

96



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: María Dolores Hernández
Castillo

FECHA: 27 Septiembre 2002

FIRMA: María Dolores Hernández C.

“ABUNDANCIA DE HONGOS MARINOS ARENÍCOLAS DE ALGUNAS PLAYAS DE CANCÚN, QUINTANA ROO, MÉXICO”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G A
P R E S E N T A :
MARÍA DOLORES HERNÁNDEZ CASTILLO

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. MARIA DEL CARMEN AUXILIO GONZALEZ VILLASEÑOR



MÉXICO D.F.

2002



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA.

Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunico a usted que hemos revisado el trabajo escrito: "Abundancia de hongos marinos arenícolas de algunas playas de Cancún, Quintana Roo, México."

realizado por *María Dolores Hernández Castillo*

con número de cuenta 9653270-0, quién cubrió los créditos de la carrera de *Biología*.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

Dra. María del Carmen Auxilio González Villaseñor *Armeny*

Propietario

Dr. Teófilo Herrera Suárez *T. Herrera*

Propietario

Dr. Miguel Armando Ulloa Sosa *Miguel Ulloa Sosa*

Suplente

M. en C. Celia Elvira Aguirre Acosta *C. Elvira Aguirre A.*

Suplente

Dr. Sigfrido Sierra Galván *Sigfrido Sierra Galván*

FACULTAD DE CIENCIAS
U. N. A. M.

Consejo Departamental de *Biología*

Juan Manuel Rodríguez Chávez
M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez
Coordinador de *Biología*



DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA

CONTENIDO

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Definición, importancia y objetivos de la investigación	1
2 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	6
3 MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1 Área de estudio.	11
3.2 Muestreo.	17
3.3 Procesamiento del material, identificación y conservación de los hongos.	18
3.4 Análisis de los datos.	20
4 RESULTADOS	23
5 DISCUSIÓN	30
6 BIBLIOGRAFÍA CITADA	33

AGRADECIMIENTOS

A la Dra, Mary Carmen por el gran apoyo académico y a nivel personal que me brindo durante la realización de esta proyecto. Gracias por sus consejos a todos los niveles los cuales me han servido y me servirán para alcanzar mis metas.

A la M. En C. Elvirita, Dr. Ulloa. Dr. Sigfrido y al Dr. Herrera por haber aceptado ser mi jurado y por el interés y la rapidez con la que revisaron este trabajo sin lo cual no hubiera sido posible llegar a término.

A Vicky, Julio César, Mario y Juan Carlos por que son una parte muy importante en mi vida, mil gracias por todas esas horas invertidas en pláticas y consejos, de verdad que ha sido fabuloso tenerlos a mi lado durante este tiempo y poder decir que son *mis mejores amigos*. Gracias por todo lo que me han enseñado.

A Allan Chavarría mil gracias por todas las horas de trabajo invertidas en la revisión y realización de este trabajo pero más aun por haberme permitido ser tu amiga.

DEDICATORIA

A ti mami, por que con tu gran amor, tu eterno ejemplo de esfuerzo y dedicación, tus sacrificios y tenacidad me enseñaste el camino para poder lograr esta meta. Estoy muy orgullosa de poder decir que eres *mi mamá*.

A ti abue, por tus cuidados, por tu amor y por haber consagrado tu tiempo y lo más importante: tu vida, a nosotras. Gracias por ser para siempre *mi segunda mamá*.

A ti Cris, por el simple hecho de ser mi hermana, porque si no existieras nada podría ser igual. Gracias por enseñarme a ver la otra cara de la moneda.

A ti Pau, porque llegaste a iluminar mi vida y te convertiste en uno de los motores que me animan a seguir adelante

A ti Ramón A. por el apoyo, los consejos y el animo que me diste para poder lograr este proyecto, pero sobretodo por compartir un pedazo de tu vida conmigo. Gracias por ser "Ohana".

RESUMEN

En el suelo arenoso de las playas costeras habitan los hongos marinos que se caracterizan por crecer y esporular exclusivamente en ese hábitat. En México se conoce poco sobre la abundancia de los micromicetes marinos que habitan en las playas costeras, especialmente en lo que se refiere a las playas turísticas. Dichos hongos realizan una acción ecológica relevante en esos ambientes al mantener su funcionamiento a pesar de estar impactados por el hombre. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue estimar la abundancia de los hongos marinos en 10 playas de Cancún, Quintana Roo, donde se localiza uno de los destinos turísticos de México. Se estudiaron 10 playas localizadas en el litoral del mar Caribe: Playa Perlas, Playa Linda, Playa Langosta, Playa Tortugas, Playa Caracol, Playa Chac Mool, Playa Gaviota, Playa Marlin, Playa Ballenas, Playa Delfines, y, en forma adicional, una playa de la Reserva de la Biósfera de la Isla Contoy. De un total de 550 unidades de muestra que se examinaron, 77% de ellas presentaron hongos marinos. Se registraron 10 especies de hongos marinos arenícolas, de las cuales la más abundante fue *Lindra thalassiae* (42.5%), seguida por *Corollospora maritima* (41.6%). La Playa Caracoles fue la que presentó la máxima abundancia.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 DEFINICIÓN, IMPORTANCIA Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Las playas marinas son, desde el punto de vista biológico y ecológico, ecotonos interesantes y complejos por su biota diversa, su diferente origen geológico, la variación de factores, principalmente edafológicos, climatológicos, físicos y químicos. Dicho ambiente contiene una gran variedad de microhábitat, cada uno ofrece una posibilidad de alojamiento para microorganismos de diferentes phyla que están adaptados para vivir sobre o en los intersticios de los granos de arena, como las bacterias, hongos, protozoarios, algas y pequeños artrópodos. Los microorganismos que habitan en ese ambiente se denominan marinos arenícolas o marinos endopsamófilos (Lewis, 1977). En el endopsamón existen hongos de todos los phyla del reino (Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota, Basidiomycota y diversos taxones de hongos mitospóricos) (Hyde y Alias, 2000).

Los taxa del endopsamón se agrupan ecológicamente en diferentes categorías. Uno de dichos grupos incluye tres categorías: 1) hongos no marinos, de origen terrestre o de agua dulce que no pueden crecer en el ambiente marino, 2) hongos marinos facultativos, de origen terrestre o de agua dulce que pueden completar su ciclo de vida en el ambiente marino o estuarino, y 3) hongos marinos, son los que solamente pueden completar su ciclo de vida en el medio marino o estuarino (Kohlmeyer y Kohlmeyer, 1979a). En la arena de las playas marinas se encuentran especies de hongos marinos

nativos y que se pueden reconocer por las características morfológicas y fisiológicas altamente especializadas que presentan. Dichas especies son las que se consideran verdaderamente marinas arenícolas *sensu stricto*. En el endopsamon también se encuentran especies marinas introducidas, que provienen de otros hábitat marinos o estuarinos, como los manglares y marismas. Estas últimas son capaces de crecer y reproducirse en ese ambiente por lo que se consideran marinas arenícolas *sensu lato*. Estos dos tipos de hongos constituyen otro grupo ecológico. Todos los tipos de hongos descritos en este párrafo coexisten en el mismo ambiente, lo que hace difícil su estudio.

En general se conoce poco sobre los hongos marinos, a pesar de la gran importancia que tienen estos microorganismos. En el endopsamon los hongos marinos tienen gran importancia ecológica porque degradan la materia orgánica y los compuestos que no pueden ser utilizados por otros organismos, como la celulosa, la lignina, la quitina y la queratina, por lo que contribuyen al reciclaje de los nutrimentos, principalmente en la mineralización de las fuentes de carbono y en el movimiento de la energía en ese ambiente, y conforman la base de la cadena trófica en los ambientes costeros y oceánicos (Hyde *et al* 1998).

A pesar de que la mayoría de los hongos arenícolas son saprobios, en las playas pueden habitar algunas especies oportunistas y patógenas del hombre al que le causan diferentes tipos de micosis, como la aspergilosis, candidiasis, cromomicosis, dermatomicosis, mucormicosis, onicomosis y otomicosis (González, 1993). Esto puede constituir un problema de salud pública, principalmente para las personas con su sistema de defensa inmunodeprimido, por lo que la detección oportuna de estos hongos en la arena de la playa puede ser útil en la prevención y control de dichas enfermedades.

En los últimos años se ha comenzado a valorar el potencial económico que representan ciertos grupos de organismos, incluyendo los hongos. Particularmente, los micromicetes son una fuente constante de nuevos compuestos metabólicos de gran importancia para el hombre, por lo que los hongos marinos arenícolas son un recurso potencial que se debe explorar, ya que probablemente se encuentren nuevas sustancias bioactivas de interés biotecnológico en el área alimenticia, agrícola y farmacéutica. De algunos hongos marinos arenícolas se han obtenido ácidos grasos como el oleico, palmítico y linoleico, así como muchos aminoácidos (Kirk *et al.*, 1991).

Cuando existe contaminación en las costas con petróleo, éste desaparece gradualmente gracias a una combinación de agentes naturales. Hay cierta degradación fotoquímica causada por radiaciones ultravioleta, pero el proceso más importante es la biodegradación por microorganismos. Algunos hongos marinos arenícolas tienen la capacidad de degradar algunos compuestos del petróleo (n-hexadecano, 1-hexadecano, pristano, n-tetradecano) por lo que son microorganismos con gran potencial para ser usados como control biológico, ya que eliminan del medio natural los hidrocarburos y contribuyen en la reconstrucción ambiental (Kirk *et al.*, 1991). Otro aspecto con importancia, es la biodeterioración de materiales, puesto que estos hongos degradan la madera y causan pérdidas económicas al dañar muelles, pilotes, rompeolas y otras estructuras de madera colocadas por el hombre en el mar.

La diversidad biológica y su conservación, es en uno de los problemas ecológicos que mayor atención ha recibido en la última década. Los estudios en este campo se han dirigido principalmente al hábitat terrestre, pero recientemente ha habido una tendencia al incremento de las investigaciones en el ambiente marino. Los océanos representan

alrededor del 75% de la superficie de nuestro planeta y aunque constituyen un enorme reservorio de biodiversidad, se estima que sólo el 15% de las especies conocidas son marinas (Brigg, 1994). En los últimos años se ha reconocido la importancia de los ecosistemas marinos como fuentes de diversidad microbiana, por lo que la microbiología ha desarrollado el estudio de los microorganismos marinos para comprender su papel en los procesos biológicos que ocurren en los océanos. El medio marino posee características únicas y formas de vida que han evolucionado y que están expuestas a condiciones ambientales muy diferentes a las formas de vida terrestres. Estas diferencias son la causa principal de la diversidad morfológica, fisiológica y bioquímica de las especies marinas (Jones y Mitchell, 1996).

En la actualidad, se encuentran descritas aproximadamente 74 000 especies de hongos de las 1.5 millones de especies que se estima viven en la Tierra (Hawksworth, 2001). De las 74 000 especies de hongos, solamente 444 son marinas y de éstas, 26 son especies marinas arenícolas *sensu stricto* (Hyde y Alias, 2000). En México se encuentran registradas aproximadamente 6 710 especies de hongos (Guzmán, 1998), de las cuales 62 son especies marinas, y, de éstas, 10 son especies marinas arenícolas *sensu stricto* (González *et al.* 2000). Estos estimados muestran la falta de conocimiento de los hongos, y por lo tanto, la necesidad de realizar investigaciones más profundas y sistemáticas, específicamente con respecto a los micromicetes marinos arenícolas, sobretodo si se considera que México es un país con megadiversidad y extensos litorales (9 753 km) en el Océano Pacífico, Golfo de México y mar Caribe, a lo largo de los cuales se encuentran playas con diferente complejidad. En México se conoce poco acerca de la abundancia de los micromicetes marinos que habitan en las playas costeras, especialmente en lo que se

refiere a las playas turísticas (González y Herrera, 1993; González *et al.*, 2000).

Con base en lo anterior el objetivo de esta investigación fue:

1. Estimar la abundancia de hongos marinos arenícolas de 10 playas de Cancún, y una playa de la Isla Contoy, Quintana Roo, México, con la finalidad de contribuir al conocimiento de la diversidad fúngica.

Para lograr el objetivo anterior se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar la información bibliográfica sobre el tema mediante la revisión de la información existente y la búsqueda de la información actual.
2. Recolectar, aislar e identificar los hongos marinos arenícolas de las playas estudiadas.
3. Estimar la abundancia de las especies de hongos marinos registrados en las playas estudiadas.
4. Conservar, coleccionar e integrar los hongos en el micetario de Instituto de Biología, UNAM.

2 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Los hongos marinos arenícolas *sensu stricto* son los nativos del endopsamón y presentan características que los distinguen, tanto de las especies extranjeras, como de las especies marinas facultativas y no marinas que también habitan en ese ecotono. Como una adaptación a dicho ambiente, estos hongos arenícolas presentan: 1) producción profusa de micelio que adhiere los granos de arena para poder resguardarse y vivir entre ellos, 2) formación de un subículo secundario para adherir fuertemente el ascoma al grano de arena, 3) presencia de un peritecio resistente, carbonáceo, como una medida para protegerse de la intensa radiación solar, abrasión y otros factores adversos, 4) posición lateral-horizantal del cuello ostiolar del ascoma para protegerse de la abrasión que se genera debido al movimiento de las olas del mar, 5) ascosporas y conidiosporas ornamentadas con apéndices especializados filamentosos, cubiertos con una sustancia adhesiva para poder adherirse a los sustratos (Koch y Jones, 1984).

Al romperse las olas del mar en la playa, las ascosporas de los hongos marinos arenícolas se adhieren a los granos de arena y a los sustratos nutritivos e inmediatamente comienzan a germinar formando un micelio abundante. El hongo obtiene sus nutrimentos de restos orgánicos compuestos principalmente por celulosa, lignina y quitina. Posteriormente, cuando las condiciones del ambiente son propicias, producen ascocarpos sobre los granos de arena, fragmentos de conchas, troncos, tallos, hojas, algas u otros materiales duros, a los cuales se adhieren fuertemente por medio de un subículo. Cuando los peritecios alcanzan la madurez liberan las ascosporas y éstas quedan suspendidas tanto en el agua como en la espuma de las olas del mar. Estos

ascomicetes también pueden reproducirse asexualmente y los anamorfos forman conidiosporas a partir de conidióforos libres. El movimiento de las olas del mar y las corrientes marinas dispersan las esporas (ascosporas y/o conidiosporas) y las depositan en otro lugar de la misma playa o de otras playas cercanas o muy distantes arenícolas (Kohlmeyer y Kohlmeyer, 1979).

Las especies consideradas marinas arenícolas *sensu stricto* son los ascomicetes *Arenariomyces majusculus* Kohlmeyer et Volkmann-Kohlmeyer, *A. parvulus* Koch, *A. trifurcatus* Höhnk, *A. triseptatus* Kohlmeyer, *Corollospora angusta* Nakagiri et Tokura, *C. armoricana* Kohlmeyer et Volkmann-Kohlmeyer, *C. besarispora* Sundari, *C. californica* Kohlmeyer et Volkmann-Kohlmeyer, *C. cinnamomea* Koch, *C. colossa* Nakagiri et Tokura, *C. filiformis* Nakagiri, *C. fusca* Nakagiri et Tokura, *C. gracilis* Nakagiri et Tokura, *C. intermedia* I. Schmidt (anamorfo: *Varicosporina prolifera* Nakagiri), *C. lacera* (Linder) Kohlmeyer, *C. luteola* Nakagiri et Tubaki (anamorfo: *Sigmoidea luteola* Nakagiri et Tubaki), *C. maritima* Werdermann, *C. novofusca* Kohlmeyer et Volkmann-Kohlmeyer, *C. pseudopulchella* Nakagiri et Tokura, *C. pulchella* Kohlmeyer, Schmidt et Nair (anamorfo: *Clavatospora bulbosa* (Anastasiou) Nakagiri et Tubaki), *C. quinqueseptata* Nakagiri y los deuteromicetes *Dendryphiella arenaria* Nicot, *Varicosporina ramulosa* Meyers et Kohlmeyer (Hyde, et al., 2000; Kohlmeyer y Kohlmeyer, 1979; Tokura, 1982, 1984; Koch y Jones, 1984; Nakagiri y Tubaki, 1982, 1985; Nakagiri, 1986, 1988; Kohlmeyer y Volkmann-Kohlmeyer, 1991b,c).

Corollospora es el género que incluye más especies dentro de la familia Halosphaeriaceae. Sólo tiene representantes marinos e incluye hasta el presente 17

especies, de las cuales, *C. maritima* es la más frecuente porque es cosmopolita (Hyde, et al., 2000).

Desde el punto de vista evolutivo, los hongos marinos se dividen en primarios y en secundarios. Esta hipótesis propone que los hongos marinos primarios evolucionaron directamente de ancestros marinos que ocuparon el ambiente terrestre y retornaron en forma secundaria a los hábitat marinos (Kohlmeyer y Kohlmeyer, 1979). Con respecto a los ascomicetes marinos, se considera que evolucionaron de acuerdo a dos rutas posibles. En la primera, se cree que evolucionaron de un ancestro marino, posiblemente parásito de las algas rojas (ascomicetes marinos primarios), y en la segunda, que evolucionaron de sus contrapartes terrestres (hongos marinos secundarios) (Kohlmeyer y Kohlmeyer, 1979).

El descubrimiento de los micromicetes marinos arenícolas se debe a Desmazières en 1849. A pesar de ello, su status fue confuso (Bauch, 1936; Duché, 1931) hasta que Kohlmeyer y Kohlmeyer (1979), Rees *et al.* (1979), Kohlmeyer (1981) y Tokura (1984), establecieron la existencia indudable de estos hongos en la arena de la playa. Esto fue posible gracias al empleo de técnicas específicas para el aislamiento de los micromicetes arenícolas (Koch, 1974).

Desde su descubrimiento, los estudios que se han llevado a cabo sobre los hongos del endopsammon, son escasos y recientes. La mayoría de ellos han sido reportes en los que se describe la micoflora y/o nuevos registros encontrados en diversas playas (Kohlmeyer, 1967; Tubaki, 1968; Kohlmeyer, 1971; Warner-Merner, 1972; Koch, 1974; Gessner y Lamore, 1978; Kohlmeyer, 1981; Tokura, 1982, 1984; Grasso et al., 1985; Farrant, et al., 1985; Raghu-Kumar, 1986; Koch, 1986; Kohlmeyer, 1989; Kohlmeyer y

Volkman-Kohlmeyer, 1991; González y Herrera, 1993; González, *et al.*, 2000) o bien, en los que se describen nuevas especies (Kohlmeyer, 1977; Koch y Jones, 1984; Koch, 1986; Nagakiri, 1987; Kohlmeyer y Volkman-Kohlmeyer, 1987, 1989, 1991; Sundari *et al.*, 1996; Abdel-Wahab *et al.*, 1999; Hyde *et al.*, 1999; Whalley, *et al.*, 2000; Prasannarai *et al.* 2000).

Asimismo, existen estudios relacionados con aspectos sistemáticos y taxonómicos (Kohlmeyer 1971, 1977, 1981, 1984; Kohlmeyer *et al.*, 2000) siendo *Corollospora* el género más estudiado (Jones *et al.*, 1982; Nakagari, 1987; Kohlmeyer y Volkman-Kohlmeyer, 1991a). En la taxonomía de los micromicetes arenícolas, la ornamentación de los apéndices de las esporas son caracteres importantes para su identificación (Kohlmeyer y Kohlmeyer, 1964, 1968, 1971; Jones y Moss, 1978; Rees, 1980; Rees y Jones, 1984).

El conocimiento actual sobre la distribución geográfica de los micromicetes endopsamófilos es aún limitado (Kohlmeyer, 1976, 1983, 1984, 1986; Kohlmeyer y Volkman-Kohlmeyer, 1993).

Debido a que la mayoría de los estudios han sido de manera ocasional y azarosa, la fisiología y bioquímica (Kirk, 1980; Bebout *et al.*, 1987; Kirk *et al.*, 1991; Rohrmann *et al.*, 1992; Clipson y Houley, 1995; Bacic y Yoch, 1998) así como su ecología (Rees *et al.*, 1979; Rees y Jones, 1985; Kohlmeyer y Kohlmeyer, 1993; Hyde *et al.*, 1998; González *et al.*, 1998) no está bien investigada.

La acción degradadora de los hongos marinos arenícolas sobre sustratos específicos, ha sido de interés para algunos investigadores (Leightley, 1980). La biodegradación de hidrocarburos de origen natural o antropogénico, a pesar de no estar

bien estudiada, muestra que los hidrocarburos del endopsamon son degradados (Pritchard y Costa, 1991) gracias en parte, a la presencia de estos hongos (Kirk y Gordon, 1998; Kirk *et al.*, 1991).

Los micromicetes del endopsamon han tenido un impacto en las ciencias médicas desde que se descubrió que no solamente causan enfermedades a las personas que visitan las playas (Carrillo-Muñoz y Torres Rodríguez, 1990; Kishimoto y Baker, 1969), sino que también producen sustancias con actividad antimicrobiana que son útiles en el tratamiento de infecciones causadas por bacterias (Gear *et al.*, 1998; Fenical y Jensen, 1993; Bernan *et al.*, 1997).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Áreas de estudio.

Para investigar la abundancia de los hongos marinos arenícolas se estudiaron un total de 11 playas turísticas localizadas en el estado de Quintana Roo, 10 situadas en la Isla de Cancún: Playa Las Perlas, Playa Linda, Playa Langosta, Playa Tortugas, Playa Caracol, Playa Gaviota, Playa Chac Mool, Playa Marlín, Playa Ballenas, Playa Delfines y una playa en la Bahía Ixmapoit situada en la Isla Contoy. Esta última playa es la única a la que el turismo tiene acceso, ya que la isla es Reserva de la Biósfera (Figuras 1-9).

La Isla de Cancún, uno de los destinos turísticos nacionales e internacionales más importantes, se encuentra ubicada en la zona hotelera de la ciudad de Cancún (21°10' latitud norte y 86°50' de longitud oeste), en el estado de Quintana Roo, en la parte noroeste de la Península de Yucatán. Dicho estado colinda al norte con el estado de Yucatán y con el Golfo de México, al este con el Mar Caribe, al sur con la Bahía de Chetumal y Belice y al oeste con Campeche y Yucatán, y se encuentra dividido en 8 municipios: José Ma. Morelos, Carrillo Puerto, Kantunikin, Isla Mujeres, Othón Pompeyo Blanco, Lázaro Cárdenas, Cozumel y Benito Juárez; la ciudad de Cancún se encuentra en este último municipio. La Isla de Cancún se encuentra situada en el mar Caribe y es una barrera que se extiende longitudinal y paralelamente a la costa a lo largo de 12 kilómetros entre la Punta Nizuc, en el sur, y la Punta Cancún, en el norte. La Isla de Cancún está rodeada por la laguna Nichupté y el mar Caribe. En la región no existen ríos superficiales por lo que el intercambio de agua dulce de la laguna se realiza a través de



Figs. 1-6. Algunas playas de Cancún que se muestrearon. 1. Playa Linda, 2. Playa, 3. Playa Caracoles, 4. Playa Tortugas, 5. Playa, Playa Ballenas, 6. Playa Delfines. Fig. 7. Playa de la Bahía Ixmapoit, Isla Contoy.

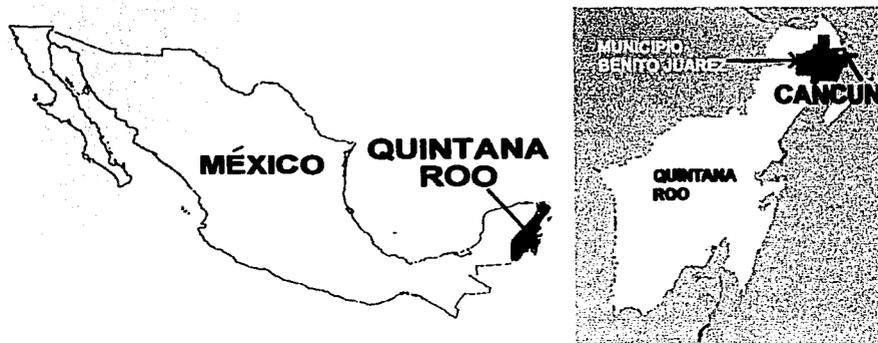


Fig 8. Mapas que muestran la localización de Cancún, Q. R. y las 10 playas que se estudiaron. 1. Playa Perlas, 2. Playa Linda, 3. Playa Langosta, 4. Playa Tortugas, 5. Playa Caracol, 6. Playa Gaviotas, 7. Playa Chac Mool, 8. Playa Marín, 9. Playa Ballenas, 10. Playa Delfines.

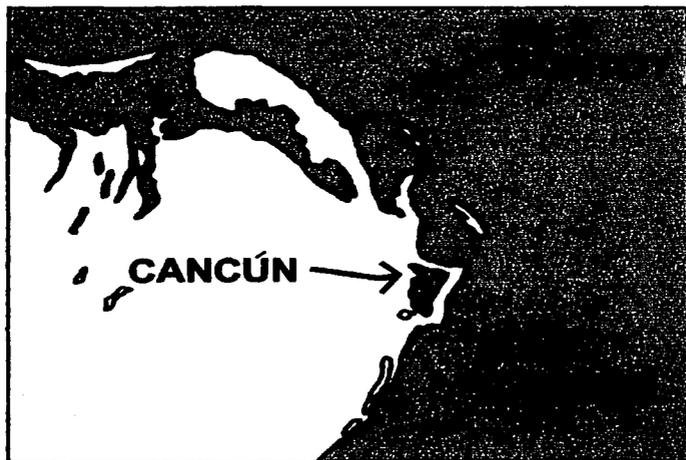


Fig. 9. Mapa que muestra la localización de la Isla Contoy donde se estudió la Playa de la Bahía Ixmapoit.

los flujos subterráneos. Extrapolando los datos de la estación meteorológica de Kantunilkin, Cancún presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 26.1 °C y una precipitación pluvial de 1,393 mm. Su longitud es de 8.75 km y su anchura varía de 20 metros en su extremo norte a 700 metros en su zona centro. La mayor parte de la isla presenta una superficie topográfica casi plana, con alturas máximas de 12 metros. La costa oriental presenta una zona rocosa y playas más extensas cerca de la punta norte que se encuentran expuestas al fuerte oleaje del mar abierto y a los vientos dominantes del sureste. La costa occidental es más rocosa e incluye algunas playas. El área del sistema lagunar Nichupté está formado por un complejo conjunto de vegetación. Los principales tipos son: selva media, aunque actualmente son muy escasas las áreas que poseen vegetación primaria; manglar, que se distribuye a lo largo de las orillas de la isla; el tular, que se desarrolla en lugares pantanosos inundados con agua dulce o salada.

La Isla Contoy está situada en el municipio de Isla Mujeres en el estado de Quintana Roo (21°27'40" y 21°32'10" de latitud norte y 86°46'40" y 86°47'50" de longitud oeste) y se localiza a 30 km al norte de Isla Mujeres, a 32.3 km de Cabo Catoche (distancia entre faros) y a una distancia de 12.8 km de la costa noreste de la Península de Yucatán. Tiene una superficie total de 238.18 hectáreas, de las cuales, 230 corresponden a tierra firme y pequeños islotes, y 8 a lagunas costeras. Presenta una forma alargada e irregular de norte a sur con una longitud de 8.75 km; su anchura varía de 20 metros en el extremo norte a 700 metros la zona central. La mayor parte de la isla presenta una superficie topográfica casi plana con alturas máximas de 12 metros. La costa oriental es principalmente rocosa, con playas extensas cerca de la punta norte y

cerca de la punta sur se encuentra una extensa serie de dunas de arena caliza de altitud variable. Estas playas se encuentran expuestas al fuerte oleaje del mar abierto. Las puntas norte y sur están formadas por rocas calizas de bordes irregulares y fuertemente intemperizadas. La costa occidental presenta numerosas playas arenosas entre las cuales se encuentra la playa de la Bahía Ixmapoit. Isla Contoy no cuenta con ningún cuerpo de agua dulce pero existen 5 cuerpos interiores de agua salada y algunos de agua dulce temporales o eventuales. Extrapolando datos de la estación meteorológica de Isla Mujeres, el clima es cálido subhúmedo, con lluvias en el verano, con una temperatura media de 27.4°C. y una precipitación anual de 1,041 mm. Por su limitado acceso, los estudios sobre flora y fauna de esta isla son escasos. Protegida desde 1961 y recientemente promulgada Parque Nacional, Isla Contoy ha conservado, en su gran mayoría, su estado natural virgen. Su vegetación es halófila y rastrera, compuesta, entre otras especies, por la sikimay o lavanda del mar (*Suriana maritima*), la uva de mar (*Coccoloba uvifera*) y el siricote de playa (*Cordia sebestena*). Tierra adentro, las lagunas, manglares y selvas bajas son el refugio de 152 especies de aves registradas que suman más de 10 000 aves, una cantidad impresionante para un territorio tan pequeño, así como para los reptiles (14 especies) entre los que se encuentran las iguanas y boas constrictor. El estudio de los hongos marinos arenícolas de esta isla es interesante porque las aguas de la isla se encuentran en la transición entre el mar Caribe y el Golfo de México, por lo que son especialmente ricas en nutrimentos por lo que puede ser un factor importante relacionado con la diversidad y abundancia de hongos marinos de sus playas.

3.2 Muestreo.

Para realizar los muestreos el ambiente se caracterizó según el esquema propuesto por Carranza-Edwards y Caso Chávez (1994) (figura 10), el cual divide a la playa en 4 zonas: a) infraplaya, que en condiciones normales siempre está cubierta por agua; b) mesoplaya, la cual está cubierta por el agua y expuesta al aire de forma rítmica y alternada y se extiende desde el máximo retroceso del relavado en marea baja hasta el máximo avance del lavado en marea alta; c) supraplaya, que en condiciones normales siempre está seca; d) zona terrestre.



Fig. 10. Esquema que muestra la zona donde se localiza la mesoplaya según la clasificación propuesta por Carranza-Edwards y Caso-Chávez, 1994).

En cada playa se trazó un transecto de 200 metros paralelo a la línea de costa en la cual se tomó una muestra constituida por 50 unidades de muestra recolectadas al azar. Las muestras se tomaron en abril de 2000 que es dentro del período de secas (noviembre-

abril 2000). Cada unidad de muestra estuvo formada por aproximadamente por 50 g de arena húmeda y restos orgánicos como fragmentos de algas, angiospermas, pasto marino, los cuales se colocaron en cámaras húmedas elaboradas con bolsas de plástico estériles y resellables (Figura 11).

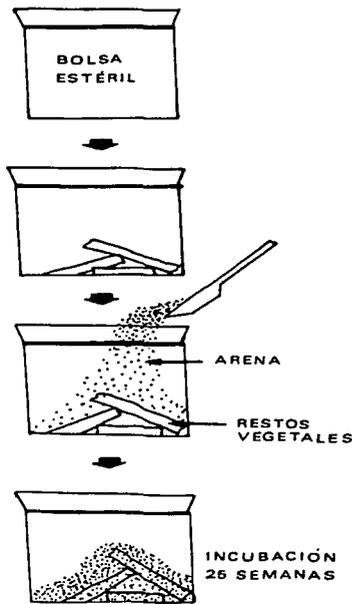


Fig.11. Esquema que muestra la preparación de las cámaras húmedas de acuerdo con el método de Kohlmeyer y Kohlmeyer (1979).

3.3 Procesamiento del material, identificación de los hongos y conservación del material.

Para obtener los hongos marinos arenícolas las unidades de muestra se procesaron de acuerdo al método incubación de restos orgánicos en cámara húmeda (Kohlmeyer y Kohlmeyer, 1979a). Las bolsas se trasladaron al laboratorio y se incubaron durante un período de entre 3 y 12 meses, a temperatura ambiente.

Cuando fue necesario a algunas bolsas se les adicionó agua de mar estéril con la finalidad de mantener la humedad de la cámara. A partir del tercer mes las muestras se analizaron con un microscopio estereoscópico para localizar las estructuras de reproducción de los hongos sobre los diferentes sustratos. Las estructuras fúngicas que se encontraron se removieron del sustrato y se elaboraron preparaciones utilizando agua

destilada o alcohol polivinílico y posteriormente se observaron con un microscopio compuesto. Debido a que algunas estructuras de los hongos marinos arenícolas son hialinas, como los apéndices y septos de las esporas fue necesario utilizar colorantes como fucsina ácida, cristal violeta, lactofenol de Amman y azul de anilina. Para teñir las preparaciones fue necesario reemplazar el agua por el colorante. Los hongos se identificaron hasta especie mediante las claves de Kohlmeyer y Volkmann-Kohlmeyer (1991) y Hyde y Alias (2000). Una vez identificadas las especies, se realizaron preparaciones permanentes según la técnica del doble cubreobjetos (Kohlmeyer y Kohlmeyer, 1972), según la cual, un cubreobjeto de 24 x 24 mm se adhirió con agua a un portaobjeto y sobre el cubreobjeto se colocó una gota de glicerina; enseguida, con la ayuda de un microscopio esteresocópico, los ascomas se colocaron en la gota de glicerina y se cubrieron con un segundo cubreobjeto de 18 x 18 mm y se sellaron las orillas del cubreobjeto más pequeño con barniz de uñas transparente. Una vez seco el barniz, sobre el cubreobjeto pequeño se colocó una gota de medio de montaje Clearmount y los dos cubreobjetos se separaron del portaobjeto y se invirtieron quedando la superficie del cubreobjeto pequeño en contacto con la superficie del portaobjeto.

Para conservar e incorporar el material a la Colección Micológica del Herbario Nacional (MEXU) del Instituto de Biología de la UNAM, las muestras de arena se deshidrataron y se colocaron en pequeños frascos. Las preparaciones permanentes y las muestras deshidratadas se depositaron en la colección mencionada.

3.4 Análisis de los datos.

Para analizar los resultados se elaboraron matrices de datos ecológicos con los valores de frecuencia de las especies de hongos que se obtuvieron en cada playa. Después, para valorar la abundancia se siguió el método de Bills y Polishot (1994) y la diversidad y equiparabilidad se calculó con el índice de diversidad de Shannon (Shannon y Weaver, 1949) . Para comparar la similitud entre la composición de la micobiota de las playas estudiadas se aplicó el índice de similitud de Sørensen (1948) .

Según Bills y Polishot (1994), la abundancia de las especies (n) se expresó como el número de incidencias individuales de una especie y se obtuvo mediante conteo directo. El porcentaje de abundancia es el número de incidencias de una especie dividida entre el número total de incidencias recuperadas de la muestra. Para comparar la abundancia relativa de las especies y la abundancia de las especies principales que incidieron en más de una muestra, las especies se acomodaron en orden descendente según su abundancia.

El índice de Shannon es el que más se ha empleado en ecología. Mide el grado de certeza en la predicción de a qué especie podría pertenecer un individuo escogido al azar de una colección de especies S de individuos N . La ecuación de Shannon es:

$$H' = - \sum \frac{n_i}{n} \ln \frac{n_i}{n}$$

donde H' es el índice de Shannon, n_i es el número de individuos pertenecientes a la

han propuesto varios índices de equiparabilidad. En este trabajo se usó la ecuación del índice citado por Pielou (1975):

$$E = \frac{H}{\ln(S)}$$

donde e es el índice de uniformidad o equiparabilidad, H el índice de Shannon y S el número de especies. La diversidad de especies medidas con el índice de Shannon crece si aumenta el número de especies, incluso con un prorratio uniforme o equitativo entre ellas. Por esta razón es conveniente considerar este componente de la diversidad. Conforme aumenta el valor de este índice aumenta el grado de equiparabilidad, que al alcanzar el valor de 1 indica uniformidad perfecta.

Las funciones de similitud cuantifican la similitud o disimilitud entre dos muestras. Los coeficientes de similitud varían de un mínimo de 0 (cuando un par de muestras son completamente diferentes) a 1 (cuando un par de muestras son idénticas). Las muestras más similares en composición y cantidad de especies son las más similares, esto es, su distancia ecológica es menor. La similitud referente a la composición de especies en las muestras se obtuvo al comparar la abundancia de especies entre muestras pares de Cancún y entre la abundancia de la playa con mayor número de incidencias de Cancún y la abundancia de Isla Contoy. El índice de Sørensen (1948) se usó para medir la similitud entre las muestras de dos unidades de muestreo. La similitud referente a la composición de especies en las muestras, se obtuvo al comparar la abundancia de especies entre pares de playas y entre la abundancia total de las playas de Cancún y la abundancia de

la Isla Contoy. El índice de Sørensen (1948) se usó para medir la similitud entre las muestras de dos unidades de muestreo:

$$IS = \frac{2a}{b + c}$$

donde:

IS es el índice de similitud entre muestras pares, *a* es el número de especies comunes en las dos muestras comparadas, *b* es el número de especies únicas en la primera muestra y *c* es el número de especies únicas en la segunda muestra.

4 RESULTADOS

Como resultado de los muestreos se obtuvo que, de un total de 550 unidades de muestra, 425 presentaron desarrollo fúngico. Todos los micromicetes encontrados fueron identificados hasta especie. Se identificaron 10 especies, de las cuales, 6 fueron marinas arenícolas *sensu stricto*, 4 marinas provenientes de otros ambientes, y adicionalmente, se encontraron 3 especies no marinas o terrestres (Tabla 2). Los ascomicetes fueron los hongos más abundantes en este estudio ya que 8 de las 10 especies encontradas pertenecen a este grupo y las restantes pertenecen a los hongos mitospóricos (Tabla 1).

Las especies más abundantes que se aislaron en Cancún e Isla Contoy fueron *Lindra thalassiae* (42.5 %) y *Corollospora maritima* (41.6 %). Las especies menos abundantes fueron *Corollospora pulchella* (0.70%) y *Varicosporina ramulosa* (0.70%). Se presentó una alta proporción de especies con abundancia intermedia (Tabla 2).

Con respecto a la distribución de las 10 especies marinas arenícolas, solamente 4 se encontraron en las playas de Cancún (*Corollospora maritima*, *Lindra thalassiae*, *Lulworthia grandispora*, *Torpedospora radiata*) y las 6 especies restantes (*Arenariomyces parvulus*, *Lindra marinera*, *Corollospora gracilis*, *Dendriphyella arenaria*, *Corollospora pulchella*, *Varicosporina ramulosa*) en la Isla Contoy (Tabla 1). De las 6 especies marinas arenícolas *sensu stricto*, solamente

Corollospora maritima se encontró en las playas de Cancún, mientras que las otras 5 especies se registraron en Isla Contoy. La composición de especies en las playas de Cancún fué homogénea porque el número de especies totales en cada playa fue parecido (Tabla 2). *Corollospora maritima* y *Lindra thalassiae* fueron las especies que presentaron una distribución más amplia (11 localidades) seguida de *Lulworthia grandispora* (3 localidades).

Lindra thalassiae fue la única especie que mostró una asociación específica con las hojas del pasto marino *Thalassia testudinum*.

De las once playas estudiadas, la que presentó la mayor diversidad de hongos marinos arenícolas fue la playa de la Bahía Ixmapoit en la Isla Contoy. En Cancún, la Playa Linda fue la que presentó la mayor diversidad (Tabla 2). La mayor abundancia la tuvo la Playa Linda y la menor la Playa Delfines.

Al comparar los índices de similitud de la micobiota de los pares de muestras de las playas Langosta-Tortugas, Chac Mool-Marlín, Ballenas-Delfines, los valores que se obtuvieron sugieren una similitud alta. Las playas menos similares fueron Perlas-Linda y Caracol-Gaviotas. Al comparar las muestras de Playa Linda, (la playa con mayor diversidad de especies) e Isla Contoy, se obtuvo una micobiota heterogénea porque sólo tuvieron cuatro especies en común. Los índices de similitud indican poca semejanza entre la micobiota de dichas muestras (Tabla 3).

Cabe mencionar que el hongo mitospórico de origen terrestre *Lasiodiplodia theobromae*, mostró un desarrollo vigoroso sobre los restos de madera y se encontró en varias playas de Cancún, pero no en la playa de la Isla Contoy. La

especie terrestre *Diaporthe minutis*, solamente se encontró en semillas de *Coco nucifera* en la playa de Isla Contoy. *Aspergillus niger*, otra especie terrestre, se presentó en la mayoría de las playas. Los resultados que se obtuvieron sobre la abundancia de especies se muestra en la Tabla 2.

Tabla 1. Hongos marinos que se registraron en las playas de Cancún (C) e Isla Contoy (IC).

Hongo	Grupo Taxonómico ¹	C	IC
ESPECIES MARINAS			
<i>Arenariomyces parvulus</i> Koch	A	0	1
<i>Corollospora gracilis</i> Nakagari et Tokura	A	0	1
<i>Corollospora maritima</i> Werdermann	A	1	1
<i>Corollospora pulchella</i> Kohlmeyer	A	1	1
<i>Dendriphyella arenaria</i> Nicot	M	0	1
<i>Lindra marinera</i> Meyers	A	0	1
<i>Lindra thalassiae</i> Orport, Meyers, Boral et Simms	A	1	1
<i>Lulworthia grandispora</i> Meyers	A	1	1
<i>Torpedospora radiata</i> Meyers	A	1	1
<i>Variscosporina ramulosa</i> Meyers et Kohlmeyer	M	0	1
ESPECIES NO MARINAS O TERRESTRES			
<i>Aspergillus niger</i> Van Tieghem	M	1	0
<i>Diaporthe minutus</i> MKM Wong et KD Hyde	M	0	1
<i>Lasiodiplodia theobromae</i> Giffon et Maubl.	M	1	0

¹A = Ascomycetes, M = Hongos Mitospóricos.

Tabla 2. Abundancia y porcentaje de abundancia de los hongos marinos de 10 playas de Cancun y una playa de la Isla Contoy.

Hongo	Playas											Abund.	% Abund.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
ESPECIES MARINAS													
<i>Corollospora maritima</i> *	14	11	8	23	20	10	16	10	18	9	38	177	41.64%
<i>Lindra thalassiae</i>	12	29	32	41	28	5	2	5	6	5	16	181	42.58%
<i>Arenariomyces parvulus</i> *	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	3.52%
<i>Lulworthia grandispora</i>	0	8	0	0	2	0	0	0	0	0	3	13	3.05%
<i>Lindra marinera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2.35%
<i>Corollospora gracilis</i> *	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	2.11%
<i>Dendriphyella arenaria</i> *	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	1.88%
<i>Torpedospora radiata</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	1.41%
<i>Corollospora pulchella</i> *	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0.70%
<i>Varicosporina ramulosa</i> *	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0.70%
Abundancia por playa	26	50	40	64	50	15	18	15	24	14	109	425	
Número de especies (n)	2	4	2	2	3	2	2	2	2	2	9		
ESPECIES NO MARINAS													
<i>Aspergillus niger</i>	10	24	11	23	22	3	10	0	0	0	0	103	54.22%
<i>Lasiodiplotia theobromae</i>	13	10	15	25	10	4	9	0	0	0	0	86	45.26%
<i>Diaporthe minutis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.52%
Abundancia por playa	23	34	26	48	32	7	19	0	0	0	1	190	

1 = Las Perlas, 2 = Playa Linda, 3 = Playa Langosta, 4 = Playa Tortugas, 5 = Playa Caracol, 6 = Playa Gaviota, 7 = Playa Chac Mool, 8 = Playa Marlin, 9 = Playa Ballenas, 10 = Playa Delfines, 11 = Playa de la Bahía Ixmapoit, Isla Contoy.

* Hongos marinos arenícolas *sensu stricto*.

Tabla 3. Similitud entre la micobiota de las playas de Cancún e Isla Contoy, Quintana Roo.

Pares de playas de comparadas	Número especies de las playas comparadas	Número de especies comunes	Índices de similitud de Sorensen (IS)
1-2	2-4	2	66
3-4	2-2	2	100
5-6	3-2	2	80
7-8	2-2	2	100
9-10	2-2	2	100
2-11	4-10	4	43

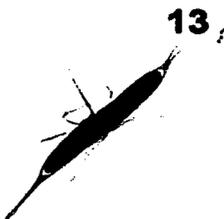
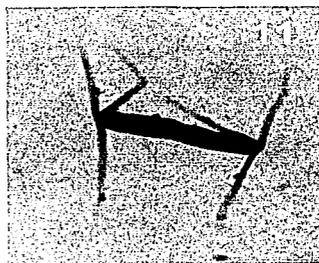
1 = Las Perlas, 2 = Playa Linda, 3 = Playa Langosta, 4 = Playa Tortugas, 5 = Playa Caracol, 6 = Playa Gaviota, 7 = Playa Chac Mool, 8 = Playa Marlin, 9 = Playa Ballenas, 10 = Playa Delfines, 11 = Playa de la Bahía Ixmapoit, Isla Contoy.

La playa que presentó el valor de diversidad más alto fue la playa de la Bahía Ixmapoit de la Isla Contoy seguida de la Playa Linda y la playa con el menor valor fue la Playa Chac Mool (Tabla 4).

Tabla 4. Índices de diversidad y equiparabilidad de los micromicetes marinos encontrados en las playas de Cancún e isla Contoy.

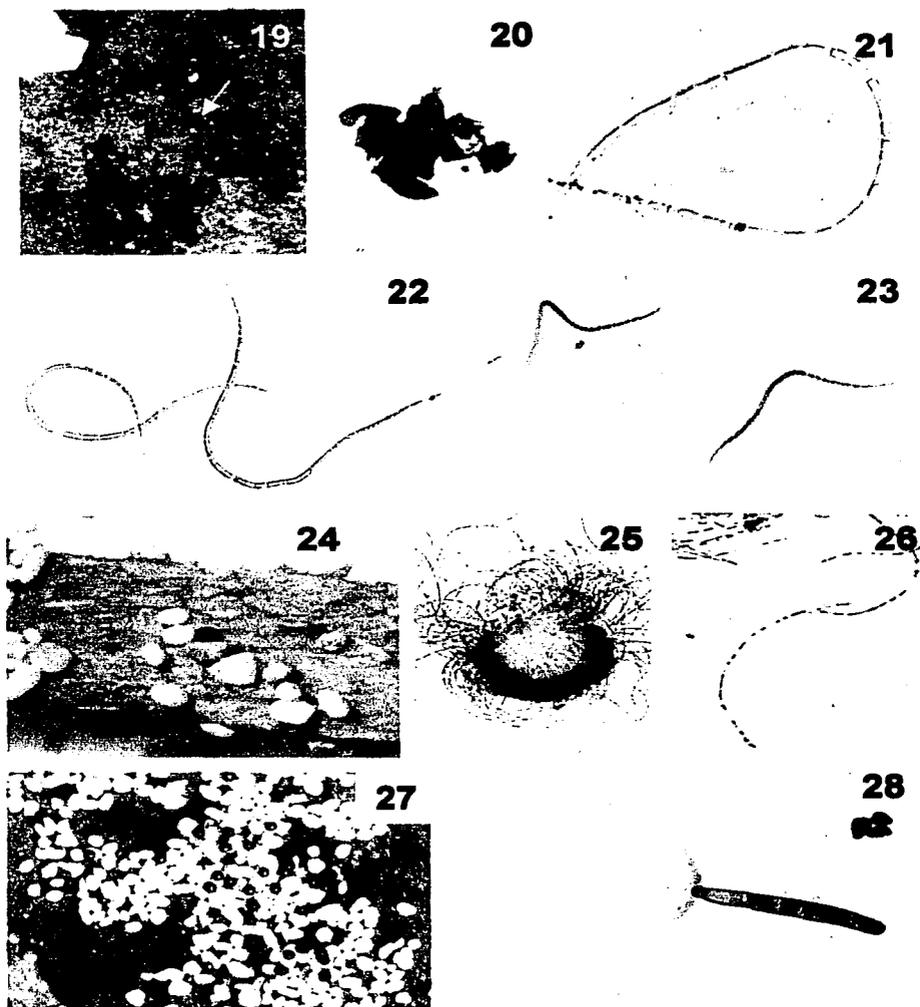
Playas	Índice de diversidad H'	Índice de Equiparabilidad E'
1	0.690	0.9954
2	1.071	0.7726
3	0.500	0.7213
4	0.653	0.9421
5	0.820	0.7465
6	0.636	0.9175
7	0.349	0.5035
8	0.636	0.9175
9	0.562	0.8108
10	0.652	0.9406
11	2.530	0.5241

1 = Las Perlas, 2 = Playa Linda, 3 = Playa Langosta, 4 = Playa Tortugas, 5 = Playa Caracol, 6 = Playa Gaviota, 7 = Playa Chac Mool, 8 = Playa Marlin, 9 = Playa Ballenas, 10 = Playa Delfines, 11 = Playa de la Bahía Ixmapoit, Isla Contoy.



Figs. 10-18. Hongos marinos arenícolas de Cancún e Isla Contoy, Quintana Roo. 10. Granos de arena con ascocarpos de *Arenariomyces parvulus* x 10. 11. Ascospora de *A. parvulus* x 1100. 12. Grano de arena con ascocarpo de *Corollospora gracilis* x 40. 13. Ascospora de *C. gracilis*. X 1100. 14. Grano de arena con ascocarpo de *Corollospora maritima* x 70. 15. Asca con ascosporas de *C. maritima* x 400. 16. Ascospora de *C. maritima* con espinas polares y apéndices ecuatoriales x 600. 17. Grano de arena con ascocarpo de *Corollospora pulchella* x 40. 18. Ascosporas de *C. pulchella* x 200.

Nota: Figs. 11, 13 están teñidas con cristal violeta.



Figs. 19-28. Hongos marinos arenícolas de Cancún e Isla Contoy, Quintana Roo.
 19. Hoja de *Thalassia testudinum* con ascocarpos (flecha) de *Lindra thalassiae* x 20.
 20. Ascocarpo y ascosporas de *L. thalassiae* x 200. 21. Ascospora de *L. thalassiae* que muestra los septos x 400. 22. Ascosporas filiformes de *L. Thalassiae* x 250. 23. Ascosporas de *Lindra marinera* x 100. 24. Ascocarpo de *Lulworthia grandispora* sobre resto no identificado x 10. 25. Grupo de ascosporas de *L. grandispora* x 40. 26. Ascospora filiformes de *L. grandispora* x 70. 27. Ascocarpos de *Torpedospora radiata* x 10. 28. Ascospora de *T. radiata* x 700.

Nota: Figs. 23, 25, 26, 28 están teñidas con cristal violeta.

5 DISCUSIÓN

El estudio de los hongos marinos de la arena de la playa es complejo porque se encuentran mezclados los micromicetes marinos estrictos con los marinos facultativos y los no marinos. El uso de diferentes técnicas de extracción de los micromicetes del suelo arenoso proporciona valores diferentes de abundancia y diversidad. Aunque el método que se empleó en este trabajo es específico para extraer los hongos marinos, no es posible estimar todos los hongos que habitan y están activos en el endopsamón.

Los hongos marinos *sensu stricto* son los componentes de la auténtica micobiota marina arenícola y se distinguen por su adaptación fisiológica y morfológica al ambiente donde viven como su habilidad para adherirse a los granos de arena, madera y otros sustratos mediante un subículo y el desarrollo de ascocarpos resistentes, duros y oscuros, (Rees y Jones 1985). *C. maritima*, *Arenariomyces*, *Lindra marinera* y *L. thalassiae* son los representantes típicos de los hongos arenícolas (Kohlmeyer y Volkmann-Kohlmeyer, 1987; Volkmann-Kohlmeyer y Kohlmeyer, 1993).

Corollospora maritima es el principal componente de la micobiota característica de las playas costeras marinas de todo el mundo porque es cosmopolita. En este trabajo se encontró con gran abundancia en todas las playas. También *Thalassia testudinum*, *Torpedospora radiata* y *Corollospora pulchella*, son especies con amplia distribución en las zonas subtropicales y tropicales. La playa Tortugas fue la que presentó la abundancia mayor, debido probablemente a la gran cantidad de restos de hojas del pasto marino (*Thalassia testudinum*).

Los resultados de este estudio sugieren que la microbiota de Cancún e Isla Contoy esta compuesta por especies marinas cosmopolitas y tropicales. Lo anterior está de acuerdo con la clasificación biogeogeografica de Hughes (1974), la cual incluye esta área de México como tropical.

Al comparar el número de especies obtenidas en Isla Contoy, un área con poca perturbación, y las playas de Cancún, una zona de gran turismo, observamos una notable diferencia en cuanto a la diversidad. En un estudio realizado por González *et al.* (1998) en una sola playa de Cancún se encontraron 7 especies mientras que en este estudio solamente se encontraron 4 especies. En la Isla Contoy se muestreó una playa en la cual se registraron 11 especies, si comparamos este resultado con el promedio de especies obtenidas en Cancún (5 especies), observamos una diferencia notable. La distribución de la abundancia de las especies muestra pocas especies con alta o baja abundancia y muchas especies con abundancia intermedia. No existe una explicación para estos resultados, pero al comparar los datos obtenidos en este estudio, parece ser que Cancún es una área con un impacto ambiental notable, y los datos de Isla Contoy, una Reserva de la Biósfera que conserva casi su estado virgen, sugieren que esta variación de los datos puede tener su origen debido a la perturbación que ha sufrido, ya que una comunidad con pocas o demasiadas especies, o que presente un desproporcionado número de especies, indica que está en crisis (Gómez-Pompa y Dirzo 1995) por lo que hay una baja estabilidad y productividad ecológica (Pielou, 1975). Una consecuencia de la transformación y fragmentación de los ecosistemas, es la concentración de especies e individuos en áreas menores como sucede en la Isla Contoy que fue la playa donde se obtuvo la mayor abundancia y diversidad.

Existen muchos vacíos en el conocimiento sobre la biología de estos hongos y como consecuencia se desconoce en gran parte su ecología. Los estudios realizados hasta ahora muestran que son de gran importancia ecológica, ya que forman parte de las cadenas alimenticias en los ambientes costeros. Por otro lado, en los últimos años se ha comenzado a valorar el gran potencial económico que tienen los micromicetes así como otros microorganismos basados en el aprovechamiento biotecnológico de la vida silvestre.

Este trabajo es una contribución al estudio sistemático sobre la micobiota del endopsamón de las playas de nuestro país. Sin embargo, es necesario continuar realizando en México estudios sobre la sistemática, diversidad y distribución de los hongos marinos arenícolas que nos permitan conocer un poco más su importancia y la función que desarrollan en los ecosistemas costeros.

6 Bibliografía

- Abdel-Wahab, M. A. ; E. B. G. Jones y L. L. P. Vrijmoesd. 1999. *Halosarpheia kandeliae* sp. nov. on intertidal bark of the mangrove tree *Kandelia candelin* Hong Kong. *Mycol. Res.* 103: 1500-1504.
- Anónimo. 1969. Notes and brief articles. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 52: 161-174
- Anónimo. 1999. The mycobiota of coastal marshes of Kandalaksha Bay (White Sea). *Vestnik Moskovskao Universiteta Seriya XVI Biologiya* 3: 42-47.
- Bacic, M.K. y D.C. Yoch. 1988. In vivo characterization of Dimethylsuloniopropionate lyase in the fungus *Fusarium lateritium*. *Applied and enviromental microbiology.* 1: 106-111.
- Bauch, R. 1936. *Ophiobolus kniepii*, ein never parasitischer pyrenomycet aut kalkalgn. *Pubbl. Staz. Napoli.* 15: 377-391.
- Bebout, B.; S. Schatz; J. Kohlmeyer y M. Haibach. 1987. Temperature-dependent growth in isolates of *Corollospora maritima* Werderm. (Ascomycetes) from different geographical regions. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 106: 203-210.
- Bernan. V. S.; Greenstein, M. y Maise W.M.. 1997. Marine microorganisms as a source of new natural products. En: *Advances in applied microbiology.* Academic Press. 43: 57-87.
- Bills, G. y Polishoot, J. 1994. Abundance and diversity of microfungi in leaf litter of a lowland rainforest in Costa Rica. *Mycologia.* 16: 187-198.

- Brigg, J.C. 1994. Species diversity: land and sea. *Systematic Biology*. 43:130-135
- Carranza- Edwards, A. y M. Caso - Chávez. 1994. Zonificación del perfil de playa. *GeoUNAM*. 2: 26-32.
- Carrillo-Muñoz, A.J. y J.M. Torres Rodriguez. 1990. Estudio comparativo sobre la supervivencia de 5 especies de dermatofitos y *S. brevicaulis* en arena de playa, bajo condiciones de laboratorio. *Rev. Iberoam. Micol.* 7: 36-38.
- Clipson, N. y P. Hooley. 1995. Salt tolerance strategies in marine fungi. *Mycol.* 9: 3-5.
- Duché, J. y Heim, R. 1931. *Recherches sur la flores mycologique des sols sableux*. Recueil Travaux mycologiques dédiés a Louis Mangin. Paris. 431-458.
- Farrant, C.; Hyde, K. y Jones E.B.G. 1985. Further studies on lignicolous marine fungi from Danish sand dunes. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 85: 164- 167.
- Fenical, W. y P. R. Jensen. 1993. Marine microorganisms: A new medical resource. En: *Marine Biotechnology*. Vol. 1 : Pharmaceutical and bioactive natural products. Plenum Press. Nueva York. 419- 431.
- Gear, K.D., K.T. Montenegro; W.M.M. Greensten y V. Beman. 1998. Isolation and characterization of marine microorganisms as a source of novel products. *Abstracts of the general meeting of the American Society for Microbiology*. 98: 385-393.
- Gessner, R. V. Y B. J. Lamore. 1978. Fungi from nantucket salt marshes and beaches. *Rhodora*. 80: 581-586.
- Grasso. S., R. La Ferla y E. B. G. Jones. 1985. Lignicolous marine fungi in a

- harbour environment (Milazzo). *Botánica Marina*.23: 259-263.
- Gómez-Pompa, A. y R. Dirzo. 1995. *Reservas de la Biosfera y otras areas naturales protegidas de México*. INE-CONABIO. México.
- González, Ma. del Carmen y T. Herrera. 1993. Micromicetes endopsamófilos de Barra de Navidad, Jalisco, México. *Rev. Mex. Mic.* 9: 19-33.
- González, M.C.; T. Herrera; Miguel Ulloa y Richard Hanlin. 1998. Abundance and diversity of microfungi in three coastal beaches of México. *Mycoscience*. 39: 115-121.
- González, M.C.; Richard T. Hanlin., T. Herrera y M. Ulloa. 2000. Fungi colonizing hair-baits from three coastal beaches of Mexico. *Mycoscience*. 41:259-262.
- Guzmán, G. 1998. Inventorying the fungi of Mexico. *Biodiversity & Conservation*. 7: 369-384.
- Haksworth, D.L. 2001. The magnitude of fungal diversity: The 1.5 millions species stimated revisited. *Mycol. Res.* 105:1422-1432
- Hyde, K. D.; A. D. Poonyth y L. L. P. Vrijmoed. 1998. Role of fungi on marine ecosystems. *Biodiversity and Conservation*. 7 : 1147-1161.
- Hyde, K. D.; T. K. Goh; B.S. Lu y S. A. Alias. 1999. Eleven new intertidial fungi from *Nypa fruticans*. *Mycol. Res.* 103 :1409-1422.
- Hyde, K. y Siti A. Alias. 2000. Biodiversity and distribution of fungi associated with descomposing *Nypa fruticans*. *Biodiversity and Conservation* 9: 393-402.
- Huges, G.C. 1974. Geographical distribution of the higher marine fungi. *Veröff. Inst. Meeresf. Bremerhaven*. 5: 419-441

- Jones, E.B.G. y Moss, S.T. 1978. Ascospore appendages of marine ascomycetes. An evolution of appendages as taxonomic criteria. *Mar. Biol.* 49: 11-26.
- Jones, E. B.G.; R. G. Johnson y S. T. Moss. 1982. Taxonomic studies of the Halosphaeriaceae: Corollospora Werdermann. *Bot. Mar.* 27:129-143.
- Jones, E.B.G. y K.D. Hyde. 1988. Marine mangrove fungi. *Marine Ecology*. 9:15-33.
- Jones, E. B. y Mitchell, J. I. 1996. Biodiversity of marine fungi. En: *Biodiversity. International Biodiversity Seminar. ECCO XIV: Meeting. A. Cimerman y B.N. Cimerman (eds.). Ljubljana.* 31-42.
- Kirk, P.W. Jr.; Catalfomo, P.; Block, J.H.; y Constantine G. H. Jr. 1974. Metabolites of higher marine fungi and their possible ecological significance. *Veroff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven. Supl.* 5: 509-518.
- Kirk, P.W. 1980. The mycostatic effect of seawater on spores of terrestrial and Marine higher fungi. *Botánica Marina.* 23: 233-238
- Kirk, P. W. Jr. 1983. Direct enumeration of marine arenicolous fungi. *Mycologia.* 75: 670-682.
- Kirk, P.W. y Gordon, B. 1988. Hydrocarbon degradation by filamentous marine higher fungi. *Mycologia.* 80: 776-782.
- Kirk, P. W., Dyver B. J. y Noé J. 1991. Hydrocarbon utilization by higher marine fungi from diverse habitats and localities. *Mycologia.* 83: 227-230.

- Kishimoto, R. y Baker, G. 1969. Pathogenic and potentially pathogenic fungi isolated from beach sands and selected soils of Oahu, Hawaii. *Mycologia*. 61:537-548
- Koch, J. 1974. Marine fungi on driftwood from the West Coast of Jutland, Denmark. *Friesia*. 10: 209-250.
- Koch, J. y E. B. G. Jones. 1984. *Lulworthia lignoarenaria*, a new piromycete from coastal sands. *Mycotaxon*. 2: 389-395.
- Koch, J. 1986. Some lignicolous marine fungi from Thailand including 2 new species. *Nordie. J. Bot.* 6:479-499.
- Kohlmeyer, J. 1964. A new marine ascomycete from wood. *Mycologia*. 56: 770-774.
- Kohlmeyer, J. 1966. Ascospore morphology in *Corollospora*. *Mycologia*. 58: 281-288.
- Kohlmeyer, J. 1967. Intertidal and phycophilous fungi from Tenerife (Canary Islands). *Trans. Br. mycol. Soc.* 50 : 137-147.
- Kohlmeyer, J. 1968. Marine fungi from the tropics. *Mycologia*. 60: 252-269
- Kohlmeyer, J. 1980. Tropical and subtropical filamentous fungi of the Western Atlantic Ocean. *Bot. Mar.* 23. 529-544.
- Kohlmeyer, J. 1971. Annotated check-list of new England marine fungi. *Trans. Bri. Mycol. Soc.* 37: 473-492.
- Kohlmeyer, J. Y E. Kohlmeyer. 1972. Permanent microscopic mounts. *Mycologia*. 64: 666-669.

- Kohlmeyer, J. 1976. Marine fungi from South America. Mitt. Inst. Colombo-Alemán. *Invest. Cient.* 8: 33-39.
- Kohlmeyer, J. y E. Kohlmeyer. 1977. Bermuda marine fungi. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 68: 207-219.
- Kohlmeyer, J. y E. Kohlmeyer. 1979. *Marine Mycolgy The Higher Fungi*. Academic Press. USA.
- Kohlmeyer, J. 1980. Tropical and subtropical filamentous fungi of the Western Atlantic Ocean. *Bot. Mar.* 23: 529-544
- Kohlmeyer, J. 1981. Marine fungi from Easter Island and notes on *Thalassoascus*. *Mycologia*. 5: 833- 843
- Kohlmeyer, Jan. 1983. Geography of marine fungi. *Aust. J. Bot. Suppl. Ser.* 10: 67-76.
- Kohlmeyer, J. 1984. Tropical marine fungi. *Marine Ecology*. 5: 329-378.
- Kohlmeyer, J. y B. Volkmann-Kohlmeyer. 1986. Marine fungi from Aldabra, the Galapagos and other tropical islands. *Can. J. Bot.* 65: 571-582.
- Kohlmeyer, J. y B. Volkmann-Kohlmeyer. 1987. *Thalassogena*, a new ascomycetous genus in the Halosphaeriaceae. *Systema Ascomycetum*. 6: 223-228.
- Kohlmeyer, J. y B. Volkmann-Kohlmeyer. 1989. *Corollospora armoricana* sp. nov. an arenicolous ascomycete from Brittany (France). *Can. J. Bot.* 67: 1281-1284.

- Kohlmeyer, J. y B. Volkmann-Kohlmeyer. 1989 . Hawaiian marine fungi, including two genera os Ascomycotina. *Mycol. Res.* 92: 410-421.
- Kohlmeyer, J. y B. Volkmann-Kohlmeyer. 1991a. Illustrated key to the filamentous higher marine fungi. *Botánica Marina.* 34: 1-61.
- Kohlmeyer, Jan y B. Volkmann-Kohlmeyer. 1991b. Marine fungi of Queensland, Australia. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 42: 91-93
- Kohlmeyer, J. y B. Volkmann-Kohlmeyer. 1991c. *Nohea umiumi*, a new marine ascomycete from Hawaii and French Polynesia. *Systema ascomycetum.* 10: 121-126.
- Kohlmeyer, J. y B. Volkmann-Kohlmeyer. 1993. Biogeographic observations in Pacific. *Mycologia.* 85: 337-346
- Kohlmeyer, J. y Spatafora, J. W. 2000. Lulworthiales, a new order of marine Ascomycota. *Mycologia.* 92: 453-458.
- Leightley, L. E. 1980. Wood decay activities of marine fungi. *Botánica Marina.* 23:387-395.
- Lewis, W. 1977. *Ecology field glossary. A naturalist's vocabulary.* Greenwood Press, Westport.
- Nakagari, A. 1982. A new marine ascomycete and its anamorph from Japan. *Trans.Mycol. Soc. Japan.* 23:101-110.
- Nakagari, A. 1985. Teleomorph and anamorphs relationships in marine ascomycetes (Halosphaeriaceae). *Bot. Mar.* 28: 485-500.

- Nakagari, A. y K. Tubaki. 1986. Ascocarp peridial wall structure in *Corollospora* and allied genera of Halosphaeriaceae. En: S.T. Moss (Ed.), *The Biology of marine fungi*. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 245-251.
- Nakagari, A. y Ryoichi Tokura. 1987. Taxonomic studies of the genus *Corollospora* (Halosphaeriaceae, Ascomycotina) with descriptions of seven new species. *Trans. mycol. Soc. Japan*. 28: 413-436.
- Nakagari, A. 1988. Structure and function of conidia of *Variscosporina* species (marine hyphomycetes). *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 90:265-271.
- Pielou, E. C. 1975. *Ecological Diversity*. Wiley, Nueva York.
- Prasannarai, K.; K. Ananda y K. R. Sridhar. 2000. *Corollospora indica*, a new marine fungal species from west coast of India. *Journal of Enviromental Biology*. 211: 235- 239.
- Raghu-Kumar, S. 1986. Some interesting lignicolous marine fungi from the West Coast of India. *Kavaka*. 14 : 77-80.
- Rees, G. 1980. Factors affecting the sedimentation rate of marine fungal spores. *Botánica Marina*. 23: 375-385.
- Rees, G.; Johnson, R. y Jones, E. 1979. Lignicolous marine fungi from Danish sand dunes. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 72: 99-106.
- Rees, G. y E. B. G. Jones. 1984. Observations of the attachment of spores of marine fungi. *Botánica Marina*. 22: 145-160.
- Rees, G. y E. B. G. Jones. 1985. The fungi of a coastal sand dune system. *Botánica Marina*. 28: 213-220.

- Rohrmann, S. R. Lorenz y H. P. Molitoris. 1992. Use of natural and artificial seawater for investigation of growth, fruit body production, and enzyme activities in marine fungi. *Can. J. Bot.* 70: 2106-2110.
- Shannon, C.E. y Weaver, W. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Sorensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongel. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Skr.* 5: 1-34
- Sundari, R.; Vikineswary, S.; Yusoff M. y Jones, E.B.G. 1996. *Corollospora besarispora*, a new arenicolous marine fungus from Malaysia. *Mycol. Res.* 100:1259-1262.
- Tokura, Ryoichi. 1982. Arenicolous marine fungi from Japanese beaches. *Trans. mycol. Soc. Japan.* 23: 423-433.
- Tokura, R. 1984. Sand-inhabiting marine fungi from Japanese beaches. *Botánica Marina.* 27: 567-569.
- Tubaki, K. 1968. Studies on the Japanese marine fungi lignicolous group II. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.* 5: 357-372.
- Volkman-Kohlmeyer, B y J. Kohlmeyer. 1993. Biogeographic observations on Pacific marine fungi. *Mycologia.* 5: 337- 346.
- Volkman-Kohlmeyer, B. y J. Kohlmeyer. 1996. How to prepare truly permanent microscopic slides. *Mycologist.* 10: 107-108.

Wagner-Merner, D. 1972. Arenicolous fungi from the South and Central Gulf Coast of Florida. *Nova Hedwigia*. 23: 915- 922.

Whalley, Margaret; Y. M .Ju; D. Rogers y A. J. S. Whalley. 2000. New xilariaceous fungi from Malasya. *Mycotaxon*. 74: 141-151.