure and biological-activity of plant-growth regulators produced by *Penicillium sp.* *Biosci. Biotech. Bioch.* **56**(7): 1138-1139.
- \_\_\_\_\_, Tani, K., Kojima, A., Sotoma, G., Okada, K. & Shimada, A. 1996. Cyclo-(L-tryptophyl-L-phenylalanyl), a plant growth regulator produced by the fungus *Penicillium sp.* *Phytochemistry.* **41**(3): 665-669.
- King, T. J., Roberts, J. C. & Thompson, D. J. 1970. Structure of purpurogenone, a metabolite of *Penicillium purpurogenum stoll* an x-ray study. *J. Chem. Soc. Chem. Comm.* **22**: 1499-1502.
- Kinoshita, K., Matsubara, H., Koyama, K., Takahashi, K., Ypshimura, I., Yamamoto, Y., Higuchi, M., Miura, Y., Kinoshita, Y. & Kawai, K. I. 1994. *J. Hattori Bot. Lab.* **75**: 359-364.
- Kobayashi, A., Yata, S., Nino, T. & Kawazu, K. 1987. A new fungal naphthoquinone which stimulates the production of antifungal compounds in alfalfa callus. *Agr. Biol. Chem.* **51**(10): 2857-2860.
- Krohn, K., Bahramsari, R., Flörke, U., Ludewig, K., KlicheSpory, C., Michel, A., Aust, H. J., Draeger, S., Schulz, B. & Antus, S. 1997. Dihydroisocoumarins from fungi: Isolation, structure elucidation, circular dichroism and biological activity. *Phytochemistry.* **45**(2): 313-320.
- Künzler, K. & Eichenberger, W. 1997. Betaine lipids and zwitterionic phospholipids in plants and fungi. *Phytochemistry.* **46**(5): 883-892.
- Kurobane, I., Zaita, N. & Fukuda, A. 1986. New metabolites of *Fusarium-martii* related to dihydrofusarubin. *J. Antibiot.* **39**(2): 205-214.
- Laseter, J. L., Weete, J. D. & Walkinshaw, C. H. 1973. Volatile terpenoids from aeciospores of *Conartium fusiforme*. *Phytochemistry.* **12**(2): 387-390.
- Lawrey, J. D. 1986. Biological role of lichen substances. *Bryologist.* **89**(2): 111-122.
- Lown, J. W. & Sim, S. K. 1976. Studies related to antitumor antibiotics. Cleavage of DNA by streptonigrin analogs and relationship to antineoplastic activity. *Can. J Biochem. Cell B.* **54**(5): 446-452.
- Lumbsch, H. T. 2002. In Kranner, I. C., Beckett, R. P. & Varma, A. K. (eds). "Analysis of Phenolic products in lichens for identification and taxonomy" In protocols in lichemology. pp. 281-295. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Macias, F.A., Varela, R. V., Torres, A., Molinillo, J. M. G. & Castellano D. 1997. In Macias, F. A. Molinillo, J. M.G., Galindo, J. C. G. & Cutler, H. G. (eds). A science for the future. Vol. I. CAB Publishers, United Kingdom.
- Mahandru, M. M. & Tajbakhsh, A. 1983. Fulgoicin, a new depsidone from the lichen *Fulgensia fulgida* (nyl) szat. *J. Chem. Soc. Perk. Trans I.* **9**: 2249-2251.
- Marante, F. J. T., Castellano, A. G., Rosas, F. E., Aguiar, J. Q. & Barrera, J. B. 2003. Identification and quantitation of allelochemicals from the lichen *Lethariella canariensis*: Phytotoxicity and antioxidative activity. *J. Chem. Ecol.* **29**(9): 2049-2071.
- Marcinkowska, J., Kraft, J. M. & Marquis, L. Y. 1982. Phytotoxic effects of cell-free cultural filtrates of fusarium-solani isolates on virulence, host specificity and resistance. *Can. J. Plant. Sci.* **62**(4): 1027-1035.
- Martin, J. F. & Demain, A. L. 1980. Control of antibiotic biosynthesis. *Microbiol. Rev.* **44**(2): 230-251.
- Mathey, A. 1986. De in situ lichenum investigatione. These Doctorale. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris.
- Medentsev A. G. & Akimenko V. K. 1998. Naphthoquinone metabolites of the fungi. *Phytochemistry.* **47**(6): 935-959.
- Mizuno, T., Saito, H., Nishitoba, T. & Kawagishi, H. 1995. Antitumor-active substances from mushrooms. *Food Reviews Int.* **11**(1): 23-61.
- Naefroth, S. & Kern, H. 1985. Growth and spore formation of a swiss race of *Puccinia graminis* f-sp tritici invitro. *Phytopathol. Z.* **114**(2): 134-148.
- Nagaraj, G., Uma, M. V., Shivayogi, M. S. & Balaram, H. 2001. Antimalarial activities of peptide antibiotics isolated from fungi. *Antimicrobial agents and chemotherapy.* **45**(1): 145-149.
- Namatame, I., Tomoda, H., Arai, M. & Omura, S. 2000. Effect of fungal metabolites cytochalasans on lipid droplet formation in mouse macrophages. *J. Antibiotics.* **53**(1): 19-25.
- Nakajima, H., Fukuyama, K., Kimura, Y. & Hamasaki, T. 1992. Absolute stereochemistry of neovasinin, a phytotoxin produced by the fungus, *Neocosmospora vasinfecta*. *Biosci. Biotech. Bioch.* **56**(7): 1138-1139.
- Nakajima, H., Shimomura, K., Furumoto, T. & Hamasaki, T. 1996. Neovasipyridones related to neovasinin, a phytotoxin of the fungus *Neocosmospora*. *Phytochemistry.* **43**(5): 1015-1017.
- Nakanishi, T., Murata, H., Inatomi, Y., Inada, A., Murata, J., Lang, F. A., Yamasaki, K., Nakano, M., Kawahata, T., Mori, H. & Otake, T. 1998. Screening of anti-HIV-1 activity of north American plants. Anti-HIV-1 activities of plant extract, and active components of *Lethalia vulpine* (L.) Hue. *Natural Medicines.* **52**(6): 521-526.
- Neamati, N., Hong, H., Mazumder, A., Wang, S., Sunder, S., Nickalus, M. C., Milne, G. W. A., Proksa, B. & Pommier, Y. 1997. Depsides and Depsidones as Inhibitors of HIV-1 Integrase: Discovery of Novel Inhibitors through 3D Database Seaching. *J. Med. Chem.* **40**(6): 942-951.
- Nemec, S. Baker, R. A. & Tatum, J. H. 1988. Toxicity of dihydrofusarubin and isomarticin from *Fusarium solani* to citrus seedlings. *Soil. Biol. Biochem.* **20**(4): 493-499.

- Nishitoba, Y., Nishimura, H., Nishiyama, T. & Mizutani, J. 1987. Lichen acids, plant-growth inhibitors from *Usnea longissima*. *Phytochemistry*. **26**(12): 3181-3185.
- Nukina, M. & Marumo, S. 1977. Radicinol, a new metabolite of *Cochliobolus lunata*, and absolute stereochemistry of radicinin. *Tetrahedron Lett.* **37**: 3271-3272.
- Parisot, D., Devys, M. & Barbier, M. 1990. Naphthoquinone pigments related to fusarubin from the fungus *Fusarium solani* (mart) sacc. *Microbios*. **64**(258): 31-47
- \_\_\_\_\_, Maugin, M. & Gerlinger, C. 1981. Genetic and epigenetic factors involved in the excretion of naphthoquinone pigments into the culture-medium by *Nectria haematococca*. *J. Gen Microbiol.* **126**: 443-457.
- Peipp, H., Maier, W., Schmidt, J., Wray, V. & Strack, D. 1997. Arbuscular mycorrhizal fungus-induced changes in the accumulation of secondary compounds in barley roots. *Phytochemistry*. **44**(4): 581-587.
- Piattelli, M & DeNicola, M. G. 1968. Anthraquinone pigments from *Xanthoria parietina* (L). *Phytochemistry*. **7** (7): 1183-1187.
- Plattner, R. D. 1986. In Cole, R. J. (ed). *Modern methods in the analysis and structural elucidation of mycotoxins*. pp. 393-414. Academic Press, Orlando, Florida.
- Rancan, F., Rosan, S., Boehm, F., Piazena, H. & Oltmanns, U. 2002. Protection against UVB irradiation by natural filters extracted from lichens. *J. Photochem. Photobiol. B: Biology*. **68**(2-3): 133-139.
- Rebordinos, L., Cantoral, J. M., Prieto, M. V., Hanson, J. R. & Collado, I. G. 1996. The phytotoxic activity of some metabolites of *Botrytis cinerea*. *Phytochemistry*. **42** (2): 383-387.
- Rezanka, T. & Dembitsky, V. 1999. Novel brominated lipidic compounds from lichens of Central Asia. *Phytochemistry*. **51**(8): 963-968.
- Rice, E. L. 1979. Allelopathy – update. *Bot. Rev.* **45**: 15-109
- Romagni, J. G. & Dayan, F.E. 2002. In Upadhyay, R. K. (ed) *Structural diversity of lichen metabolites and their potential use* In *Advanced in Microbial toxin research and its biotechnological exploitation*. pp. 151-169. Kluwer Academic, New York.
- \_\_\_\_\_, Rosell, R. C., Nanayakkara, N. P. D. & Dayan, F. E. 2004. In Macias, F. A. (ed.). *Ecophysiology and potential modes of action for selected lichen secondary metabolites. In allelopathy*. pp. 13-33. CRC press LLC, Boca Raton, Fla.
- Rundel, P. W. 1978. Ecological role of secondary lichen substances. *Biochem. Syst. Ecol.* **6**(3): 157-170.
- Rycroft, D.S., Connolly, J. D., Hüneck, S. & Himmelreich, U. 1995. Revised structure of haemovosin. *Z. Naturforsch. B.* **50**(10): 1557-1563.
- Saengchantara, S.T., & Wallace, T.W. 1986. Chromanols, chromanones and chromones. *Nat. Prod. Rep.* **3**(5): 465-475.
- Sakamura, S., Ichihara, A. & Yoshihara, T. 1988. In Cutler, H. G. (ed.). *Biologically Active Natural Products, Potential use in Agriculture*, pp. 57-63. American Chemical Society Symposium Series 380. Washington DC.
- Schulz, B., Sucker, J., Aust, H. J., Krohn, K., Ludewig, K., Jones, P. G., & Doring, D. 1995. Biologically-active secondary metabolites of endophytic *Pezizula* species. *Mycol. Res.* **99**: 1007-1015.
- Shibamoto, T. & Wei, C. I. 1984. Mutagenicity of lichen constituents. *Environ. Mutagen.* **6**(5): 757-762.
- Shibuya, M., Ebizuka, Y., Noguchi, H., Iitaka, Y. & Sankawa U. 1983. Inhibition of prostaglandin biosynthesis by 4-O-methylcryptochlorophaeic acid synthesis of monomeric arylcarboxylic acids for inhibitory activity testing and x-ray-analysis of 4-o-methylcryptochlorophaeic acid. *Chem. Pharm. Bull.* **31**(2): 407-413.
- Shimada, S., Saitoh, T., Namiki, Y., Sankawa, U. & Shibata, S. 1980. New siphulin derivatives from the lichen *Siphula ceratites*. *Phytochemistry*. **19**(3): 467-469.
- Shukla, Y. N., Tandon, J. S., Bhakuni, D. S. & Dhar, M. M. 1971. Naphthaquinones of *Arnebia nobilis*. *Phytochemistry*. **10**(8): 1909-1911.
- Singh, P. & Anchel, M. 1971. Metabolic products of *Clitocybe-illudens*. 8. Atromentic acid from *Clitocybe illudens*. *Phytochemistry*. **10**(12): 3259-3261
- Sinha, S. C. & Keinan, E. 1994. Short synthesis of (+)-aspicilin via asymmetric hexahydroxylation of a triene. *J. Org. Chem.* **59**(5): 949-951.
- Smith J. E., Rowan, N. J. & Sullivan, R. 2002. Medicinal mushrooms: a rapidly developing area of biotechnology for cancer therapy and other bioactivities. *Biotechnology Letters*. **24**: 1839-1845.
- Smith, M. T., Evans, C. G., Thor, H. & Orrenius, S. 1985. In *Oxidative Stress*. Academic Press, London.
- Solberg, Y. J. 1986. Chemical constituents of the lichen species *Cetraria islandica*. *J. Hattori Bot. Lab.* **60**:391-406.
- Soledae, M. & Pedras, C. 2001. Phytotoxins from fungi causing blackleg disease on crucifers: isolation, structure determination, detection, and phytotoxic activity. *Recent. Res. Devel. Phytochem.* **5**: 109-117.
- Stark, A. A., Kobbe, B., Matsuo, K, Büchi, G., Wogan, G. N. & Demain, A. L. 1978. Mollicellins - mutagenic and antibacterial mycotoxins. *Appl. Environ. Microbiol.* **36**(3): 412-420.
- Steglich, W. & Reininge, W. 1970. A synthesis of endocrocin, endocrocin-9-anthrone, and related compounds. *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **3**: 178.
- Stoessl, A. 1981. In Durbin, R. B. (ed). *Toxins in plant disease*. Academic Press, New York.
- Stuel-Campelo, P. Ma., De Oliveira, M. B. M., Leao, A. M. A. C., Carbonero, E. R., Gorin, P. A. J. & Lacomini, M. 2002. Effect of a soluble  $\alpha$ -D-glucan from the lichenized fungus *Ramalina celastri* on macrophage activity. *Int. Immunopharmacol.* **2**(5): 691-698.
- Sugawara, H., Kasuya, A., Iitaka, Y. & Shibata, S. 1991. Further studies on the structure of retigeranic acid. *Chem. Pharm. Bull.* **39**(11): 3051-3054.
- Tabacchi, R. & Tsoupras, G. 1987. The chemical composition of *Letharia vulpina* (L.). *Bibli. Lichenol.* **25**: 475-480.

- Takai, M., Uehara, Y. & Beisler, J. A.** 1979. Usnic acid-derivatives as potential anti-neoplastic agents. *J. Med. Chem.* **22**(11): 1380-1384.
- Tatum, J. H., Baker, R. A. & Berry, R. E.** 1987. Naphthofurans produced by *Fusarium oxysporum* isolated from citrus. *Phytochemistry*. **26**(9): 2499-2500.
- Thomson, R. H.** 1971. Naturally Occurring Quinones. Academic Press, London.
- Trifonov, L. S., Chakravarty, P., Hiratsuka, Y. & Ayer, W. A.** 1992. Antifungal activity of metabolites of *Peniophora polygonia* against the aspen decay fungus *Phellinus tremulae*. *Eur. J. Forest. Pathol.* **22**(6-7): 441-448.
- Tsavelova, E. A., Cherdintseva, T. A. & Netrusov, A. J.** 2003. Synthesis of phytohormones by fungi associated with orchids. *Mikologiya I fitopatologiya*. **37**(5): 75-83.
- Turner, W. B. & Aldridge, D. C.** 1983. Fungal Metabolites II. Academic Press, London
- . 1971. Fungal Metabolites. Academic Press, London.
- Umezawa, K., Muramatsu, S., Ishizuka, M., Sawa, T., Takeuchi, T. & Matsushima, T.** 1983. Inhibition of histidine-decarboxylase and tumor promoter-induced arachidonic-acid release by lecanoric acid analogs. *Biochem. Bioph. Res. Commun.* **110**(3): 733-739.
- Vinning, L. C.** 1985. Antibiotic biosynthesis. *Biotechnol. Adv.* **3**(2): 171-194.
- Vogel, F. S., Kemper, L. A. K., McGarry, S. J. & Graham, D. G.** 1975. Cytostatic, cytotoxic and potential antitumor properties of a class of quinoid compounds, initiators of dormant state in spores of *Agaricus bisporus*. *Am. J. Pathol.* **78**(1): 33-48.
- Wasser S. P. & Weis, A. L.** 1999. Therapeutic effects of substances occurring in higher basidiomycetes mushrooms: a modern perspective. *Critical Rev. in Immunology*. **19**: 65-96.
- Watts, P., Kittakoop, P., Veeranondha, S., Wanasith, S., Thongwichian, R., Saisaha, P., Intamas, S. & Hywel-Jones, N. L.** 2003. Cytotoxicity against insect cells of entomopathogenic fungi of the genera *Hypocrealla* (anamorph *Aschersonia*): possible agents for biological control. *Mycol. Res.* **107**(5): 581-586.
- Werner, R. G., Appel, K. R. & Merck, W. M. A.** 1979. Gunacin, a new quinone antibiotic from *Ustilago sp.* *J. Antibiot.* **32**(11): 1104-1111.
- Whiton, J. C. & Lawrey, J. D.** 1982. Inhibition of *Cladonia cristatella* and *Sordaria fimicola* ascospore germination by lichen acids. *Bryologist.* **85**(2): 222-226.
- Whiton, J. C. & Lawrey, J. D.** 1984. Inhibition of crustose lichen spore germination by lichen acids. *Bryologist.* **87**(1): 42-43.
- Yamamoto, Y., Miura, Y., Higuchi, M., Kinoshita, Y. & Yoshimura, I.** 1993. Using lichen tissue-cultures in modern biology. *Bryologist.* **96**(3): 384-393.
- , **Nishimura, K. I. & Kiriya, N.** 1976. Studies on metabolic products of *Aspergillus terreus* .1. Metabolites of strain ifo 6123. *Chem. Pharm. Bull.* **24**(8): 1853-1859.
- Yang, B., Ye, J., Bao, H., Liu, J. & Dong, Z.** 2002. Study on phytotoxic activity of LA-I and La-II produced by brown spot needle blight fungus *Lecanosticta acicola*. *Linze Kexue.* **38**(4): 84-88.
- Yang, D. M., Takeda, N., Itaka, Y., Sankawa, U. & Shibata, S.** 1973. Structures of eumitrins A1, A2 and B yellow pigments of lichen, *Usnea bayleyi*. *Tetrahedron.* **29**(3): 519-528.

Recibido el 20 de octubre de 2003

Aceptado para su publicación el 2 de julio de 2004