

00361

7
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**ALGAS CORALINAS NO GENICULADAS
(CORALLINALES, RHODOPHYTA)
EN EL PACIFICO TROPICAL MEXICANO**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGIA)
QUE PRESENTA**

DALILA FRAGOSO TEJAS

DIRECTOR DE TESIS: DR. EBERTO NOVELO MALDONADO

MEXICO, D. F.

1999

**TESIS CON
FALLA DE COPIA**

269888



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

“La taxonomía moderna es el producto de una creciente conciencia entre los biólogos acerca del carácter único de los individuos y del amplio abanico de variación que puede producirse en cualquier población. El taxónomo por consiguiente se preocupa fundamentalmente por la variación en grupos de individuos que aparecen como representantes de la especie en la que está interesado”

Kinsey, Pomery y Martin (1948)

INDICE

| | |
|--|-----|
| Agradecimientos | III |
| Resumen | V |
| Prefacio | VI |
| Introducción | 1 |
| Sobre la clasificación de las coralinas no geniculadas | 6 |
| Planteamiento del problema | 11 |
| Objetivos | 13 |
| Antecedentes | 14 |
| Marco teórico metodológico | 17 |
| Metodología | |
| Análisis, sistematización e integración de información bibliográfica sobre coralinas no geniculadas | 19 |
| Análisis de caracteres | 19 |
| Selección de localidades | 20 |
| Selección y procesamiento de muestras | 21 |
| Descripción de unidades merísticas | 21 |
| Generación de unidades holísticas | 22 |
| Análisis de la información taxonómica | 23 |
| Confrontación de las unidades holísticas vs las descripciones bibliográficas y determinación de especies | 23 |
| Generación de Claves | 24 |
| Información ambiental y documental de las especies registrada | 24 |
| Resultados y Discusión | |
| Análisis de la información bibliográfica y de herbario sobre coralinas no geniculadas | 25 |
| Descripción de unidades merísticas y generación de unidades holísticas | 43 |
| Confrontación entre las descripciones de especies tomadas de la bibliografía | 58 |
| Confrontación entre las unidades holísticas y las descripciones de especies obtenidas de la bibliografía | 71 |
| Obtención del listado de caracteres para definición de taxones | 71 |
| Determinación de especies | 76 |
| Descripción de taxones | 77 |
| <i>Lithophyllum corallinae</i> | 81 |
| <i>Lithophyllum</i> aff. <i>frondosum</i> | 84 |
| <i>Hydrolithon farinosum</i> | 90 |
| <i>Hydrolithon onkodes</i> | 92 |
| <i>Hydrolithon</i> aff. <i>rupestre</i> | 95 |
| <i>Hydrolithon samoense</i> | 96 |
| <i>Pneophyllum</i> aff. <i>fragile</i> | 99 |

| | |
|--|-----|
| <i>Spongites</i> aff. <i>fruticulosus</i> | 102 |
| <i>Spongites</i> aff. <i>yendoi</i> | 103 |
| <i>Lithothamnion pacificum</i> | 108 |
| <i>Melobesia membranacea</i> | 110 |
| Información documental de las especies registradas | 113 |
| Clave de determinación | 115 |
| Conclusiones | |
| Análisis, sistematización e integración de literatura sobre coralinas no geniculadas | 118 |
| Material de herbario y el valor de los especímenes tipo como ayuda en la certificación de especies | 125 |
| Unidades merísticas y construcción de unidades holísticas | 126 |
| Perspectivas | 129 |
| Epílogo | 132 |
| Literatura citada | 135 |
| Apéndices | 146 |

AGRADECIMIENTOS

Mucha gente contribuyó a mi formación durante el periodo de mis estudios de maestría y particularmente para el desarrollo de esta tesis, con la cual, todos aprendimos mucho, incluyendo un poco de coralinas no geniculadas, a todos ellos, maestros, alumnos, amigos y colegas, gracias.

En primer lugar agradezco el apoyo que me brindó el Dr. Eberto Novelo Maldonado, guiando firmemente además de una tesis, mis pasos, por caminos alternativos de la vida. A mi comité tutorial: Dr. Eberto Novelo Maldonado, Dra. Dení C. Rodríguez Vargas y Dra. Ma. Esther Meave del Castillo, por sus orientaciones y revisiones críticas a las varias "versiones finales". Al resto de mis sinodales Dr. Jorge González González, Dra. Judith Márquez Guzmán, Dr. Francisco F. Pedroche y Dra. Margarita Villegas por sus valiosas aportaciones y comentarios, además de su apoyo y amistad. Especialmente a quienes leyeron el manuscrito y me dieron su opinión, observaciones y sugerencias, enriqueciendo el trabajo, pero sobre todo, aclarando mis múltiples dudas: Dr. William J. Woelkerling, Dr. Gustavo Montejano, Dr. Daniel León Alvarez, Dr. Juan José Morrone y M. en C. Michele Gold Morgan.

Agradezco el apoyo brindado por el Laboratorio de Citología para la realización de la parte técnica del trabajo, especialmente a la Dra. Judith Márquez Guzmán y a la M. en C. Aurora Alcázar Pestaña.

Agradezco el respaldo otorgado por la Universidad Nacional Autónoma de México, principalmente a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA, 1992-1994), por el apoyo económico que recibí durante mis estudios de maestría y durante el desarrollo de la tesis, así como al Programa de Apoyo para los Estudiantes de Posgrado (PADEP, 1998) por el apoyo recibido para la impresión de este trabajo y sobre todo por la estancia de Investigación con el Dr. William J. Woelkerling, en el Laboratorio de Ficología de la Universidad de La Trobe, Australia. Agradezco también al Dr. Paul C. Silva y Dr. Max Chacana del herbario de la Universidad de Berkeley (UCLA), el haber hecho posible la revisión de material tipo. Agradezco al Dr. William J. Woelkerling su magnífica atención y ayuda en el entendimiento de la taxonomía de coralinas no geniculadas, por el uso de instalaciones de su laboratorio, aprendizaje de las técnicas histológicas, obtención de laminillas y fotografías y especialmente por la experiencia. Hago extensivos mis agradecimientos a Adele Harvey por su valiosa ayuda, así como a Sascha Brand, Nicole Morcom, Sabine Daume y Petra Ringeltaube por sus comentarios, experiencias y amistad, además agradezco la ayuda técnica de T. Phillips.

Quiero expresar mi más sincera gratitud y reconocimiento a la Dra. Dení C. Rodríguez Vargas porque siempre respaldó y apoyó mi trabajo y me lo demostró con su confianza y solidaridad, porque su apoyo siempre sobrepasó incalculablemente, los límites de sus obligaciones, dedicándome muchas horas de sus vacaciones y sus fines de semana para hacerme entender, que no necesitaba entrar al granero, ¡porque estaba adentro! De esta manera, dirigió el trabajo en sus últimas etapas e hizo posible que esta investigación llegara a su primer final.

A pesar de todo el apoyo recibido, muy probablemente el texto cuente con errores, los cuales son absolutamente mi responsabilidad.

Finalmente, agradezco las muchas horas de solidaridad, compañía y cariño que me brindó mi familia, por quienes soy lo que soy y a quienes dedico mi trabajo, especialmente a Celia Tejas, *mi mami*, que siempre ha hecho posible los sueños que nunca ha platicado. A mis hermanos Celia e Isaac Fragoso y al pequeño y adorable Carlitos Torres quien con sus enormes ojos saturados de ternura me ha ofrecido, sin palabras ni lecturas, la enseñanza de la vida que va más allá de la Universidad.

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue contribuir al conocimiento florístico-taxonómico de las especies de coralinas no geniculadas pertenecientes al orden Corallinales, presentes en algunas localidades de las costas del Pacífico tropical mexicano. Fueron analizados los criterios y caracteres que han sido usados para el reconocimiento y determinación de taxones supraespecíficos y específicos de esa región, en la literatura de tipo florístico-taxonómica, determinando su valor de utilidad. Como resultado, se encontró que la publicación más citada por los trabajos inventariales realizados en México, la elaborada por Dawson (1960), hace uso y aplicación de caracteres variables para delimitación de taxones a nivel específico, de acuerdo con los estudios poblaconales de diferentes especies realizados por Woelkerling (1996), Chamberlain (1983), Irvin y Chamberlain (1994), entre otros. Por otra parte, la revisión bibliográfica reveló que es muy poco lo que se conoce de las coralinas no geniculadas tanto en ámbitos florísticos como en otras áreas del conocimiento biológico para la región del Pacífico americano; que la mayor parte de las determinaciones que aparecen en los trabajos inventariales, han sido llevadas a cabo con base en información combinada dada por diferentes autores, y por lo tanto aplicando nombres con significados diferentes; resalta el hecho de que no es común que se hagan las certificaciones de las determinaciones con material de herbario, pues este es escaso o no existe y tampoco se recurre a la revisión del material tipo; Finalmente, para nuestro trabajo, adoptamos el esquema taxonómico y nomenclatural de mayor consenso (Woelkerling 1988, 1996), y fueron determinadas un total de 11 especies pertenecientes a 6 géneros:

Lithophyllum corallinae, *Lithophyllum* aff. *frondosum* (subfamilia Lithophylloideae); *Hydrolithon farinosum*, *Hydrolithon onkodes*, *Hydrolithon* aff. *rupestre*, *Hydrolithon samoense*, *Pneophyllum* aff. *fragile*, *Spongites* aff. *fruticulosus*, *Spongites* aff. *yendoi* (subfamilia Mastophoroideae); *Melobesia membranacea* y *Lithothamnion pacificum* (subfamilia Melobesioideae). De las cuales 4 son nuevos registros para México. Se incluyen algunas observaciones sobre su distribución en la zona de estudio.

PREFACIO

Las coralinas constituyen un importante y conspicuo elemento de la flora algal en las costas del Pacífico tropical mexicano (PTM), se distribuyen desde la zona intermareal hasta la sublitoral, y en términos de cobertura, las coralinas costrosas son más abundantes que las articuladas.

Los antecedentes inmediatos sobre el estudio de estas algas en las costas del Pacífico Norte y Centroamericano, son de varios tipos y a diferentes niveles de integración. Para las costas de México existen trabajos de carácter primordialmente inventarial, que incluyen listados de especies de los principales grupos de macroalgas y en los que se incluyen a las coralinas costrosas. La región tropical del Pacífico en particular, ha sido objeto de una caracterización ficoflorística a lo largo de varios años, a través del Proyecto Macroalgas del Pacífico tropical mexicano (MPTM) (González-González, 1992a). A pesar de la gran cantidad de información generada en ese proyecto para los diferentes grupos de macroalgas, es poco lo que se sabe sobre los intervalos de variación morfológica de las especies involucradas, y en especial sobre su distribución a nivel regional, local y ambiental y de las condiciones particulares en las que se desarrollan. La información existente sobre estos organismos, ha quedado referida a 'coralinas costrosas' o a designaciones genéricas tales como *Lithophyllum sp.* o *Lithothamnion sp.*

Respecto a la literatura general del grupo y en el ámbito mundial, desde el siglo pasado y hasta mediados de éste, se generó una gran cantidad de información, que versa principalmente, sobre la taxonomía y descripción de nuevas especies basadas casi exclusivamente, en rasgos morfológicos y anatómicos. Durante las décadas de 1960 y 1970 se avanzó considerablemente en la obtención de información sobre el registro fósil de estos organismos. En los últimos 30 años, se han hecho investigaciones sobre otro tipo de caracteres: ontogenéticos, morfogenéticos, citológicos, ultraestructurales y moleculares; se han llevado a cabo estudios intensivos, tanto en campo como en laboratorio, se ha confrontado la información generada con material tipo y con colecciones importantes de herbario, lo cual ha permitido hacer una síntesis del conocimiento actual de las coralinas y en particular de las coralinas costrosas o más correctamente, de las coralinas no geniculadas; dando lugar al esclarecimiento de una gran cantidad de términos, ordenación y jerarquización de la información, redefinición de taxones, reasignación de tipos nomenclaturales, establecimiento de sinonimias taxonómicas y nomenclaturales y finalmente, a una propuesta taxonómica de consenso (Woelkerling 1988).

El presente trabajo es una contribución a la caracterización de la ficoflora, que realiza el Proyecto MPTM como parte de sus investigaciones florístico-taxonómicas, distinguiendo e identificando las especies de coralinas no geniculadas, representadas en diversas localidades de las costas del Pacífico. Se adoptó como esquema taxonómico a seguir, la propuesta de Woelkerling (1988), y se consideró como antecedente inmediato, por una parte, la infraestructura informativa y el material de herbario generado por el proyecto MPTM y por otra el trabajo taxonómico de Mason (1953) para las costas del Pacífico y el trabajo florístico de Dawson (1960) para las costas de México.

Inicialmente y contando con que la resolución de la problemática taxonómica de las coralinas no geniculadas estaba avanzada (Woelkerling 1988, 1996) nuestro objetivo inicial era contribuir al conocimiento florístico del grupo actualizando el inventario de éste, conforme a la propuesta que adoptamos.

El primer problema con el que nos enfrentamos, fue tratar de hacer compatible la información que nos proporcionaba Mason (1953) y Dawson (1960) con la de Woelkerling (1988), pues cada autor usa un conjunto distinto de caracteres para la delimitación de taxones, sobre todo a nivel de especie.

Esto requirió en primer término, un análisis de la información sobre los caracteres vegetativos y reproductivos, principalmente a nivel de especie de todos los taxones reportados para el área geográfica involucrada y una revisión de ésta a la luz de la propuesta taxonómica elegida. Como resultado obtuvimos que poco era rescatable para su comparación, de la información proporcionada por Mason-Dawson, dado que su esquema de clasificación está basado en un conjunto de atributos con diferente ponderación respecto de la que propone Woelkerling (*op cit*). Por otra parte, se recurrió a la revisión de material tipo, para ver que características presentaban los ejemplares descritos o registrados por Dawson (*op cit*).

Nos percatamos que el nombre aplicado por Dawson, a algunos ejemplares, no corresponde con el concepto genérico que actualmente se le atribuye de acuerdo con Woelkerling (1988). Por ejemplo, el holotipo de *Lithophyllum lichenare* MASON, mostró conceptáculos uniporados y fusiones celulares entre los filamentos del talo, lo que lo hace pertenecer de acuerdo al esquema de Woelkerling (*op. cit.*) a la Subfamilia Mastophoroideae y muy probablemente al género *Hydrolithon*.

De acuerdo con la información anterior, alcanzar nuestro objetivo de caracterizar la ficoflora de coralinas, se volvió una tarea que implicaba resolver primeramente otros problemas. Inicialmente, había que recuperar, ordenar y reconstruir la información previa, para las costas del Pacífico, de acuerdo con la propuesta taxonómica elegida. Actualizar el inventario de acuerdo con la propuesta de

Woelkerling (1988) se volvió, para este trabajo sólo el paso inicial, de acuerdo con la problemática existente para el grupo en cuestión y a las restricciones de trabajar sólo con material de herbario.

Esto nos llevó a una reestructuración del trabajo de tesis respecto al inicial, donde ahora, lo más importante era el planteamiento y la solución de la problemática existente en el estudio de las coralinas no geniculadas en la región del PTM y la propuesta de obtención y análisis de información de tipo taxonómico para facilitar el reconocimiento de taxones de la manera más efectiva, para iniciar con el trabajo florístico y/o de cualquier otro tipo.

El trabajo está estructurado de la siguiente manera:

En el primer capítulo se presenta la caracterización general del orden Corallinales, haciendo especial énfasis en las coralinas no geniculadas. Se resumen los diferentes esquemas taxonómicos que se han propuesto a lo largo de la historia y se mencionan los principales criterios o caracteres en los que se basaron; se detallan particularmente las propuestas taxonómicas de Mason (1953), en la cual se basó Dawson (1960) para hacer su trabajo florístico en las costas de México, por ser la obra clásica de consulta y más usada para la determinación de ejemplares. La de Cabioch (1972, 1988), por ser un planteamiento de orientación filogenética y la de Woelkerling (1988), por ser el esquema elegido en este trabajo.

En el segundo capítulo, se proporcionan los antecedentes, la problemática con la que nos enfrentamos al inicio del trabajo y la información que nos permitió plantear los objetivos.

En el tercer capítulo se hace referencia al marco teórico en el que se desarrolló la tesis y en el siguiente, se detallan los procedimientos seguidos para la obtención de resultados, que incluyen: una análisis al interior del esquema taxonómico de Mason (1953) y al trabajo florístico de Dawson (1960), tomando como referencia siempre el esquema de Woelkerling (1988).

En el quinto capítulo se presentan los resultados y la discusión de éstos. Se describen los caracteres que se han usado en la literatura para la definición y delimitación de taxones, las categorías que delimitan y su observación en el material de herbario revisado. Se presentan las tablas y gráficas de datos, tanto de la información obtenida de la literatura, como aquella obtenida de los ejemplares y con todo esto se justifica el porqué se eligió la propuesta taxonómica de Woelkerling (1988) como la más aceptable para la determinación y caracterización de los ejemplares analizados. Se presenta además, la lista florística de las especies registradas en las localidades de estudio, su descripción

y simultáneamente se incluyen algunas observaciones y discusión de esta información. Se presenta una clave de determinación dicotómica jerárquica y un cuadro de información general sobre las características ambientales en las que se colectaron las especies registradas en este estudio.

Finalmente en el sexto capítulo, se presentan las perspectivas y a manera de epílogo incluimos información relevante de tipo ecológico, distribucional y económico de este grupo de organismos.

Se agregan dos apéndices, en el primero aparecen los procedimientos llevados a cabo para la obtención de laminillas histológicas de las coralinas, indispensables para una buena observación de los caracteres y con ello una buena determinación y trabajo taxonómico de especies. En el segundo apéndice aparece el listado original de caracteres obtenido de la literatura y que nos sirvió de base para proponer el conjunto de caracteres útiles en la definición y delimitación de taxones.

INTRODUCCIÓN

El orden Corallinales está formado por dos familias con representantes vivos, Corallinaceae y Sporolithaceae. La primera incluye 8 subfamilias de acuerdo con Woelkerling (1988, 1996), todas ellas forman estructuras reproductoras en cavidades denominadas conceptáculos. Tres de estas subfamilias (Corallinoideae, Amphiroideae y Metagoniolithoideae) son conocidas comúnmente como coralinas geniculadas o articuladas, las cuales presentan un talo ramificado donde se distinguen zonas no calcificadas (geniculas) intercaladas con zonas calcificadas (intergeniculas) (fig. 1-3). Las 5 subfamilias restantes (Choreonematoideae, Lithophylloideae, Melobesioideae, Mastophoroideae y Austrolithoideae) no presentan esa diferenciación estructural en cuanto a geniculas e intergeniculas, por lo que son conocidas como coralinas no geniculadas, no articuladas, coralinas costrosas o incrustantes. (fig. 4-10). La familia Sporolithaceae incluye dos géneros, está constituida también por organismos no geniculados e incrustantes, sólo que no forman estructuras reproductoras en conceptáculos. (tabla 1).

| Familia Corallinaceae LAMOUR | GÉNEROS |
|-----------------------------------|---|
| Subfamilias (no geniculadas) | |
| Choreonematoideae WOELK. | <i>Choreonema</i> SCHMITZ |
| Lithophylloideae SETCHELL | <i>Ezo</i> ADEY, MAZAKI Y AKIOKA, * <i>Lithophyllum</i> PHILIPPI, * <i>Tenarea</i> BORY |
| Mastophoroideae SETCHELL | * <i>Fosliella</i> HOWE, <i>Hydrolithon</i> (FOSLIE) FOSLIE, <i>Lesueuria</i> WOELKERLING ET DUCKER * <i>Lithophorella</i> FOSLIE, <i>Mastophora</i> DECAISNE, <i>Metamastophora</i> WOELKERLING, * <i>Neogoniolithon</i> SETCHELL ET MASON, * <i>Pneophyllum</i> KÜTZING, * <i>Spongites</i> KÜTZING |
| Melobesioideae BIZZOZERO | <i>Clathromorphum</i> FOSLIE, <i>Exilicrusta</i> CHAMBERLAIN, <i>Kvaleya</i> ADEY ET SPERAPANI, * <i>Lithothamnion</i> HEYDRICH, <i>Mastophoropsis</i> WOELKERLING, * <i>Melobesia</i> LAMOUROUX, * <i>Mesophyllum</i> LEMOINE, <i>Phymatolithon</i> FOSLIE, <i>Synarthrophyton</i> TOWNSEND. |
| Austrolithoideae HARVEY ET WOELK. | <i>Austrolithon</i> HARVEY ET WOELKERLING, <i>Boreolithon</i> HARVEY ET WOELKERLING |
| Familia Sporolithaceae VERHEIJ | * <i>Sporolithon</i> HEYDRICH, <i>Heydrichia</i> KEATS ET CHAMBERLAIN |

TABLA 1. Clasificación de Coralinas no geniculadas, reconocidas por Woelkerling (1988, 1996). Los géneros marcados con asterisco, son aquellos que han sido registrados en costas mexicanas (González -González, et al. 1996).

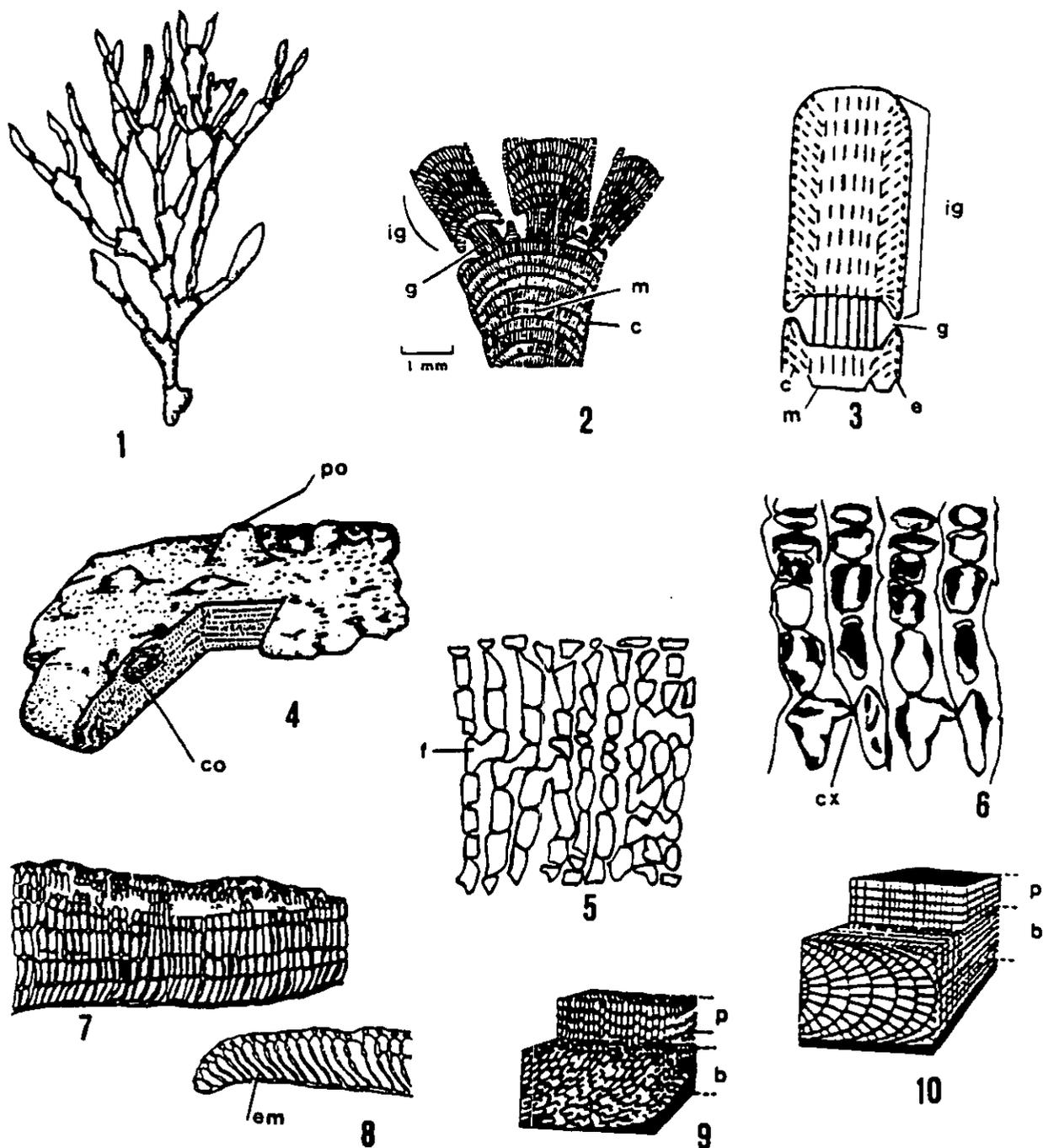


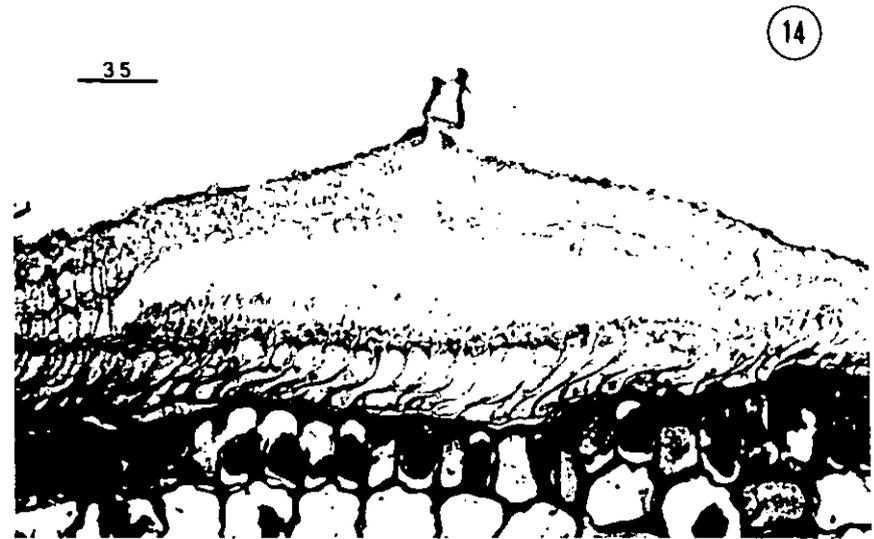
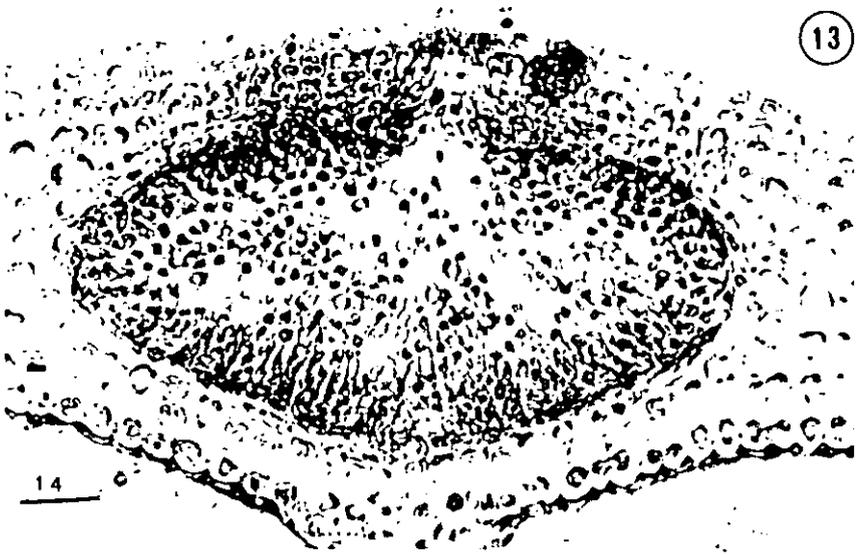
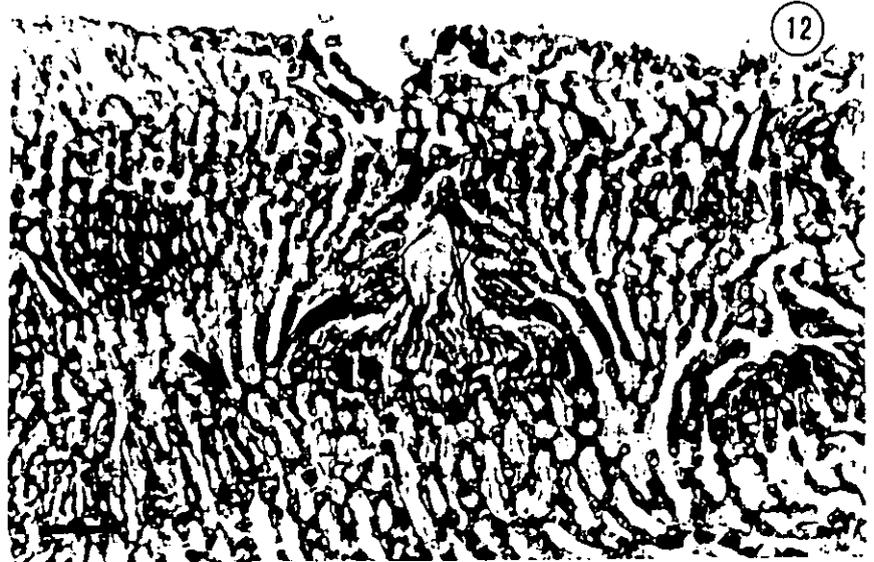
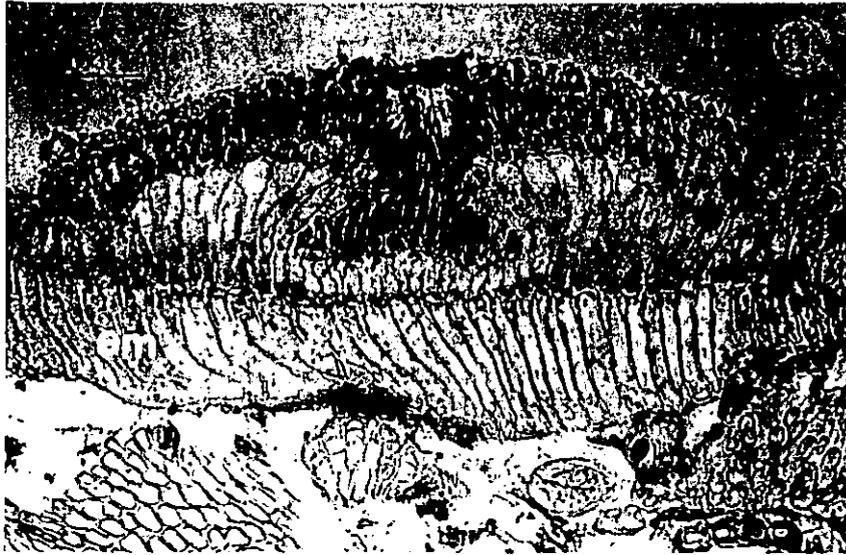
Fig. 1. Hábito de *Jania* sp. Fig. 2-3. detalle de geniculas (g) e intergeniculas (ig), médula (m), corteza (c), células epitaliales (e). Fig. 4. Hábito de coralina no geniculada, presentando protuberancias (po) y cámaras conceptaculares (co). Fig. 5. fusiones celulares (f). Fig. 6. conexiones de orificio secundarias (cx). Fig. 7-8. Construcción dimera del talo, células em empalizada (em). Fig. 9-10. Construcción monómera del talo, 9: arreglo no coaxial de filamentos basales, 10: arreglo coaxial, (b) corazón de filamentos basales; (p) filamentos postigenos. Fig. 2,3,4 tomadas de Johansen (1981), Fig. 7,8 tomada de Irvin y Chamberlain (1994), Fig. 9-10 tomada de Wray (1977)

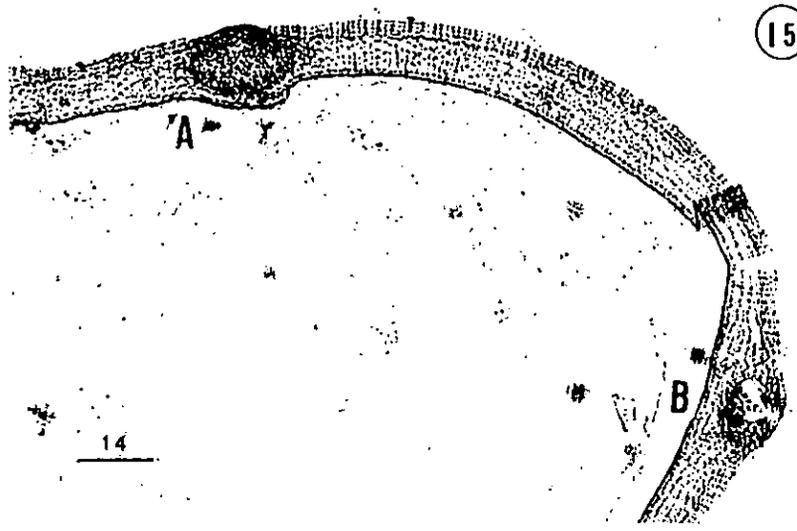
Las coralinas costrosas son exclusivamente marinas, viven adheridas a un sustrato, extendiéndose sobre él de manera radial, formando una capa carbonatada que adquiere la forma y relieve del mismo. Pueden ser litofíticas (saxícolas), epizoicas sobre conchas de bivalvos, gasterópodos, recubriendo corales, etc., epífitas sobre otras algas y angiospermas marinas o de vida libre formando rodolitos. Las formas costrosas adheridas a un sustrato, forman medallones con límites reconocibles, los cuales pueden cubrir desde unos cuantos milímetros hasta varios metros cuadrados del sustrato. Otras especies pueden desarrollar papilas aisladas o abundantes, protuberancias o ramas, alcanzando en estos casos tallos mayores tanto en diámetro como en altura. Los rodolitos generalmente forman parte del piso marino sin estar adheridos a él.

Las coralinas son dioicas o monoicas, las estructuras reproductoras, se forman en conceptáculos, que pueden formar protuberancias en la superficie del talo, o estar inmersas en él. En un ciclo de vida con alternancia de fases, existen tres tipos de conceptáculos diferenciados por las estructuras a las que dan lugar:

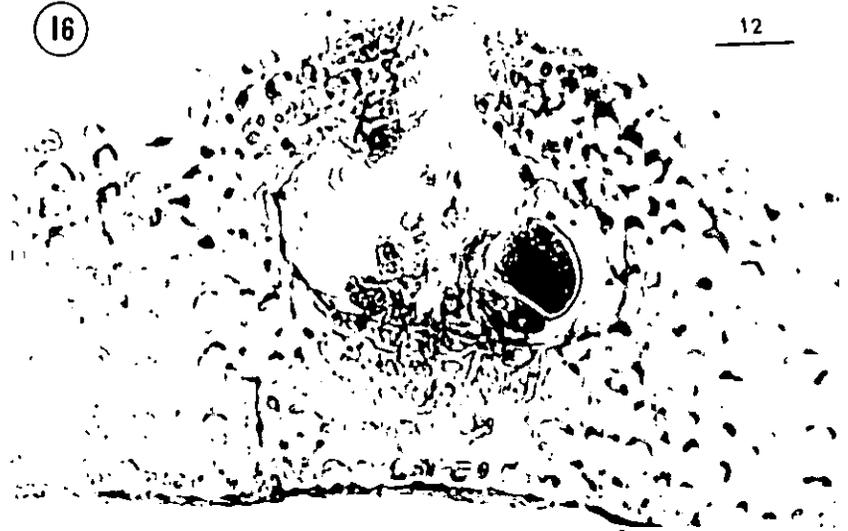
- a) los productores de gametos, tanto femeninos (fig. 11-12) como masculinos (fig. 13-14), que se desarrollan en el mismo o diferente talo en conceptáculos separados (fig. 15).
- b) los carposporangiales, productores de esporas $2n$ (fig. 16), desarrollándose a partir de los conceptáculos femeninos posterior a la fertilización y
- c) los conceptáculos bi/tetrasporangiales, productores de esporas n (fig. 17-18), formados en talos esporofíticos, posterior a la meiosis.

Existen mecanismos de propagación vegetativa alternativos a la reproducción, que pueden ser por fragmentación del talo, formación de bisporas apomeióticas o de propágulos (Woelkerling, 1988, 1996).





15



16



17



18

1.2. SOBRE LA CLASIFICACIÓN DE LAS CORALINAS NO GENICULADAS

Han sido propuestos numerosos esquemas de clasificación para las coralinas, a nivel supragenérico y genérico desde principios de siglo, la mayoría de éstos pertenecen al período descriptivo de este grupo de organismos, durante el cual muchos géneros y especies fueron distinguidos por su apariencia externa.

Entre 1887 y 1909, Foslie incrementó el número de especies y formas de 175 a 650; para su clasificación genérica usó como primer criterio taxonómico, las características de los conceptáculos esporangiales, mientras sus descripciones específicas e infraespecíficas se basaron en la estructura del talo, principalmente haciendo diferencias entre talos mono o polistromáticos. Por otra parte, reconoció la extrema variación, tanto en características vegetativas como reproductivas. (Woelkerling, 1984). Chamberlain (1983) comenta que Foslie continuamente cambiaba de opinión respecto a la importancia relativa que le asignaba a los caracteres sobre los que basaba su clasificación. De 1897-1911 Heydrich (citado por Irvin y Chamberlain, 1994), publicó muchas observaciones detalladas, las cuales son difíciles de interpretar, pero enfatizó el significado del número de poros conceptaculares por lo que dividió a la subfamilia Melobesioideae con varios poros, del resto. Rosenvinge (citado por Chamberlain 1983), describió las conexiones de orificio secundarias, por lo que distinguió a la subfamilia Lithophylloideae de aquellas que también cuentan con sólo un poro conceptacular esporangial. Lemoine (citada por Chamberlain *op. cit.*) hizo énfasis sobre los estudios de anatomía vegetativa que resultaron útiles en el reconocimiento de entidades fósiles; por otra parte, consideró que el número de capas basales del talo era un rasgo de utilidad taxonómica, diferenciando talos monostromáticos y polistromáticos y dentro de estos últimos reconoció las diferencias entre plumosos y coaxiales, por lo que fue posible en su trabajo de 1928, la descripción del género *Mesophyllum*. Suneson (citado por Chamberlain *op. cit.*), estableció la relación entre la presencia de fusiones celulares y el número de poros conceptaculares esporangiales por lo que fue el primero en sugerir que *Lithophyllum*, *Mastophora* y *Melobesia* representaban 3 linajes evolutivos distintos.

Sobre la base de estudios ontogenéticos y morfogenéticos, Cabioch (1972) sugirió que algunos géneros tales como *Corallina*, de la subfamilia Corallinoideae (geniculadas), están relacionados con la subfamilia Mastophoroideae (no geniculadas), mientras otras subfamilias de geniculadas, como Amphiroideae están más relacionadas con Lithophylloideae (no geniculadas).

Hoy existen dos esquemas de clasificación en uso, el de Cabioch (1972, 1988), que basada en sus estudios del desarrollo, elabora una propuesta taxonómica-

sistemática (ponderando caracteres ontogenéticos y morfogenéticos sobre los morfológicos); y el propuesto por Woelkerling (1988), quien elabora una propuesta taxonómica-fenética, considerando sólo caracteres morfológicos y dándoles el mismo peso a todos. Este último esquema, es el más reconocido y usado actualmente por la mayor parte de los especialistas en el grupo. Sin embargo la propuesta de Cabiocch sigue siendo considerada y analizada cada vez, por más taxónomos, pues representa la única hipótesis evolutiva del orden, dado que los caracteres que propone se están probando como caracteres sistemáticos, ya que parecen no estar influenciados por las condiciones del medio y relacionan a los grupos en términos filogenéticos (Cabiocch, 1970). En la tabla 2 se resumen algunos de los diferentes esquemas de clasificación y los criterios en los que se fundamentaron.

Los especialistas que coinciden con la propuesta de Woelkerling, parecen estar de acuerdo con la definición¹ y delimitación² de taxones supraespecíficos; sin embargo en algunos casos, otros autores otorgan un valor de importancia diferente para cada uno de los caracteres del conjunto que Woelkerling sugiere como delimitativo a nivel genérico y por lo tanto también a nivel específico, dando lugar a taxones controvertidos sin reconocimiento consensual, v.gr. *Leptophytum*, reconocido por Chamberlain (1990) y Düwel y Wegeberg (1996) o *Titanoderma*, por Mendoza y Molina (1993), pero ninguno por Woelkerling (1996).

¹ A todo el conjunto de caracteres que son utilizados para describir un grupo taxonómico, se les llamó de definición. (Papavero y Llorente-Bousquets, 1992).

² Se le llaman caracteres de delimitación a aquel subconjunto de caracteres, tomados de los de definición que nos permiten reconocer a un grupo de organismos como diferente de otro. Papavero *et al.* 1997.

| AUTOR | SUBFAMILIAS | TRIBUS | NOTAS IMPORTANTES |
|----------------------|--|--|---|
| Areschoug 1852 | | Corallineae Melobesiaceae | Estos grupos separan a las geniculadas de las no geniculadas |
| Foslie 1908 | Corallineae Melobesiaceae | | En 1902, dividió a las coralinas en 7 grupos, pero en 1908 cambia su propuesta y eleva las tribus de Areschoug a subfamilias |
| Svedelius 1911 | | Schmitzielleae Chaetolithoneae Lithothamnionaceae Choreonemeae Melobesiaceae Mastophoreae Corallineae | Los 7 grupos de Foslie segregó en 1902, los retoma y los eleva a la categoría de tribu. |
| Setchell 1943 | Corallinae Mastophoreae Sporolithaeae Lithothamniaceae Lithophylleae | | Reconoce las 5 subfamilias con base en la presencia de genícula y en características del estado reproductivo. |
| Hamel & Lemoine 1953 | Melobesiáceas Schmitziellées Corallinéas | Lithophyllées Archaeolithothamniées Lithothamniées Mastophorées Epilithonées | Retoman y modifican el esquema de Setchell y en las Melobesiáceas reconocen varias tribus, con base en las características de los conceptáculos esporangiales. La nomenclatura de los taxones no es válida, por lo que no fueron reconocidos. |
| Mason 1953 | Melobesioideae Corallinoideae | Lithothamniaceae Lithophylleae | Restablece el esquema de 2 subfamilias, basado en la presencia/ausencia de genículas. Este esquema fue adoptado por gran número de autores |
| Johansen 1969 | Melobesioideae Schmitzielloideae Mastophoroideae Lithophylloideae | Melobesiaceae Sporolithaeae | Los grupos son diferenciados por la presencia el número de poros conceptaculares esporangiales y el tipo de uniones intercelulares. |
| Cabioch 1972 | Schmitzielloideae Sporolithoideae Lithothamniodeae Corallinoideae Lithophylloideae | Schmitziellae Sporolithaeae Lithothamniaceae Mastophoreae Neogoniolitheae Corallineae Lithophylleae Dermatolitheae Amphiroceae | En este esquema, las tribus Neogoniolitheae, Corallinae y Dermatolitheae incluyen géneros tanto geniculados como no geniculados. |
| Wray 1977 | Melobesioideae | | Esquema que incluye todos los géneros no geniculados, enfatizando los fósiles. |
| Johansen 1981 | Lithophylloideae Mastophoroideae Melobesioideae Schmitzielloideae | Lithothamniaceae Phymatolitheae | El autor no asigna una ponderación diferencial a los caracteres, todos tienen el mismo peso, pero reconoce como diferentes a los geniculados de los no geniculados y los diferencia entre sí, por características citológicas y anatómicas. No se incluyen a las geniculadas. |
| Woelkerling 1988 | Choreonematoideae Lithophylloideae Melobesioideae Mastophoroideae | | Esquema basado en el trabajos de Johansen (ver citas en el texto), haciendo modificaciones importantes como: eliminar la categoría de tribu y no reconocer a la subfamilia Schmitzielloideae |
| Woelkerling 1996 | Choreonematoideae Lithophylloideae Melobesioideae Mastophoroideae Austrolithoideae | | Incluye en su esquema los trabajos de Verheij 1993, y Harvey y Woelkerling 1995, y por tanto reconoce la familia Sporolithaceae que no tiene ninguna subfamilia |

TABLA 2. Resumen de los principales esquemas de clasificación propuestos desde 1852 hasta 1996 para las coralinas. Todos los autores reconocen una sola subfamilia: Corallinoideae, a excepción de Woelkerling (1996), que integra a su esquema la propuesta de Verheij (1993), sobre erigirle su propia subfamilia al género *Sporolithon*. A partir de la propuesta de Johansen (1969) solo se incluyen en este cuadro, las subfamilias de coralinas no geniculadas. La información de Areschoug, Foslie, Svedelius y Setchell, fueron tomadas de Cabioch (1972).

I.2.1. Esquema taxonómico propuesto por Mason (1953)

A continuación se resume el esquema taxonómico propuesto por Mason (1953) sobre el cual basó Dawson (1960) su trabajo florístico para costas mexicanas. El criterio de ordenación es el morfológico y considera que las coralinas no geniculadas se dividen en dos grupos o tribus, las Lithophylleae y Lithothamnieae, de acuerdo al número de poros de los conceptáculos esporangiales (uniporados y multiporados, respectivamente). Dentro de esta sectorización, los géneros y las especies son separados por caracteres de la morfología externa y algunos otros caracteres morfológicos internos (anatómicos), tales como presencia de tricocitos (como heterocitos o megacélulas), presencia de células alargadas y oblicuas en relación al substrato formando el filamento basal (muy probablemente refiriéndose a las células en empalizada), grosor del talo y la forma de vida (epífita, epizoico, litofítico).

La ponderación de tales caracteres, segrega dentro del grupo Lithophylleae, a los géneros *Hydrolithon*, *Heteroderma*, *Dermatolithon* y *Lithophyllum*. En el caso del grupo Lithothamnieae todos los géneros presentan conceptáculos multiporados. Las características de segregación de géneros son: la presencia de tapones esporangiales, forma de las células epitaliales y algunos de los caracteres que se usaron previamente para la delimitación de géneros en la tribu Lithophylleae, tales como: presencia de tricocitos, grosor del talo y forma de vida. En este grupo encontramos a los géneros: *Clathromorphum*, *Lithothamnion*, *Melobesia*, *Polyporolithon*.

I.2.2. Esquema taxonómico propuesto por Cabioch (1972, 1988)

Por otro lado, está el esquema propuesto por Cabioch (1972, 1988), basado en el estudio del desarrollo de los caracteres morfológicos (ontogénesis y morfogénesis del grupo) erigiendo a la Familia Corallinaceae, en la que incluye como subfamilia a Sporolithoideae. La autora afirma, que los organismos de ésta familia son de origen monofilético, que está conformada por subfamilias que incluyen mezcla de géneros de coralinas geniculadas y no geniculadas, concluyendo que los caracteres de significado taxonómico y relevancia filogenética son los relacionados con las estructuras reproductoras, el tipo de uniones celulares y los patrones de crecimiento del talo, en donde la presencia de genícula queda reducida a la calidad de carácter derivado desde ancestros con formas de crecimiento costroso y no geniculados. Esta propuesta no ha sido adoptada, y es hasta fechas muy recientes, con los análisis de Bailey y Chapman (1996), quienes llevaron a cabo un estudio donde analizan las relaciones evolutivas al interior de la familia Corallinaceae, inferidas a partir de la secuenciación genética del ARNr 18s quienes por las interpretaciones a partir del árbol obtenido, confirman,

aunque todavía parcialmente, que existe relación filogenética entre especies con y sin genícula a nivel de subfamilia, concordando con Cabioch (*op cit*), al mismo tiempo, sus resultados se aproximan, también parcialmente, a la propuesta de Woelkerling (*op cit*) en cuanto a la segregación de los géneros, poniendo en evidencia principalmente, la solidez de los caracteres usados en ambos esquemas, pero simultáneamente, resaltando la necesidad de una revisión integral de los mismos. En este trabajo, no profundizamos en la propuesta de Cabioch.

1.2.3. Esquema taxonómico propuesto por Woelkerling (1988, 1996)

Woelkerling basó su propuesta taxonómica, en los estudios de Johansen (1969), Adey y Johansen (1972) y Adey y MacIntyre (1973). Su criterio de ordenación es el morfológico, separando a las coralinas geniculadas de las no geniculadas, en este último grupo segrega taxones por caracteres anatómicos y reproductivos, principalmente esporangiales. Por otra parte, desde hace 20 años, el Dr. W. Woelkerling ha estado llevando a cabo una evaluación de los caracteres que propone en su esquema, basado en estudios descriptivos extensivos de campo y laboratorio, confrontando su información con el material tipo y con ejemplares de colecciones de herbario (Woelkerling 1983a,b; 1984, 1985, Woelkerling, Penrose y Chamberlain 1993). Esto le ha permitido seleccionar aquellos caracteres que parecen ser los más convenientes por presentar poca variación y no estar influidos por el ambiente (tabla 3); reconociendo que el resto de ellos, relacionados con la forma, anatomía del tejido, estructuras reproductoras, y estructura celular, son variables y muchos de ellos, tales como: número de células de grosor del talo; la condición monómera o dímera de éste, presencia de células en empalizada, presencia y arreglo de tricocitos, etc., son caracteres altamente variables en relación a las condiciones medioambientales particulares tanto bióticas como fisicoquímicas y mecánicas, tales como: temperatura del agua, golpeo del oleaje, pastoreo, forma de vida (epífitos o epilíticos), por mencionar algunas.

Las investigaciones de Woelkerling han sido apoyadas por otros trabajos taxonómicos realizados por diferentes autores en distintas áreas geográficas, tales como Chamberlain (1983), Jones y Woelkerling (1984), Afonso-Carrillo (1984,1988), Afonso-Carrillo *et al.* (1993), Campbell & Woelkerling (1990), Penrose (1991, 1992), Penrose y Chamberlain (1993), Chamberlain (1993), Irvin y Chamberlain (1994), Keats y Chamberlain (1994, 1997), Keats (1995), Keats *et al.* (1997), entre otros y por supuesto por Woelkerling y colaboradores, principalmente en la región sur de Australia. (Woelkerling y Harvey, 1993, Woelkerling, Irvine y Harvey, 1993, Harvey y Woelkerling, 1995,) entre otros.

I.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Inicialmente, y contando con que la resolución de la problemática taxonómica de las coralinas no geniculadas estaba prácticamente resuelta, de acuerdo con los trabajos de Woelkerling (1988, 1996) el objetivo inicial de este trabajo fue contribuir al conocimiento florístico del grupo en las costas tropicales del Pacífico de México y actualizar el inventario de éste, adoptando los cambios taxonómicos y nomenclaturales propuestos por este autor, documentando la información para las especies presentes en nuestras costas.

Para el reconocimiento de nuestros ejemplares, se procedió de la siguiente manera: para la determinación a nivel subfamilia y género, se usaron las claves y descripciones de Woelkerling (1988) y para el reconocimiento de especies, se le dio prioridad a los trabajos de Mason (1953) y Dawson (1960), relacionados con las costas del Pacífico Norte y Centro americano, dado que los estudios a nivel específico de otros autores están restringidos a taxones presentes en otras áreas geográficas, tales como Mendoza (1976a, b, 1977, 1979, 1988); Mendoza y Cabioch (1985a, b, 1986a,b); Mendoza y Molina (1993) para el sur de Argentina; Meneses (1993) para Chile; los de Afonso-Carrillo (1984,1988) para las Islas Canarias; Irvin y Chamberlain (1994) para las Islas Británicas; Woelkerling (1996) para el sur de Australia, entre otros.

Con este procedimiento, nuestros ejemplares estaban siendo determinados simultáneamente, como pertenecientes a dos o más especies distintas del mismo género y en algunos casos como especies de géneros distintos; lo cual nos llevó a hacer una revisión de la información contenida en las descripciones de las especies registradas en las costas del Pacífico americano y particularmente del Pacífico tropical mexicano, analizando los caracteres del esquema taxonómico en que se basa Dawson para la separación de taxones.

Una vez analizada, la información proporcionada por Mason (1953), en su trabajo taxonómico y por Dawson (1960), en su trabajo florístico, nos percatamos que los caracteres usados para la delimitación de taxones a nivel de subfamilia y tribu, son insuficientes y aquellos usados en la delimitación a nivel genérico como específico son variables, a la luz de las investigaciones recientes (tabla 3). Además, nos encontramos con una fuente de confusión más; las anotaciones que hace Dawson (*op cit*) al final de algunas descripciones, no concuerdan con éstas, o con las fotos o esquemas de su trabajo, y en ocasiones son contradictorias.

Por lo que las determinaciones y delimitaciones entre especies no fue clara en un principio, optándose por hacer agrupaciones formadas por entidades con características semejantes pero que no podían ser determinadas.

Por otra parte, nos encontramos con otra problemática, varios géneros reconocidos por Mason y Dawson (*op. cit.*) se han redefinido recientemente por los especialistas, tales como *Lithophyllum* e *Hydrolithon*, algunos de ellos han pasado a ser sinónimos taxonómicos o nomenclaturales de otros, como *Heteroderma* y *Dermatolithon* de *Lithophyllum*; así mismo, se están reevaluando los caracteres de algunos otros, considerados hasta el momento como taxones *inserta sedis* (*Goniolithon*).

De ésta primera etapa de nuestro trabajo, concluimos que los esquemas de Mason (1953) y Woelkerling (1988) usan caracteres de delimitación con ponderaciones distintas, para las tres principales categorías: subfamilias o tribus (según Mason), géneros y especies (tabla 3). Por lo que consideramos que el procedimiento que habíamos seguido era incorrecto, decidimos apegarnos a los estudios donde Woelkerling sintetiza información taxonómica tanto a nivel genérico como específico (1988, 1996) y tratar de rescatar la mayor cantidad de información posible de la que aporta Dawson (*op. cit.*) en su trabajo.

| Caracteres que delimitan taxones a diferentes niveles , de acuerdo con | | |
|--|--|---|
| | Mason (1953) y Dawson (1960) | Woelkerling (1988, 1996). |
| Subfamilias | Presencia/ausencia de genículas. | Presencia/ausencia de genícula, tipo de uniones celulares, número de poros en conceptáculos esporangiales, presencia de tapón esporangial. |
| Tribus | Número de poros conceptaculares esporangiales: uniporados (<i>Lithophylleae</i>) vs multiporados (<i>Lithothamnieae</i>). | No reconoce esta categoría |
| Géneros | Hábito, forma de vida, forma de las células epitaliales, presencia de tricocitos, presencia de tapones esporangiales, tipo de división de los tetrasporangios. | Organización y construcción del talo, número de capas de la región basal del talo, forma de las células epitaliales, origen del techo conceptacular esporangial, distribución de los espermatangios en la cámara. |
| Especies | Número de capas celulares del talo, forma y arreglo de las células en los filamentos basales (como hipotalo), forma, arreglo y distribución de los tricocitos y sus dimensiones. Dimensiones de estructuras reproductoras. | Posición y arreglo de los tricocitos, número de capas celulares del techo conceptacular esporangial, presencia de columela, dimensiones de las cámaras conceptaculares, forma, tamaño relativo y posición de las células del canal conceptacular esporangial, número de esporangios por cámara conceptacular. |

Tabla 3. Principales caracteres usados en la delimitación de taxones en las distintas categorías, por Mason (1953) y retomada por Dawson (1960), comparados con los usados por Woelkerling (1988, 1996).

Esto nos llevó a una reestructuración del trabajo de tesis respecto al inicial, donde ahora, lo más importante era la solución de la problemática existente en el estudio de las coralinas no geniculadas en la región del PTM y la propuesta de obtención y análisis de información de tipo taxonómico para facilitar el reconocimiento de taxones de una manera más precisa y simultáneamente, hacer el reconocimiento y determinación de ejemplares para contribuir, rehaciendo, el inventario florístico de las coralinas no geniculadas.

De acuerdo con los primeros antecedentes generados por este trabajo, y por investigaciones realizadas por León-Álvarez (*com. pers.*) sobre este mismo grupo de organismos; la hipótesis alrededor de la cual gira este trabajo es que: los registros existentes para el PTM y en general para las costas de México, representan, desde mi punto de vista, más que diferentes taxones, el grado de variación morfológica de las poblaciones de coralinas en la región. Lo cual significa que al hacer estudios extensivos de campo, el número de registros actuales se reducirá considerando la variación morfológica y seguramente habrá registros de nuevas especies nunca antes registradas.

I.4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Análisis y evaluación taxonómica del grupo de las coralinas no geniculadas en la región del PTM

OBJETIVOS PARTICULARES

- Solucionar en la medida de lo posible la problemática taxonómico-florística de las coralinas no geniculadas en las costas del PTM.
- Reconocer la expresión y los intervalos de variación de los caracteres de las especies registradas en las localidades de estudio.
- Proponer un patrón de obtención y análisis de información de tipo taxonómico para facilitar el reconocimiento de taxones.
- Recuperar el material biológico de coralinas costrosas, de la colección de muestras de Macroalgas del Pacífico Tropical Mexicano (MPTM) del Herbario FCME, como material de consulta y referencia taxonómica.

II. ANTECEDENTES

Los estudios sobre coralinas costrosas en la región del Pacífico norte y centro americano son de varios tipos y a diferentes niveles de integración, en primer término tenemos las investigaciones taxonómico-florísticas realizadas por Taylor (1945), Mason (1953) y Dawson (1960); éste último incluye en su trabajo 56 descripciones de coralinas para México, de éstos, 22 son para la región del Pacífico tropical mexicano (PTM). Aunque Abbott y Hollenberg (1976), incluyen en su publicación varios registros de coralinas con distribución en México, no fue considerada como una contribución original, dado que sus descripciones son copias, en la mayoría de los casos incompletas, de las que proporciona Dawson (*op. cit.*).

En segundo lugar, investigadores de diversas instituciones, han estado elaborado trabajos de carácter primordialmente inventarial de los principales grupos de macroalgas, incluyendo a las coralinas. El análisis de la literatura mostró que la mayoría de los registros, no cuentan con las descripciones del material en el que se basó la determinación, no incluyen esquemas ni se señala el nombre de las autoridades de los taxones y tampoco se especifica la literatura consultada para su determinación, tampoco se proporciona información de la colección a la que pertenecen los especímenes y donde están depositados; no queda claro que sistema taxonómico y nomenclatural se usa, dado que se han aplicado nombres bajo esquemas diferentes o combinados y por tanto, diferente definición de los taxones; hay dos publicaciones que han adoptado los cambios nomenclaturales propuestos en la literatura especializada actual, Dreckmann (1991) y León-Alvarez y González-González (1993) pero presentan errores de citación. En la tabla 4 aparecen las publicaciones consultadas.

| AUTOR | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | AUTOR | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Aguilar R.L. <i>et al.</i> 1985 | * | | | | | ▲ | | Huerta y Tirado 1970 | | | | | | | ▲ |
| Aguilar R.R. <i>et al.</i> 1990 | | * | | | | ▲ | | Huerta <i>et al.</i> 1987 | | | | * | * | ▲ | |
| Campa de Guzmán 1965 | | | | * | | ▲ | | Jordán <i>et al.</i> 1978 | | | | | * | ▲ | |
| Chávez 1972 | | | * | | | ▲ | | León-Alvarez y González-González 1993 | | * | | | | ▲ | |
| Dreckmann 1987 | | | * | | | ▲ | | Mateo Cid 1986 | | | | * | ▲ | | |
| Dreckmann 1991 | | | * | | | | | Mateo-Cid y Mendoza-González 1991a,b | | * | | | ▲ | | |
| Flores 1975 | | * | | | | ▲ | | Mateo-Cid y Mendoza-González 1992 | | * | | | ▲ | | |
| Garza-Barrientos 1976 | | | | | | ▲ | | Mateo-Cid y Mendoza-González 1997 | | * | | | ▲ | | |
| Garza-Barrientos <i>et al.</i> 1984 | | | | * | | ▲ | | Mendoza-González y Mateo-Cid 1985a | | | | * | ▲ | | |
| Gómez 1987 | | | | | * | ▲ | | Mendoza-González y Mateo-Cid 1985b | * | | | | ▲ | | |
| González 1979 | | * | | | | ▲ | | Mendoza-González y Mateo-Cid 1986 | * | | | | ▲ | | |
| Guzmán del Próo <i>et al.</i> 1972 | * | | | | | ▲ | | Mendoza-González y Mateo-Cid 1992 | | * | | | ▲ | | |
| Huerta 1960 | | | | * | | ▲ | | Ortega <i>et al.</i> 1986 | | * | | | ▲ | | |
| Huerta 1961 | | | | * | | ▲ | | Pacheco y Aguilar R.L. 1984 | * | | | | ▲ | | |
| Huerta 1978 | | | | | | ▲ | ▲ | Pérez 1967 | | | * | | ▲ | | |
| Huerta y Garza Barrientos 1964 | | | | * | | ▲ | | Salcedo <i>et al.</i> 1988 | | | * | | ▲ | | |
| Huerta y Garza Barrientos 1966 | | | | | * | ▲ | | Sánchez 1980 | | | | * | ▲ | | |
| Huerta y Garza Barrientos 1975 | | | * | | | ▲ | | Valenzuela 1987 | | | | * | ▲ | | |
| Huerta y Garza Barrientos 1980 | | | | | | ▲ | | | | | | | | | |

Tabla 4. Publicaciones que incluyen registros de coralinas no geniculadas para las diferentes regiones costeras de México. 1. Pacífico de Baja California, 2. Golfo de California, 3. Pacífico tropical mexicano, 4. Golfo de México, 5. Caribe Mexicano. Tipo de publicación: 6. Listado Florístico, 7. otro tipo de publicación. (González-González, *et al.* 1996)

De acuerdo con la información proporcionada en esos trabajos, hasta 1997, tenemos un total de 98 especies para las costas de México, de las cuales 31 más 3 variedades se registran para las costas del Golfo y Caribe mexicanos, 66 especies y 4 variedades para las costas del Pacífico (incluyendo el Golfo de California, el Pacífico de Baja California y el Pacífico tropical mexicano, (PTM); y sólo 4 especies compartidas en ambos litorales. Solamente para el PTM se tienen registradas 38 especies, 3 variedades y 1 forma, de acuerdo con Dreckmann (1991), León-Alvarez y González-González (1993) y González-González *et al.* (1996). Los géneros *Lithophyllum* y *Lithothamnion* son los mejor representados por el número de especies que de ellos se registran. En la tabla 5 listamos los nombres de los registros para el PTM.

| | |
|--|---|
| 1. <i>Choreonema thurettii</i> (Bom.) Schmitz | 22. <i>L. trichotomum</i> (Heyd.) Lem. |
| 2. <i>Fosliella minuta</i> Taylor | 23. <i>Lithophorella pacifica</i> (Heyd.) Fosl. |
| 3. <i>F. paschalis</i> (Lem.) Setch. et Gard. | 24. <i>Lithothamnion australe</i> f. <i>australe</i> (Fosl.) Fosl. |
| 4. <i>Hydrolithon conicum</i> Daws. | 25. <i>L. australe</i> (Fosl.) Fosl. f. <i>americana</i> Fosl. |
| 5. <i>H. decipiens</i> (Foslie) Adey | 26. <i>L. australe</i> (Fosl.) Fosl. f. <i>tualensis</i> Fosl. |
| 6. <i>H. farinosum</i> (Lamouroux) Penrose et Chamberlain = <i>Fosliella farinosa</i> (Lamour.) Howe <i>Melobesia farinosa</i> Lamour. | 27. <i>L. giganteum</i> Mason |
| 7. <i>H. onkodes</i> (Heydrich) Penrose et Woelk. = <i>Porolithon onkodes</i> (Heyd.) Fosl. | 28. <i>L. indicum</i> Fosl. |
| 8. <i>H. reinboldii</i> (W.-van B. et Fosl.) W. van B. et Fosl. | 29. <i>L. lenormandi</i> (Aresch.) Fosl. |
| 9. <i>Litholepis accola</i> Fosl. | 30. <i>L. pacificum</i> (Fosl.) Fosl. |
| 10. <i>L. sonorensis</i> Daws. | 31. <i>L. validum</i> (Fosl.) Fosl. |
| 11. <i>Lithophyllum australe</i> (Fosl.) Lem. | 32. <i>Melobesia marginata</i> Setch. et Fosl. |
| 12. <i>L. ascripticum</i> (Foslie) Woelk. et Campbell = <i>L. pustulatum</i> f. <i>ascripticum</i> (Fosl.) Setch. et Mason <i>Dermatholithon pustulatum</i> (Lamour.) Fosl. f. <i>ascripticum</i> Fosl. ex De Toni <i>Dermatholithon ascripticum</i> (Fosl.) Setch. et Mason | 33. <i>Melobesia membranacea</i> (Esper.) Lamour. |
| 13. <i>L. brachiatum</i> (Heyd.) Lem. | 34. <i>M. polystromatica</i> Daws. |
| 14. <i>L. corallinae</i> (Crouan y Crouan) Woelk. et Campbell = <i>Dermatholithon corallinae</i> (Crouan et Crouan) Fosl. <i>Titanoderma corallinae</i> (Crouan et Crouan) Woelkerling Chamberlain et Silva | 35. <i>Neogoniolithon setchellii</i> (Fosl.) Adey |
| 15. <i>L. divaricatum</i> Lem. | 36. <i>N. trichotomum</i> (Fosl.) Setch. et Mason |
| 16. <i>L. grumosum</i> (Fosl.) Fosl. | 37. <i>Pneophyllum confervicolum</i> f. <i>confervicolum</i> (Fosl.) Chamberlain = <i>Heteroderma minutula</i> (Fosl.) Fosl. |
| 17. <i>L. hancockii</i> Daws. | 38. <i>P. fragile</i> Kütz. = <i>P. lejolisii</i> (Rosanoff) Chamberlain <i>Fosliella lejolisii</i> (Rosanoff) Howe |
| 18. <i>L. imitans</i> Fosl. | 39. <i>P. nicholsii</i> (Setch. y Mason) Chamberlain = <i>Heteroderma nicholsii</i> Setch. et Mason |
| 19. <i>L. lichenare</i> Mason | 40. <i>Spongites yendoii</i> (Fosl.) Chamberlain = <i>Lithophyllum decipiens</i> (Fosl.) Fosl. |
| 20. <i>L. lithophylloides</i> Heyd. | 41. <i>Spongites fruticulosus</i> Kütz. = <i>Lithothamnion fruticulosus</i> (Kütz.) Fosl. |
| 21. <i>L. proboscideum</i> (Fosl.) Fosl. | 42. <i>Tenarea dispar</i> (Fosl.) Adey |

Tabla 5. Listado de especies registradas para la región del Pacífico tropical mexicano. La información sobre las sinonimias fue corroborada en las fuentes originales: 6. Penrose y Chamberlain (1993); 7. Penrose y Woelkerling (1992); 12 y 14. Woelkerling y Campbell (1992); 37. Chamberlain (1983), 38-39. Chamberlain (1983); 40. Chamberlain (1993), Woelkerling (1985).

En tercer término, la región del PTM, ha sido objeto de una caracterización ficoflorística a lo largo de varios años, por los investigadores del Laboratorio de Ficología y de la Sección Ficológica del Herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM, a través del proyecto Macroalgas del PTM. La información generada, ha permitido recabar información sobre los intervalos de variación tanto morfológica, como geográfica y distribucional en gradiente de condiciones ambientales, de algunas especies en la región (Rodríguez, 1989; León-Alvarez, 1996), así como proponer patrones de distribución de las algas a nivel regional, local y ambiental, los cuales registran los cambios en las comunidades a través de las variaciones tanto bióticas como abióticas del medio (González-González, 1992a). En los trabajos generados por este proyecto (principalmente tesis) nos percatamos que se menciona continuamente a 'las coralinas costrosas' o a *Lithophyllum sp.* o *Lithothamnion sp.*, haciendo énfasis en su amplia distribución en la región; se encuentran formando parte de casi todas las comunidades descritas por González-González (*op. cit.*). En trabajos de orientación ecológica, se dice que la presencia de las coralinas costrosas es constante y que tiene una dinámica poblacional interesante a lo largo de un ciclo anual, según lo muestran las investigaciones de De la Mora (1996) y Serna (1996); sin embargo, no se menciona precisamente, cuáles especies son las de amplia distribución, cuáles están en las diferentes comunidades, o cuáles son las que presentan variaciones estacionales, morfológicas respecto a las variaciones del ambiente, de distribución, de dinámica de poblaciones, entre otras, pues la información no se da a nivel de especie.

Por otra parte, existen varios estudios para la región de Sudamérica, también de carácter primordialmente florístico-inventarial, entre ellos Dawson *et. al.* (1964) para Perú; Levring (1960) y Etcheverry (1986) de Chile; Pujals (1963) y Mendoza (1974, 1976a,b, 1977, 1979, 1988), Mendoza y Cabioch (1985a,b, 1986a,b) y Mendoza y Molina (1993) de Argentina y Yamagishi (1976) para Brasil.

Finalmente, existe una serie de trabajos publicados por investigadores extranjeros que incluyen en sus obras registros de especies de coralinas no geniculadas presentes en costas mexicanas (tabla 6); las cuales cuentan en la mayoría de los casos con descripciones y algunos esquemas y fotografías.

| AUTOR | P | A | LF | F-T | AUTOR | P | A | LF | F-T |
|---|---|---|----|-----|-------------------------|---|---|----|-----|
| Abbott y Hollenberg 1976 | * | | | ▲ | Mason 1953 | * | | | ▲ |
| Abbott y North 1972 | * | | | ▲ | Norris 1975 | * | | | ▲ |
| Dawson 1944, 1946, 1949, 1953, 1959, 1961 | * | | ▲ | ▲ | Satchell y Gardner 1930 | * | | | ▲ |
| Hariot 1895 | * | | | ▲ | Smith 1969 | * | | | ▲ |
| Humm 1952 | | * | | ▲ | Stewart y Stewart 1984 | * | | | ▲ |
| Humm y Hildebrand 1962 | | * | | ▲ | Taylor 1945 | * | | | ▲ |
| Kim 1964 | | * | | ▲ | Taylor 1960, 1972 | | * | | ▲ |
| Littler y Littler 1981 | * | | ▲ | | | | | | |

Tabla 6. Publicaciones extranjeras que incluyen registros de especies de coralinas no geniculadas para las costas de México. P: Costa Pacífica, A: Costa Atlántica. Tipo de Publicación: LF listado florístico, F-T florístico taxonómico.

III. MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO

Esta tesis forma parte y contribuye al proyecto Macroalgas del Pacífico tropical mexicano (MPTM). El desarrollo de éste está enmarcado bajo un planteamiento teórico metodológico particular, propuesto por J. González-González hace más de 20 años, (formalmente en 1991), y del cual resumimos los siguientes puntos.

Respecto al estudio florístico de grupos taxonómicos particulares, tal planteamiento establece que para la definición, caracterización y delimitación de especies partimos del entendido de que un mismo genoma (el de la especie) tiene una expresión multidiferencial en distintos niveles, como son las diferentes formas de manifestación de los individuos, simultáneamente con las diferentes etapas del ciclo de vida y en relación con los gradientes de las condiciones ambientales donde se desarrollan las poblaciones, produciendo intervalos de variación en espacios y tiempos distintos.

Aproximarse al conocimiento de esta expresión multidiferencial y multifactorial requiere de la traducción de cualidades y capacidades de las diferentes entidades a características observables y medibles. El conjunto de características morfofisiológicas que reúnen al conjunto de manifestaciones de un mismo genoma ha sido conceptualizado como *unidad holística* (González-González, 1991). Las unidades concretas que manipulamos y que podemos reunir para obtener ese total de caracteres, Hennig (1968) lo llamó *holomorfa*

Conforme las unidades holísticas van incrementando su nivel de información a través de las poblaciones del objeto de estudio particular, es posible reconocer aquellas características y sus intervalos de variación (patrón estructural básico, González-González, 1991). El manejo diferencial de estos intervalos, permite generar unidades "menores" desde aproximaciones diferentes, las cuales taxonómicamente se denominan variedades o formas, y ecológicamente dan lugar a los ecotipos o poblaciones. El patrón que expresa cada una de las diversas posibilidades de manifestación de los organismos, bajo condiciones ambientales distintas, ha recibido el nombre de *unidad háptica* (González-González, *op cit.*), y nos posibilita el reconocimiento del intervalo de variación de una especie (unidad holística) en particular.

Para la construcción de las unidades hápticas, se requiere de los elementos informativos concretos de los que vamos a extraer la información. En el caso de las macroalgas, siempre se trabaja con etapas de individuos, que expresan diferentes características dadas las variaciones en su expresión morfológica,

anatómica o reproductiva, asociadas a la etapa de desarrollo en la que se encuentren y relacionada con los factores del medio. Cada una de estas unidades informativas ha sido denominada *unidad merística* (González-González 1991). Hennig (1968) acuñó el término de *semaforonte* para reconocer las variaciones morfológicas por las que pasaban los insectos a lo largo de su desarrollo (huevo, larva, pupa, insecto), el cual resulta para muchos biólogos, un concepto mucho más claro y práctico por tener un contenido más definido y limitado.

Toda la información generada tanto por las unidades merísticas (en este caso equiparadas a semaforontes), hápticas (que relacionan las formas de manifestación y comportamiento de los organismos de una especie bajo condiciones ambientales particulares) y finalmente integradas en las holísticas (la expresión potencial de todas las formas de manifestación, en 'todos' los espacios y 'todos' los tiempos que ha ocupado la especie) nos permite reunir, analizar, confrontar y entender su origen e historia; e integrar la información bajo procedimientos taxonómicos, evolutivos o de cualquier otro tipo. Esto es, hacer una valoración de toda la información, sectorizarla y categorizarla, con el fin de proponer, por una parte, patrones estructurales básicos, que es toda aquella información de definición y delimitación de los taxones (González-González, 1991); con relación a este tipo de información, Papavero *et al.* (1997) han denominado clases de equivalencia¹, al conjunto de caracteres compartidos por un conjunto de organismos, que nos sirven como patrón de reconocimiento para la delimitación de unidades taxonómicas (divergencia). En segundo término, valorar el resto de los caracteres y reconocer aquellos que son variantes bajo diferentes circunstancias y que pueden ser usados diferencialmente en cada localidad o región biogeográfica, que posibilitan y nos explican la presencia de una misma especie en un gradiente amplio o estrecho de condiciones (variación intraespecífica); y por último, todas aquellas características que expresan las especies, pero que son parte del patrón estructural básico de taxones supraespecíficos (características generales de toda la familia, el orden o la división).

De acuerdo con González-González (*op cit*), esto constituye la estrategia metodológica de un trabajo florístico de tipo taxonómico, que él denomina *tónico*.

Considerando el planteamiento teórico anterior, el diseño metodológico para alcanzar los objetivos planteados, fue el que a continuación se describe.

¹ Clase de equivalencia: sea R una relación de equivalencia sobre A. Para todo elemento $a \in A$, $[a] = \{x \in A \mid x \equiv (R)\}$. Esto es: para tener una clase de equivalencia es necesario que todos los elementos del conjunto A satisfagan por lo menos una relación de igualdad (Papavero *et al.* 1997).

IV. METODOLOGÍA

IV.1. ANÁLISIS, SISTEMATIZACIÓN E INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE CORALINAS NO GENICULADAS

Se hizo una búsqueda de información bibliográfica referida a las costas del Pacífico americano de los registros de coralinas costrosas hechos para el PTM. Se recopilaron las descripciones de especies originales siempre que fue posible y se complementó información con aquella proporcionada por diferentes autores, para la región de estudio y para otras regiones. Las fuentes de donde se obtuvo la mayor cantidad de información fueron: Dawson (1944, 1960), Taylor (1945, 1960), Hamel y Lemoine (1953), Mason (1953), Masaki y Tokida (1960a,b), Pérez (1967) Norris (1975) y Dreckmann (1987) principalmente. Con esta recopilación se generó un listado de caracteres y estados de carácter útiles en la segregación de taxones a diferentes niveles taxonómicos. El listado inicial incluyó 115 caracteres y 300 estados de carácter.

Por otra parte se recopiló información principalmente de tipo florístico, taxonómico y ecológico, en la cual se han hecho estudios intensivos de caso con poblaciones de diferentes especies de coralinas costrosas, en diferentes regiones geográficas, y la literatura que integra toda esa información en una nueva concepción taxonómica sobre el grupo, sintetizada por Woelkerling (1988).

IV.2. ANÁLISIS DE CARACTERES

El análisis de caracteres consistió en reunir toda la información posible que proporcionaran los diferentes autores en las descripciones, claves, anotaciones taxonómicas, observaciones y discusiones de las especies registradas para el Pacífico americano; se compararon y se fueron eliminando aquellos cuyo uso era excepcional y donde no se explicaba a que se hacía referencia o cuál era la importancia de su registro, aquellos que eran mencionados sólo en una o algunas especies y era imposible su comparación y aquellos cuya comparación entre grupos no mostrara variaciones. Se hicieron agrupaciones que permitieron hacer inclusiones de términos en conceptos generales o que ya existían o que se les ha dado un contenido y un significado preciso en los estudios de caso recientes.

La información se resumió agrupando a los caracteres en tres conjuntos: morfológicos externos, morfológicos internos vegetativos y morfológicos internos

reproductivos. Como se encontraron caracteres bajo diferentes nombres, se adoptó la nomenclatura de Woelkerling (1988), reduciéndose el listado original a 84 caracteres y 150 estados de carácter (apéndice 2).

Dado que la principal fuente de información en este trabajo son las descripciones bibliográficas y el material de herbario, existen varios caracteres que resultaba inútil incluir en nuestro análisis, por lo que se generó un segundo listado de caracteres (tabla 15), los cuales se tomaron como referencia para obtener los datos necesarios, de ellos se elaboró una breve reseña descriptiva, anexando el estado que expresaron los ejemplares revisados (unidades merísticas). El listado presenta los caracteres separados en aquellos que delimitan a cada categoría taxonómica: subfamilias y géneros y los que proponemos sean tomados en cuenta para la definición de especies en las costas del PTM.

IV.3. SELECCIÓN DE LOCALIDADES

El material biológico utilizado, proviene de la colección de muestras de Macroalgas del Pacífico Tropical Mexicano (MPTM) del Herbario FCME, y se incluyeron ejemplares de la colección particular de Carlos Candelaria provenientes de sus muestreos para su tesis de doctorado, depositada en la sección. Se seleccionaron 14 localidades que coincidieron con los extremos norte, centro y sur del PTM (tabla 7); cinco localidades de Bahía de Banderas que incluye los estados de Jalisco y Nayarit, representando la parte norte de la región; tres más en el estado de Guerrero, ubicada en la zona media de la región y 6 localidades en Oaxaca, que representan el límite sur en términos ficoflorísticos; dado que en las costas del estado de Chiapas, prácticamente no existe una porción costera rocosa donde se desarrollen comunidades algales bentónicas, a excepción de una pequeña zona rocosa ubicada en Puerto Madero, donde no se tiene conocimiento de la presencia de coralinas costrosas (según los registros de la colección MPTM) (fig. 19). Cabe señalar que para algunos autores, la región de Bahía de Banderas es considerada como zona de "transición" biogeográfica (Fernández, *et al.* 1993), proponiendo el límite del PTM en Cabo Corrientes (un estudio más detallado sobre la ficoflora de esa región fue realizado por Serviere-Zaragoza 1993).

| LOCALIDADES DE ESTUDIO | | |
|-------------------------------|----------------------------------|--|
| Zona norte: Bahía de Banderas | Zona central: Guerrero | Zona sur: Oaxaca |
| Playa Los Muertos, Nay. | Puerto Escondido, Gro | Bahía Santa Elena, Oax. |
| Playa Careyeros, Nay. | El Yunque, Gro. | Puerto Escondido, Oax. |
| Punta Mita, Las Cuevas, Nay. | Playa la Ropa, Zihuatanejo, Gro. | La Entrega, Oax. |
| Isla Larga, Nay | | San Agustín, Oax. que incluye las Bahías El Violín y La India. |
| Bahía Corrales, Jal. | | |

Tabla 7. Localidades del PTM a las pertenecen los ejemplares analizados en este estudio.

IV.4. SELECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE MUESTRAS

Se revisaron 150 muestras multiespecíficas¹, tratando de que quedaran representados tanto ejemplares en estado vegetativo como reproductivo.

De cada una de estas muestras se obtuvieron los fragmentos de coralinas costrosas. En una muestra multiespecífica podíamos reconocer sólo una unidad merística de coralina aún cuando estuviera dividida en varios fragmentos, dadas sus semejanzas morfológicas externas y anatómicas, sin embargo, en algunas ocasiones pudimos reconocer, generalmente después del análisis anatómico de la muestra, que diferentes fragmentos morfológicamente diferentes pertenecían a la misma especie, y también que fragmentos morfológicamente similares, pertenecían a especies distintas, como en el caso de *Lithothamnion pacificum* e *Hydrolithon samoense*. En otros casos, nos percatamos que en un solo fragmento podíamos reconocer dos especies distintas, que seguramente se desarrollaron en el mismo hospedero y al crecer muy juntas, se sobrelaparon y perdieron su identidad individual espacial, como es el caso de *Pneophyllum fragile* y *Lithophyllum sp.* Por lo tanto, para fines prácticos, una unidad merística fue considerada como todo aquello que se encontrara en una muestra multiespecífica y que compartiera similitudes morfológicas externas, posteriormente, con el análisis anatómico se reconocieron como unidades taxonómicas distintas.

Como parte del procedimiento técnico para la observación de estructuras anatómicas tanto vegetativas como reproductivas, se probaron, evaluaron y modificaron varias técnicas de tinción reportadas en trabajos algales y algunas usadas en microtecnia vegetal (Curtis 1986, Jensen 1962, Johansen 1940) y aquellas reportadas en trabajos algales particularmente en rodofitas coralinas (Woelkerling 1978, 1988, Johansen 1969, Adey 1970, Adey y Johansen 1972). Como resultado se obtuvo el tipo de información que aporta cada técnica, cuáles son las más sencillas y ofrecen los mejores resultados. En el apéndice 1 aparecen los resultados detallados de este ejercicio. Por otra parte, se trabajó la metodología histológica propuesta por Woelkerling (1988) y Woelkerling y Harvey (1993), en la Universidad de La Trobe.

IV.5. DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MERÍSTICAS

Tomando como formato el listado de caracteres de la tabla 15, se obtuvo y codificó la información obtenida de cada unidad merística (ejemplares de herbario estudiados), y se almacenó en el programa Excel. Se generaron matrices de

¹ Una muestra multiespecífica está constituida por unidades merísticas pertenecientes a diferentes especies, que han sido colectados bajo las mismas condiciones ambientales, representa un ambiente o microambiente de colecta, y tiene asociada información documental sobre el conjunto particular de factores bióticos y abióticos (González-González, 1991).

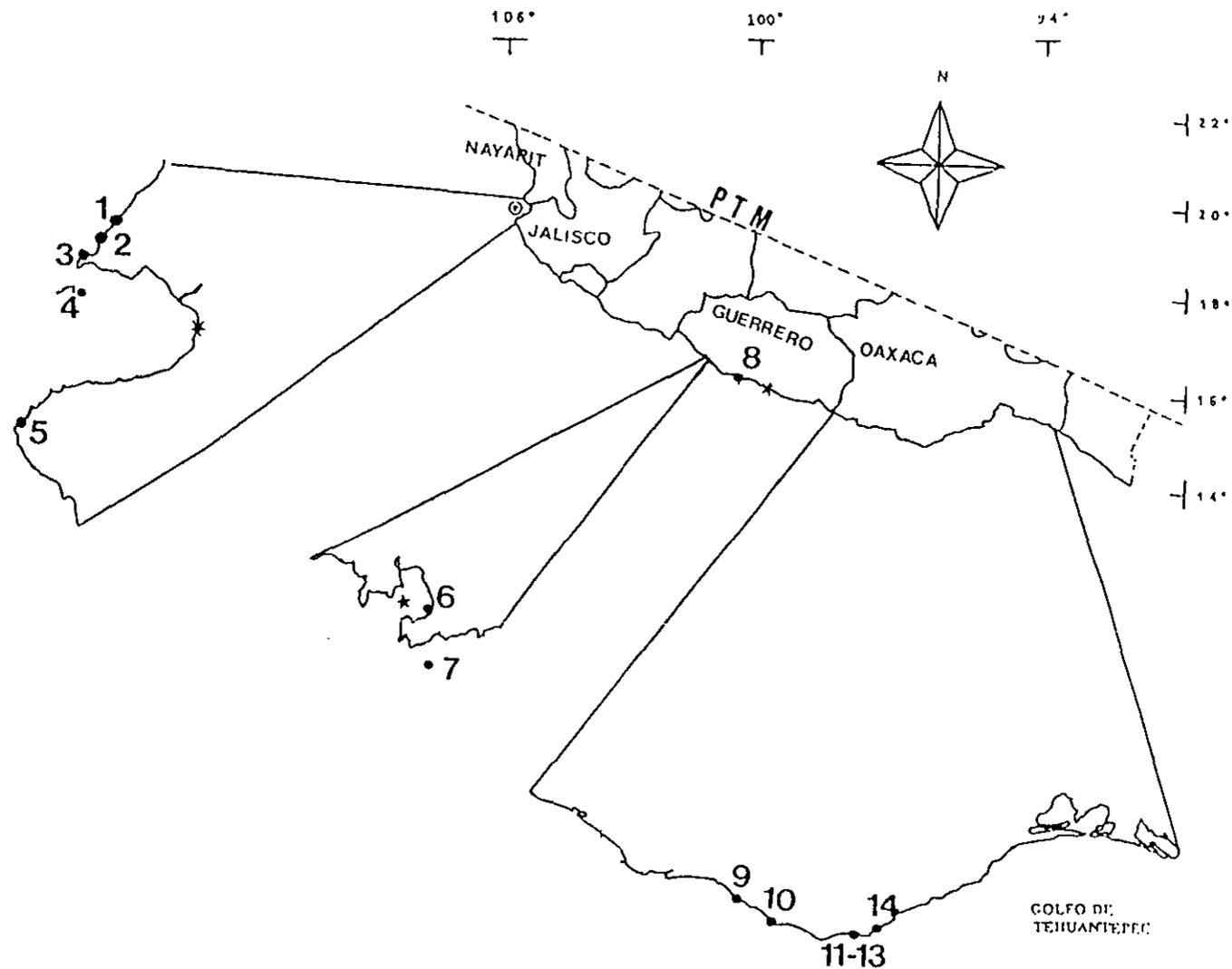


Fig. 19. Localidades de estudio. 1 Playa Los Muertos, Nay. 2. Playa Careyeros, Nay. 3. Punta Mita, Las Cuevas, Nay. 4. Isla Larga, Nay. 5. Bahía Corrales, Jal. 6. Playa La Ropa, Zih. Gro. 7. El Yunque, Gro. 8. Puerto Escondido, Gro. 9. Puerto Escondido, Oax. 10. Bahía Santa Elena, Oax. 11. Playa San Agustín, 12. El Violín, Oax. 13. La India, Oax. 14. La Entrega, Oax.

datos que contienen información de caracteres de las unidades merísticas revisadas. Los datos fueron sectorizados en cuantitativos y cualitativos y estos últimos fueron representados en gráficas de radar (Davidson, 1947 y Stuessy, 1990). Estas últimas mostraron la distribución de los caracteres en el conjunto de unidades y posibilitaron el reconocimiento de los patrones de similitud y diferenciación entre ellas, los cuales utilizamos para formar las clases de equivalencia.

Varios de los datos del listado de caracteres, no fueron registrados en los ejemplares y otros resultaron tener el mismo estado de carácter en todos ellos, por lo que se decidió eliminarlos de las representaciones gráficas. En las tablas de datos 10-13 aparece sombreada aquella información que no fue considerada.

En las tablas de datos de caracteres cualitativos, cada estado de carácter fue representado con el número que aparece en la tabla 15. Para su representación gráfica, cada eje de la gráfica de radar, que representa un carácter, fue dividido en 4 sectores, que representa el número máximo de estados de carácter registrados en la tabla 15.

En las tablas de datos de caracteres cuantitativos, aparecen los datos crudos, es decir, tal y como fueron obtenidos de los ejemplares, se notará que las unidades de medida van de algunas a varias micras y en algunos casos se emplean cm o mm, por lo que para representar esa información en las gráficas de radar, fue necesario transformar los datos a porcentaje, con el objeto de estandarizarlos. Esto significa que el contenido informativo de cada eje en cada especie o clase de equivalencia es distinto.

IV.6. GENERACIÓN UNIDADES HOLÍSTICAS

Se comparó la información de las matrices de datos y la de las gráficas de radar de cada una de las unidades merísticas, las semejanzas en las gráficas resultantes ayudaron a reconocer las clases de equivalencia y así formar grupos; las diferencias, sirvieron para establecer cuantas clases de equivalencia comparables teníamos. Las figuras 22-37, representan las clases de equivalencia encontradas (cada clase de equivalencia está constituida por un conjunto de ejemplares: unidades merísticas, similares).

En las gráficas de caracteres cuantitativos, los puntos representan los valores mínimo y máximo que tomó el carácter y las líneas que unen los puntos representan la forma de un polígono característico para cada ejemplar. En las gráficas de caracteres cualitativos solo aparece un punto para cada estado de carácter para el mismo número de ejemplares representados en las gráficas de datos cuantitativos, debido a que estos caracteres son los que le dan sentido a la

clase de equivalencia y por lo tanto son iguales en todos los ejemplares. Existen algunas excepciones, dado que hubo ejemplares que podían presentar dos estados de carácter simultáneamente, lo cual es parte de su propio patrón estructural básico.

IV.7. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN TAXONÓMICA

Se determinó la coherencia y consistencia de los caracteres de delimitación a nivel de subfamilia, género y especie que manejan Mason (1953)-Dawson (1960), comparando una a una las descripciones de los taxones que proporcionan en sus trabajos.

Se analizó la información de las descripciones de especies de la literatura, siguiendo el mismo procedimiento del apartado IV.1.5. Como ejemplo para este trabajo, sólo se tabularon y graficaron los datos de las especies del género *Lithophyllum*, proporcionadas por Dawson, dado que son las que cuentan con mayor información y las mejor representadas en las costas del PTM por el número de registros que de ellas se tienen.

De la misma manera se tomaron las especies de *Lithophyllum* que registra Woelkerling (1996), para poder hacer una comparación posterior entre la información de este autor, la de Dawson y la que obtuvimos se obtuvo del análisis de muestras.

Finalmente, se representó la variación de los caracteres cuantitativos de las diferentes especies de *Lithophyllum*, tanto de Dawson como de Woelkerling, en gráficas de dos ejes. En cada gráfica aparece la distribución de un solo carácter en las diferentes especies del género, en el eje de las abscisas aparece el valor en porcentaje del carácter, en el eje de las ordenadas aparecen las diferentes especies.

IV.8. CONFRONTACIÓN DE LAS UNIDADES HOLÍSTICAS vs LAS DESCRIPCIONES BIBLIOGRÁFICAS y DETERMINACIÓN DE ESPECIES

Se comparó la información de las clases de equivalencia con aquella proporcionada por los dos esquemas de referencia, Dawson (1960) y Woelkerling (1996), encontrándose una mayor compatibilidad entre éste último y nuestros datos. Finalmente las clases de equivalencia fueron descritas, considerando los 54 caracteres (tabla 15) y cada una fue validada a través de la asignación de un nombre específico que la hace pertenecer a una especie, conforme al esquema taxonómico de Woelkerling.

Para la determinación de las especies además de Woelkerling (1996) se utilizó otra literatura que sigue su escuela, tal como Irvin y Chamberlain (1994), Keats y Chamberlain (1994), además los datos fueron confrontados con material tipo de la colección de ejemplares de coralinas no geniculadas de Mason, Dawson y Foslie, depositadas en el Herbario de la Universidad de Berkeley (UC), que nos fueron dados en préstamo por el Dr. P.C. Silva. Finalmente todo fue certificado por el Dr. Wm.J. Woelkerling. Se generó material de referencia y consulta taxonómica (fotos, laminillas, ejemplares) para el herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM, (FCME).

En el capítulo de resultados, se incluyen las descripciones de las categorías genéricas y supragenéricas tomadas de Woelkerling (1996) y que en general representan ampliaciones de las descripciones originales de dichos taxones. Debajo de los nombres específicos, aparecen las descripciones de las clases de equivalencia y representan únicamente lo que se observó en el material revisado.

IV.9. GENERACIÓN DE CLAVES

Se elaboró una clave dicotómica jerárquica para determinación de las subfamilias, géneros y especies registradas en este estudio usando la información que se obtuvo de las clases de equivalencia.

IV.10. INFORMACIÓN AMBIENTAL Y DOCUMENTAL DE LAS ESPECIES REGISTRADAS

Se hizo una recopilación de la información documental disponible en las bases de datos del herbario, sobre las muestras de coralinas no geniculadas que fueron determinadas a especie, dicha información se resumió en 4 rubros principalmente, que son: Localidad y fecha de colecta, características del ambiente donde se colectaron, especies asociadas y distribución, además de otras observaciones o anotaciones sobre información relevante previamente existente, o generada en este trabajo.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

V.1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DE HERBARIO SOBRE CORALINAS NO GENICULADAS

Las citas de la literatura recopilada y analizada fueron almacenadas en una base de datos, en el Herbario de la Facultad de Ciencias, FCME.

Las descripciones recopiladas a partir de la literatura, de las especies registradas para el PTM, se almacenaron en una base de datos y están disponibles en el sistema de información del herbario FCME, de la Facultad de Ciencias, así como los listados de caracteres obtenidos a partir de las mismas.

El total de muestras de herbario revisadas fue de 150. Se encontró que de éstas, el 51% estaba en estado vegetativo, el 24% en estado reproductivo gametangial femenino o masculino y solamente el 25% en estado reproductivo tetrasporangial. En la siguiente tabla aparecen las referencias de herbario analizadas en estado vegetativo y gametangial.

| NÚMERO DE MUESTRA | COLECCIÓN A LA QUE PERTENECE |
|--|--|
| 001A, 003A, 004A, 005A, 006A, B6, C3, C6 | Colección particular, M.C. Carlos Candelaria. Puerto Escondido, Gro. 20/12/97. Creciendo en zona de riscos en la intermareal alta a media. |
| 104, 137, 145, 161, 162, 164, 167, 172, 202 | Colección particular, MC. Carlos Candelaria. Las Cuatas, Zihuatanejo, Gro. 1992. |
| 6386, 6387, 6390, 6391 | Colección PTM: Playa La Ropa, Zihuatanejo, Gro. Submareales, de 3-4 m de profundidad. 20/12/97 |
| 4236, 4243, 4244, 4357, 4362, 4369 | Colección PTM, Estado de Guerrero |
| 2357, 3047, 3431, 3567, 3589, 3615, 3617, 3631, 3345, 3351, 3378, 3383 | Colección PTM: Bahía de Banderas |
| 1920, 1398, 2169, 2577, 2878, 2967, 3031, 3273, 3314, 3371, 3376, 3431, 3631, 4061, 4064, 4088, 4091, 4099, 4111, 4112, 4123, 4132, 4151, 4181, 4342, 4362, 4419, 4448, 4451, 4453, 4458, 4480, 4547, 4578, 4795, 4807, 4826, , 4552, 4572, 4487, 2883, 4793, 2507, 4464, 4465, 4467, 4120, 4119, 5334, 5329, 5198, 5199, 5338, 5883, 6270, 6276, 6286 | Colección PTM, Estado de Oaxaca. |

Tabla 8. Muestras revisadas en estado vegetativo. Las colecciones registradas como particulares, están disponibles en el herbario FCME de la Facultad de Ciencias, pertenecen a proyectos de tesis de doctorado, y están en proceso de ser asignadas a la colección MPTM.

A continuación, describimos los principales caracteres de definición y delimitación de taxones, recopilados de la literatura, los cuales fueron agrupados de acuerdo a las consideraciones que de ellos se hicieron en: morfológicos externos, anatómicos vegetativos y anatómicos reproductivos. La información que aparece antecedida por un punto (•), es la información bibliográfica encontrada sobre los caracteres, y aquella que es antecedida por un asterisco (*) es la condición en la que fueron encontrados nuestros ejemplares. Un resumen inicial de los caracteres que se describen puede consultarse en la tabla 9.

| Caracteres morfológicos vegetativos | | Caracteres morfológicos reproductivos | | | |
|---|---|--|---|---|--|
| externos | anatómicos | esporangiales | | gametangiales | poco conocidos |
| Forma de crecimiento | Construcción del talo | Tipo de conceptáculos | Número de células a partir del piso de la cámara conceptacular hacia el techo | Origen de células espermatangiales iniciales | Dimensiones de los conceptáculos gametangiales |
| Forma de vida | Simetría del talo | Origen de los primordios conceptaculares | Forma, tamaño y posición de las células que flanquean el canal de la cámara conceptacular | Presencia de células protectoras sobre las células iniciales espermatangiales | Posición de los filamentos del gonimoblasto en la cámara conceptacular |
| Apariencia de la superficie | Arreglo y diferenciación del talo | Formación del techo conceptacular | Presencia de células que ocluyen el poro de la cámara | Tipo de ramificación de los espermatangios | Tamaño de las carposporas |
| Dimensiones del talo | Número de capas celulares de grosor del talo | Patrón de distribución de los esporangios | Diámetro de los poros conceptaculares esporangiales | Posición de los espermatangios en la cámara | Número cromosómico de talos y bi/tetrasporas |
| Dimensiones de las protuberancias/ramas | Forma y dimensiones de las células del talo | Presencia de columela | Largo del canal de la cámara conceptacular esporangial. | | Tamaño relativo y posición de fusiones celulares |
| Características del margen de las costras | Forma y número de las células del epitalo | Patrón de división de las esporas | | | Abundancia de granulación en las células del talo |
| Adhesión al substrato y Presencia de células de adhesión o haustorios | Presencia, arreglo y dimensiones de los tricocitos | Filamentos no calcificados entre las estructuras reproductoras | | | Patrón de germinación de las esporas |
| Número de poros conceptaculares en vista superficial | Presencia de pelos en los tricocitos | Dimensiones de las cámaras conceptaculares | | | |
| Coloración | Posición de las células meristemáticas o iniciales y elongación celular | Dimensiones de los esporangios | | | |
| | Tipo de uniones celulares | Tapones esporangiales conceptaculares | | | |

TABLA 9. Caracteres considerados en este estudio para la definición y delimitación de taxones.

CARACTERES MORFOLÓGICOS EXTERNOS

Forma de crecimiento: es la apariencia que presenta el talo a simple vista, el cual puede ser: *costroso* o *erecto*. Como parte de los crecimientos erectos pueden diferenciarse varios tipos, los cuales no describiremos aquí dado que la totalidad de nuestros ejemplares son costrosos. Woelkerling, Irvine y Harvey (1993) realizaron un detallado estudio sobre los diferentes hábitos de las coralinas no geniculadas, proponiendo un patrón para el reconocimiento de la gran variedad que se ha descrito.

- Desde 1837 y hasta principios de este siglo, diferentes autores usaron las variantes del *hábito* o *forma del talo* para determinarlas y clasificarlas, desviando la atención de caracteres anatómicos y reproductivos, entre ellos Philippi, Harvey, Kützing, Areschoug, Rosanoff, Hauck, Schmitz y Hauptgleish, así como Heydrich, Foslie, Lemoine, y Svedelius (citados por Woelkerling 1988); ya en 1905 y 1908, Foslie y Pilger, respectivamente, (en Woelkerling *op. cit.*), consideraron que este carácter se había sobrestimado dada la alta variación infraespecífica que habían observado, lo cual fue corroborado años más tarde por Adey (1966), Bosense (1985), Lee (1967), Steneck y Adey (1976), entre otros. Minnerly *et al.* (1985), señalan que existe una correlación entre la profundidad y aguas tranquilas, con alta visibilidad (transparencia), para que algunas especies presenten protuberancias o ramificaciones. Masaki (1968), consideró el carácter de la forma superficial de las costras, catalogándolas como crecimientos costrosos con y sin excrescencias. Chamberlain (1983) divide a las coralinas no geniculadas en dos grupos dependiendo de su forma externa, en simples y complejas. Éstas últimas son aquellas que tienen talos gruesos, que son epilíticas (saxícolas) sobre rocas de la zona intermareal y submareal, de color rosa a púrpura, tales como *Lithothamnion*, *Phymatolithon*, *Leptophyllum* y *Lithophyllum*; y denomina costras simples, aquellas pequeñas, delgadas e inconspicuas, las cuales son principalmente epifitas sobre otras algas o angiospermas marinas, aunque pueden también registrarse sobre conchitas, gravas o fragmentos de material plástico o fibra de vidrio; incluyen especies de los géneros *Pneophyllum*, *Fosliella*, *Melobesia* y especies semiendófitas como *Choroconema*. Por otra parte, Johansen (1981) mencionó este atributo como parte de la descripción de subfamilias y géneros; otros autores, entre ellos Woelkerling (1988), lo consideran como un elemento de definición para algunos taxones (tales como *Litophyllum*, *Neogoniolithon*, *Spongites*, *Lithothamnion*) y solamente para muy pocos se utiliza como elemento de delimitación (como para *Mastophoropsis* y *Metamastophora*). Por otra parte, existen caracteres asociados a las protuberancias y ramas, tales como, *altura*, *diámetro*, *forma*, *grado de agregación* entre ellas y *tipo de ramificación* si es el caso, sin embargo, para Woelkerling (1988), la forma de las protuberancias o ramas, su densidad (número de protuberancias por área) y dimensiones de las mismas (diámetro y altura) son características de un alto grado de variabilidad.
- * De acuerdo con los alcances de este estudio, en las costas del PTM las formas de crecimiento ramificadas son raras, a excepción de algunas especies de lo que se determinó como *Neogoniolithon* sp., que fueron registradas siempre en aguas tranquilas submareales de zonas de rípios en las costas de Oaxaca. El resto de los

ejemplares revisados, presentan en común el hábito costroso. Por otra parte, sabemos, por revisión de material de otras áreas geográficas de México, como el Golfo de California y principalmente el Caribe Mexicano (Localidad: Xahuaxol Q.Roo, 8-junio-97. Col. Julio Espinosa y Miguel A. Ruiz, depositadas en el Herbario de la Facultad de Ciencias, FCME) que hay coralinas costrosas con hábitos ramificados que pueden ser peculiares de un género y especie, dado que se encuentran en condiciones ecológicas peculiares y asociadas tanto a organismos animales (corales) como vegetales (pastos) específicos, sin embargo, no pudimos corroborarlo dado que desafortunadamente el material analizado, no presentó estructuras reproductoras esporangiales que nos ayudaran a su determinación. Por lo cual, hasta este momento no podemos usar este carácter como útil en la delimitación o reconocimiento de taxones.

Forma de vida: la cual puede ser *epígena* o *semiendófito*: Es un carácter que recientemente ha sido considerado por Woelkerling (1988) y Harvey y Woelkerling (1995), dadas las características de las especies de los géneros *Choreonema*, *Lesueuria* y *Austrolithon*, los cuales desarrollan parte de su talo en el interior de un hospedero, el resto de las especies de los demás géneros son epígenas, desarrollándose sobre un substrato. Los talos epígenos pueden ser *epilíticos*, *epizoicos*, *epífitos*.

* En costas mexicanas todas las especies registradas hasta el momento en la bibliografía, son epígenas con excepción de *Choreonema*. En los ejemplares revisados se presentaron los tres tipos de epígenas: epilíticas, epizoicas y epífitas. Ahora bien, que los organismos coralinos se desarrollen sobre un substrato u otro no parece ser un elemento exclusivo de las especies de acuerdo con la literatura consultada, sin embargo, existen algunas especies, como *Melobesia membranacea*, que hasta el momento sólo ha sido registrada como epífita, lo cual convertiría a este carácter en delimitativo para esa especie. Por otra parte, mucho del material revisado para esta tesis se encontró como epífita de otras algas y la peculiaridad de estos ejemplares es que siempre presentaron un arreglo del talo dímero, en el caso de ejemplares de la subfamilia Lithophylloideae, las células basales siempre fueron en empalizada, además siempre fueron talos delgados en grosor, es decir, con pocas capas de células, hasta 10-11 como máximo. Esto hace pensar que las especies epífitas han desarrollado modificaciones particulares en las partes vegetativas del talo que les permite su rápido desarrollo en esos substratos, sin embargo, dada la orientación y el tipo de material con que se trabajó en este estudio, aún hace falta corroborarlo con información poblacional de especies epífitas en diferentes áreas geográficas.

Apariencia de la superficie del talo: está relacionada con la *forma de crecimiento* del espécimen y puede depender en gran medida del substrato sobre el que crece el organismo o si éste está en estado vegetativo o reproductivo y del tipo de interacciones abióticas y bióticas en el que se vea involucrado (tipo de oleaje, pastoreo, o si es sujeto de vivienda por algún organismo, como los gusanos tubícolas, etc.). Los estados de este carácter son: *simple* (liso, rugoso o con granulaciones), o *complejo* (con protuberancias pero no elevaciones a manera de ejes).

- En parte de la literatura se aclara, que las diferentes formas de expresión de este atributo se deben a las diferentes condiciones del medio donde se desarrollan las poblaciones y a la interacción con otros organismos, por tanto es considerado como un carácter variable; Woelkerling (1988) se refiere a este carácter del talo solamente como *liso o protuberante* y al igual que él la mayor parte de los autores sólo hacen mención de la diferenciación entre costroso y protuberante y/o ramificado, enfatizando las variaciones del segundo carácter y no aclaran el peso taxonómico de tales expresiones. No es común encontrar la descripción de las variaciones de las formas de crecimiento costrosas, y en caso de que sean referidas, no parecen tener un significado delimitativo para los taxones.
- * Los ejemplares revisados al momento de este trabajo fueron lisos o algo granulados, o con estructuras parecidas a surcos, debido principalmente al tipo de substrato donde se encontraron. No es un carácter del que se pueda sacar alguna conclusión dado que se trabajó con material de herbario.

Dimensiones del talo tales como *diámetro* y *grosor*, no son datos comunes en la bibliografía.

- *El grosor del talo*, durante la década de 1840 fue considerado como diagnóstico para algunos géneros por Kützing, Harvey y Areschoug (citados por Woelkerling, 1988). Actualmente el grosor del talo se define como el número de capas presentes o que lo constituyen, como fue considerado por Hamel y Lemoine (1953), Dawson (1960) Taylor (1960), Cabiocch (1972), Adey y MacIntyre (1973). También ha sido considerado en términos métricos por Johansen (1981) quien las divide en menores o mayores de 200 μm ., este carácter también ha sido usado como categoría, *talos gruesos*, o *talos delgados* por Johansen (1976). En algunos casos, el grosor del talo cobra importancia como un carácter de segregación, a nivel de especie en aquellos organismos epífitos, las cuales se distinguen entre sí por el número de capas en estado vegetativo y reproductivo, sin embargo en las costras saxícolas es menos común que se mencione el dato, por ejemplo, en los trabajos de Dawson (1960) y Abbott y Hollenberg (1976) es considerado como elemento importante de definición de algunas especies. Por otra parte, la literatura menciona que se da una variación importante en el grosor de los talos, dependiendo de las condiciones ecológicas donde se encuentra el espécimen y de las propias características fisiológicas, *v.gr.* el grosor se ve modificado si existe pastoreo, o el oleaje es muy fuerte, o si el crecimiento de la costra se da por solapamiento de capas, etc. (Steneck 1986).
- * En el caso del material revisado, éste generalmente corresponde a fragmentos de talos y desgraciadamente las anotaciones de campo no siempre hacen referencia a las dimensiones. El grosor de la mayoría de los ejemplares revisados se expresa en las descripciones como aquel dato tomado del material descalcificado y cortado. Estos datos no pudieron ser comparados con la información que proporciona la literatura, dado que en ella se proporcionan los rangos registrados, que suponemos corresponden a los datos de diferentes poblaciones geográficas de la misma especie. En el caso de nuestros ejemplares, no evaluamos poblaciones, por lo que tampoco

podemos sacar conclusiones claras sobre el patrón de comportamiento de estos caracteres en las diferentes especies encontradas en el PTM.

Margen de las costras: Se refiere a la parte terminal radial de la costra, donde generalmente se encuentra uno de los dos meristemas de crecimiento

- Es un carácter poco mencionado en la mayor parte de la literatura. Los caracteres asociados a los márgenes son: *apariencia*, si el margen está bien definido o es difuso; *la forma* se refiere a si el contorno del margen es *lobulado, entero, protuberante o irregular*; *el grosor del margen* si éste disminuye con respecto al grosor de la parte media del talo o es mayor. Para Woelkerling (1988), las características de *contorno o margen de la costra* son elementos de un alto grado de variabilidad.
- * A pesar de que en nuestro estudio tenemos muy pocas anotaciones sobre las características del margen, debido a que trabajamos con fragmentos de ejemplares que no siempre contaban con esas características, consideramos que este carácter debe manejarse con precaución, debido a que sus elementos descriptivos pueden depender del estado de desarrollo (etapa del ciclo de vida) en el que se encuentre el organismo. Por otra parte, nos pareció de un alto significado, dado que está relacionado con la forma de crecimiento de las costras, por la relación que guarda con la asociación de los "individuos" y del tipo de adhesión que los especímenes tienen al sustrato y probablemente porque nos pueda dar indicios de la edad de los mismos.

Adhesión del talo al sustrato: Se refiere a la fuerza con que el ejemplar se adhiere al sustrato, es decir, si su relación con éste es débil (por ser fácilmente desprendible con las uñas), o si está firmemente adherido (si se requiere de algún utensilio para desprenderlo del sustrato), o parcialmente libre.

- Es un elemento raramente manejado por la mayoría de los autores, Afonso-Carrillo *et al.* (1985), lo describen, pero no mencionan el beneficio de ser usado en términos delimitativos.
- * Este carácter no fue adoptado en este trabajo dado que se trabajó con fragmentos de ejemplares los cuales, la mayoría de ellos habían sido desprendidos de su sustrato y los pocos que aún estaban adheridos a él, presentaron un tipo de adhesión al sustrato similar, por lo que no se tiene un punto de comparación práctico.

Presencia de células de adhesión o haustorios: Se refiere a si existen diferencias anatómicas en las células de la parte basal del talo que se adhieren al sustrato. En las especies de los géneros *Ezo*, *Kvaleya* y *Lesueuria*, se desarrollan células a manera de pequeñas proyecciones o rizoides que han sido denominados haustorios por Woelkerling (1988), quien los utiliza como elemento de reconocimiento para esos taxones. El resto de las coralinas no geniculadas no presentan esas estructuras y las células en contacto con el sustrato no están diferenciadas y se denominan células de adhesión.

- * Todos los ejemplares revisados en este estudio presentaron solamente células de adhesión.

Número de poros por conceptáculo. Se menciona de manera frecuente a nivel de subfamilia y género, es considerado uno de los principales criterios en la delimitación de taxones a ese nivel jerárquico. Los estados de carácter son: *uno o más de uno*.

- Parece que fue Zinova en 1955 (citado por Woelkerling, 1988) el primero que haciendo alusión al número de poros conceptaculares esporangiales, hizo agrupaciones con base en ellos, mencionando que, aquellos organismos no geniculados, no parásitos con conexiones celulares y con conceptáculos multiporados pertenecían a una sola subfamilia, a la cual llamó Lithothamnioideae, mientras las que tenían un poro fueron clasificadas como Melobesioideae. Este carácter había sido usado previamente por Heydrich y Foslie, para delimitar géneros y más tarde por Foslie y Svedelius para delimitar tribus (citados por Woelkerling, 1988). Dawson (1960), no sólo diferencia los talos multiporados de los uniporados, sino que además, como parte de la descripción de las especies menciona el número de poros conceptaculares que en algunas especies es mayor a 30; sin embargo no usa este carácter para la delimitación de taxones. Johansen (1969), considerando además del número de poros, el tipo de uniones celulares, diferencia 4 subfamilias de coralinas no geniculadas, que son Melobesioideae (con varios poros conceptaculares y presencia de fusiones celulares), Mastophoroideae (un sólo poro conceptacular y presencia de fusiones celulares), Lithophylloideae (un sólo poro conceptacular y presencia de conexiones de orificio secundarias) y Schmitzielloideae (un sólo poro conceptacular y no presencia de uniones celulares). Woelkerling (1988), retomando el esquema de Johansen (*op. cit.*) reconoce a las mismas subfamilias, excepto a Schmitzielloideae, en su lugar reconoce a Choroemonematoideae (organismos uniporados, sin presencia de uniones celulares).
- * Los ejemplares revisados presentaron sólo un poro conceptacular esporangial y se encontró la relación de presencia de un poro con fusiones celulares o con conexiones de orificio secundarias. En sólo un ejemplar se observaron varios poros conceptaculares esporangiales y presencia de fusiones celulares.

Coloración: la coloración descrita en la literatura va de rosa pálido a púrpura, incluyendo una amplia variación.

- Es un atributo que se describe irregularmente en la literatura. En las descripciones taxonómicas como en los estudios ecológicos se menciona, pero se puede deducir una variación amplia de acuerdo con los datos que proporcionan Dawson (1960), Abbott y Hollenberg (1976) y Steneck (1986). Por otra parte, se considera un elemento subjetivo, pues además de que no se menciona de manera frecuente en las descripciones de ninguna categoría, no existe un patrón de referencia que unifique criterios en cuanto a las tonalidades. En este trabajo se asignaron tres categorías: *rosa, rojo y púrpura*.
- * Los ejemplares revisados, por pertenecer a una colección de herbario, han perdido su pigmentación original, sin embargo se observaron diferencias en cuanto a la tonalidad

de blancos del talo, tales observaciones fueron anotadas como: coloración en líquido: *blanco opaco* (mate) y *blanco brillante* (lustroso).

CARACTERES ANATÓMICOS VEGETATIVOS

Construcción del talo: El tejido o más correctamente, el pseudotejido de las coralinas está formado por filamentos celulares agrupados paralelamente; los filamentos por su origen y arreglo, pueden tener dos tipos de construcción *monómera* o *dímera*. En la construcción monómera se reconoce un solo grupo de filamentos que corren paralelamente al sustrato, dando lugar a la extensión de la costra, son los filamentos basales o hipotalo, algunos de éstos se curvan hacia la superficie para dar origen al grosor de la costra y formar la región media o peritalial. En la construcción dímera se reconocen dos tipos de filamentos, un grupo de ellos son los que dan lugar al sistema postrado y están en contacto con el sustrato (hipotalo), estos dan lugar por ramificación, a filamentos erectos, formando el peritalo. Así, mientras en los talos de construcción monómera, todos los filamentos tienen el mismo origen y el grosor del talo está dado por curvamiento de los filamentos postrados, en los talos de construcción dímera tenemos que primero se forman los filamentos postrados, a los que se les ha denominado primigenios (Woelkerling, 1988) y posteriormente éstos dan lugar a los filamentos que engrosaran el talo, que han sido denominados postigenos (Woelkerling, 1988).

Los filamentos monómeros están conformados por células que se denominan *columnares* (de acuerdo con Woelkerling 1988), en general en éstas, el eje mayor representa su longitud y es paralelo al sustrato. Los filamentos dímeros pueden presentar células en empalizada, en las cuales su eje mayor representa su altura y es perpendicular al sustrato, su largo es siempre menor y es paralelo al sustrato, los talos dímeros no siempre presentan células en empalizada, (el largo de las células, por definición, es la distancia entre las conexiones de orificio primarias de las células de un mismo filamento). (Fig. 7, 20,21).

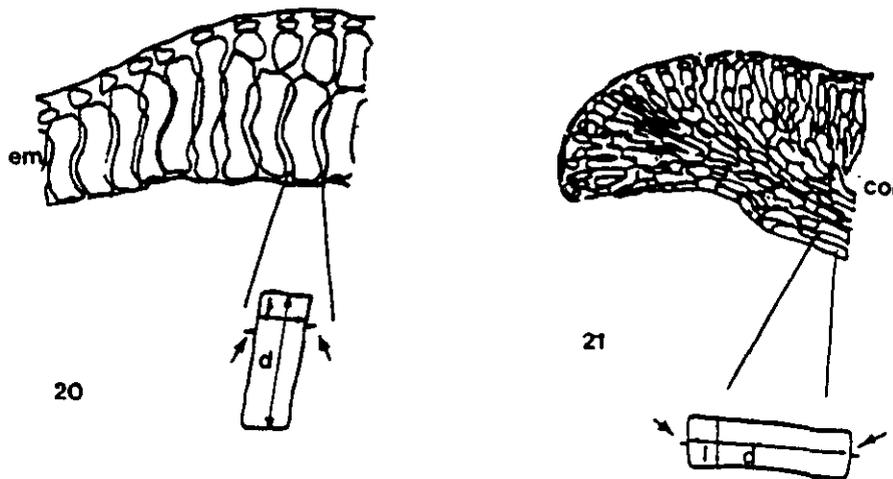


Fig. 20A. Células en empalizada (em), diámetro (d), largo (l). fig. 20B. Células columnares (col); fig. 21. Dimensiones de las cámaras conceptaculares: diámetro (d), altura

- A partir de 1850, la forma y posición de las células en los filamentos primigenios (hipotaliales) empiezan a ser considerados en algunas descripciones genéricas, sin embargo los filamentos constituidos por células en empalizada fueron ilustrados antes de ese año por Decaisne y Setchell (en Woelkerling 1988). Parece haber sido en 1909, cuando Foslie (en Woelkerling 1988), le da por primera vez significado diagnóstico a nivel genérico. Sin embargo, es en 1911 cuando Lemoine (en Woelkerling 1988) enfatiza su importancia como elemento preponderante en la segregación genérica, por considerarlo de tipo ontogenético. Posteriormente esta información fue usada "informalmente" por Setchell y Mason (1943), Adey (1970) y Woelkerling (1985). La construcción monómera y dímera, fue ilustrada por Desikachary y Ganesan (1967), pero no hacen ninguna referencia en su texto a ella. Son Woelkerling *et al.* (1985) quienes le asignan un valor de importancia delimitativo a nivel específico principalmente. Los géneros *Tenarea*, *Mastophora* y *Metamastophora*, presentan células en empalizada y por lo tanto resulta un carácter delimitativo para esos taxones.
- * En el material revisado se registraron representados los dos tipos de construcciones y tanto células columnares, en empalizada y no en empalizada. De acuerdo con nuestras observaciones, cada especie de cada género, parece tener una construcción del talo particular, excepto el género *Lithophyllum*, en donde en un mismo ejemplar, pudimos encontrar áreas de crecimiento dímero y de crecimiento monómero. Por otra parte, cabe resaltar que, todos los ejemplares revisados que se encontraron como epífitos de otras algas o angiospermas marinas (pastos), presentaron como una constante, pocas células de grosor y construcción dímera con células en empalizada o no, pero no columnares. Lo que nos hace pensar que la construcción del talo, debe estar relacionada estrechamente con la forma de vida de algunas especies.

Simetría del talo: dorsiventral, isobilateral y radial. Estos caracteres están relacionados con la construcción del talo. La simetría dorsiventral, puede reconocerse en talos tanto monómeros como dímeros, dado que en un corte longitudinal radial, se observan diferencias entre el arreglo de los filamentos (forma y posición de las células) de la parte basal y superior del talo. Es isobilateral cuando se observa un corazón central de filamentos, los cuales se curvan tanto hacia la parte ventral y superficial del talo aproximadamente en la misma proporción. La simetría radial comúnmente forma parte de las ramas o protuberancias, es aquella donde los filamentos parten del centro hacia el exterior del talo, pero no se identifica un corazón central.

- Fue Dixon (1973) quien usó el término de organización radial para describir el arreglo de los filamentos en las ramas y está relacionado con su concepto de multiaxial. Woelkerling (1988) menciona que la organización radial de las ramas está relacionada con una construcción monómera del talo, y éste mismo autor, señala que la simetría bilateral es una expresión particular de la construcción dímera y que se presenta exclusivamente en el género *Tenarea*.

- * En los ejemplares revisados fue común el tipo de simetría *dorsiventral*, no se observó la simetría isobilateral ni radial, dado que nuestros ejemplares no presentaron protuberancias o ramas.

Arreglo del talo: los filamentos primigenios de construcción monómera, de simetría dorsiventral, pueden tener un *arreglo coaxial* o *no coaxial*, esto se refiere a una uniformidad en cuanto al largo de las células columnares que conforman los filamentos primigenios, por lo que al observar el tejido en corte longitudinal radial, da la impresión de que se forman anillos o surcos, efecto producido por la alineación de las paredes celulares (fig. 10, pag. 2). Se considera arreglo no coaxial, cuando hay diferencias en las tallas celulares por lo que no se observa un patrón regular en cuanto a la alineación de éstas (fig. 9). El arreglo en *empalizada* se observa en ejemplares de construcción dímera (fig. 7). En el arreglo divergente se observa un corazón subcentral de filamentos, que derivan hacia arriba (superficie) y hacia abajo (substrato).

- Woelkerling (1988), usa este carácter para describir el arreglo de los talos principalmente en el género *Lithophyllum*.
- * En los ejemplares revisados se observó comúnmente el arreglo no coaxial, y solamente en algunos ejemplares del género *Lithophyllum*, que no fueron determinados a especie se registro el arreglo coaxial.

Diferenciación del talo: Por el arreglo, forma, tamaño y disposición de las células de los filamentos, el talo se puede diferenciar en *hipotalo* (región basal), *peritalo* (región media) y *epitalo* (región superior del talo). Asociados a esta diferenciación se describen los caracteres de *forma y dimensiones de las células hipotaliales, peritaliales y epitaliales*.

- La diferenciación del talo se menciona de manera frecuente en las descripciones genéricas y específicas de Mason (1953), Dawson (1960), Johansen (1969), entre otros; es considerado importante como elemento de definición para algunas especies. Estos autores mencionan 3 regiones del talo, hipotalo, peritalo y epitalo, considerando sólo su posición, independientemente de su origen. Steneck (1986) menciona que la diferenciación de estas tres regiones, puede variar de acuerdo a las condiciones ecológicas en donde se desarrollen los especímenes y su estado de desarrollo (etapa del ciclo de vida). Woelkerling (1988) diferencia el talo en filamentos primigenios y postígeno, como señalamos anteriormente, por el origen de éstos, más que por su ubicación y por las diferencias que adquieran en cada región del talo. En cuanto a la *forma y dimensiones de las células hipotaliales, peritaliales y epitaliales*, se mencionan varios estados para el primer carácter en la literatura, pero no se aclara sobre su valor de importancia y algunas veces es un dato que se omite. Por otra parte, Adey (1966) estableció que la presencia y forma de las células epitaliales era importante para diferenciar géneros, más tarde Cabioch y Giraud (1978) negaron su significado genérico, pero Woelkerling e Irvin (1986) confirmaron su valor diagnóstico. Johansen (1976) sugirió que además de la forma, el número de células epitaliales era también de valor diagnóstico. Respecto a las *dimensiones celulares* en la literatura es

común encontrar los datos como intervalos o como la proporción largo-ancho. De acuerdo con Mason (1953), Dawson (1960), Abbott y Hollenberg (1976), es un atributo del que no se aclara su significado taxonómico y al parecer no tiene importancia delimitativa, dado que es omitido en muchas descripciones específicas. Por otra parte, los autores que consideran que el talo está diferenciado en hipotalo, peritalo y epitalo, describen además, como elementos importantes en sus descripciones, el número de capas celulares totales del talo, el número de capas celulares del hipotalo o su grosor en micrómetros, al igual que el del peritalo. El grosor y número de capas del hipotalo es importante de acuerdo con ellos, como un carácter de segregación para géneros con especies epífitas, sin embargo en las costras saxícolas es menos común que se mencione el dato, lo común en este tipo de organismos es hacer referencia a lo pobre o bien desarrollado del hipotalo. Dawson (1960) hace referencia al grosor del hipotalo en comparación con el grosor del peritalo y del porcentaje que puedan abarcar con respecto al grosor total. Ambos caracteres (grosor y número de capas celulares de las diferentes regiones del talo), se manejan como elementos descriptivos y no se hace referencia a su carácter delimitativo. Por otra parte, ningún autor señala el criterio para de inicio y término de cada región. En relación al número de capas del peritalo, en la bibliografía no se dan datos precisos, la información se presenta más bien en términos cualitativos de pocas o varias capas celulares.

- * Diferenciación del talo: En los ejemplares revisados se reconoció tanto la diferenciación en tres regiones del talo ampliamente usada por muchos autores, entre ellos Dawson (*op. cit.*) y también la diferenciación que señala Woelkerling (1988), de filamentos primigenios y postígenos en relación a la construcción monómera o dímera del talo. La diferenciación en tres regiones estuvo dada por las diferencias en forma y tallas celulares, pero la diferenciación va siendo gradual, por lo que no se pudo establecer un límite preciso entre regiones. Por otra parte, aún cuando se observó una diferenciación en cuanto a las dimensiones de las células de la parte basal y las células de la región media de los filamentos, no se consideró importante separar esa información por regiones del talo, dado que un análisis estadístico de esos datos, en los ejemplares con las diferencias más marcadas a simple vista, nos reveló que no había diferencias significativas entre ellas. Respecto a las diferencias en cuanto a forma de las células en las diferentes regiones del talo, inicialmente se reconocieron doce categorías distintas, pero no pudimos encontrar un patrón regular de comportamiento por género o por especie dado el número y tipo de ejemplares analizados. Dada esa limitante, decidimos adoptar la caracterización de Woelkerling (1996) y los estados de carácter para las formas celulares de filamentos tanto primigenios (hipotaliales) como postígenos (peritaliales) fueron agrupados para este trabajo como: *rectangular, cuadrada, subcuadrada, ovalada, oblicua* y sólo en caso de que las células presentaran marcadas diferencias en forma o tamaños se hace mención de ello en las descripciones. Para diferenciar las formas celulares en las células epitaliales se adoptaron los términos de: forma de copa (*flared*, forma típica de las células epitaliales del género *Lithothamnion*). vs. cualquier otra.

Presencia, arreglo y dimensiones de los tricocitos: (como heterocitos o megacélulas): Son células de diferente tamaño, potencialmente productoras de un pelo, las cuales se

pueden desarrollar en las partes terminales o intercalares de los filamentos primigenios, tales células pueden estar arregladas en hileras horizontales, verticales o distribuirse en grupos o bien aisladas.

- Este carácter fue usado en 1909 por Foslie (citado por Woelkerling 1988) para delimitar *Porolithon*, más tarde Mason (1953) lo consideró de valor diagnóstico fundamental para delimitar algunos géneros, Adey (1970) caracteriza a *Pseudolithophyllum* como carente de este carácter. Chamberlain (1983, 1985) y Jones y Woelkerling (1984) consideran que la presencia de tricocitos está influenciada por las condiciones del medio, Mendoza y Cabioch (1986b) también consideran variable este carácter para algunos géneros y Penrose y Woelkerling (1988) dicen que hay una gran variación de este elemento en las poblaciones de *Spongites*, por lo que no son de valor diagnóstico para diferenciar géneros, excepto en algunos casos particulares o conjuntamente con otros atributos, siendo más útiles en la separación de especies.
- * En el material de estudio se reconocieron claramente aquellos ejemplares que presentaban tricocitos de aquellos que no, aunque no fue un elemento suficiente para delimitar grupos, puesto que nos percatamos que ejemplares que parecían pertenecer al mismo grupo, algunos presentaban tricocitos y otros no. Como parte de este carácter se consideraron los atributos de esa estructura tal como sus *dimensiones* y *forma*.

Presencia de pelos en los tricocitos: se ha descrito que los tricocitos están relacionados con una estructura a manera de pelo, sin embargo, esto no es observable en todos los casos. En algunas especies el pelo al que da lugar cada tricocito es muy evidente, y se ha usado en la delimitación de grupos, como *Pneophyllum fragile*. Los estados de carácter serían *presente* y *ausente*.

- En la literatura se menciona de manera general que los tricocitos están comúnmente asociados a un pelo, o que dan lugar a él, pero no se ha usado esa característica para delimitación de taxones, a excepción de Woelkerling (1996).
- * En algunos de los ejemplares revisados fue muy evidente el tricocito y el pelo que portaba. Lo cual ayudó a separar a ese grupo de organismos del resto de los demás.

Posición de las células meristemáticas o iniciales y elongación celular: Las células meristemáticas pueden ser terminales o intercalares de acuerdo a su posición, y pueden alcanzar una talla máxima antes de volver a dividirse, por lo que se verían más grandes que sus inmediatas inferiores, o bien, dividirse antes de crecer, por lo que serían de la misma talla o un poco más pequeñas que las inmediatas inferiores a las que dan lugar.

- No son caracteres de uso amplio en la literatura. La longitud de células iniciales fue un carácter usado por Adey (1970) para separar dos géneros (*Clathromorphum* y *Phymatolithon*). Después fue usado por Adey y Johansen (1972) para separar dos tribus de la subfamilia Melobesioideae. El autor que más énfasis pone en su descripción es Woelkerling (1988), sin embargo, aclara que falta conocer más sobre éste.

- * Los ejemplares revisados presentaron células subepitales de las mismas tallas que sus inmediatas inferiores, por lo que tal carácter no nos ayudó a segregar grupos.

Tipo de Uniones Celulares: los filamentos que forman el cuerpo vegetativo de las coralinas se unen mediante dos tipos de estructuras para formar un pseudotejido: *las fusiones celulares y las conexiones de orificio secundarias (pit-connections)*.

- Fue Rosenvinge (citado por Woelkerling, 1988) quien sugirió las diferencias en el tipo de uniones celulares entre los filamentos contiguos del talo, y Johansen (1969) el primero en usarlos como caracteres delimitativos a nivel de subfamilia. Cabioch (1971, 1972), también consideró que eran importantes a nivel de subfamilia pero su enfoque fue más bien evolutivo, y consideró las relaciones ontogenéticas de ese y otros caracteres; Johansen (1969, 1976, 1981) y Woelkerling (1987) le asignaron un valor de ponderación similar al de otros caracteres. Por tanto la segregación de taxones en las diferentes subfamilias por Cabioch y por Johansen-Woelkerling, resultan distintas. Hasta el momento, parece que cada subfamilia está caracterizada por un sólo tipo de unión celular, a excepción de la Familia Sporolithaceae, en la que se han registrado la presencia de fusiones celulares como conexiones de orificio secundarias. (Cabioch 1970, 1972; Verheij, 1993; Woelkerling, 1996). Existe información sobre otros géneros en donde se reportan ambos tipos de uniones celulares, sin embargo, en opinión de algunos expertos, esto requiere de confirmación.
- * En los ejemplares revisados que presentaron conexiones de orificio secundarias, se hicieron algunas observaciones de tipo cualitativo, referentes a algunas diferencias entre éstas, tal como tamaños relativos, siendo algunas más pequeñas que otras y grado de tinción (particularmente con colorantes como la Hematoxilina y la Safranina). En el caso de los ejemplares que presentaron fusiones celulares, también se encontró una diferencia entre tamaño de las fusiones celulares y su abundancia en el talo, sin embargo no se pudo establecer ningún patrón dado el número y tipo de material revisado.

CARACTERES ANATÓMICOS REPRODUCTIVOS

Tipo de conceptáculos: En este carácter distinguimos la presencia en el talo de conceptáculos femeninos (carpogoniales y carposporangiales), masculinos (espermatangiales) y esporangiales (bi o tetrasporangiales).

- Johansen (1976) maneja elementos referidos al tipo de conceptáculos esporangiales, tetra y bisporangios y considera que estos son de importancia filogenética y los usa para delimitar tanto grupos de algas geniculadas como no geniculadas. Distingue 4 tipos de conceptáculos, basado en el número de poros, tapón esporangial, formación del techo y presencia de columela. Sin embargo, los caracteres antes mencionados no están relacionados entre sí, según las investigaciones de Woelkerling (1988). El tapón esporangial no necesariamente está relacionado con conceptáculos

multiporados y la presencia de columela tampoco lo está con el tipo de formación del techo.

- * Este carácter fue utilizado sólo para señalar el tipo de estructura reproductora presente en el talo.

Origen de los primordios conceptaculares esporangiales: Este carácter es observable sólo en la etapa de formación de las estructuras conceptaculares de los individuos, por lo que en este trabajo no fue considerado, dado que se trabajó con material de herbario.

- Adey (1964), reconoce dos patrones de formación de los primordios conceptaculares: los tipos *Lithothamnion* - *Clathromorphum*, los cuales se originan de grupos de células subepitales; mientras en el tipo *Phymatolithon*, lo hacen de células adventicias profundas en el talo. En 1972 Adey y Johansen, bajo esas consideraciones, establecieron las tribus Melobesieae y Phymatolitheae.

Formación del techo conceptacular esporangial: El techo puede formarse por sobrecrecimiento de filamentos alrededor de los primordios esporangiales o por degeneración de partes de filamentos en la región donde se localizan los primordios esporangiales. En el primer caso el techo se observa formado por filamentos curvados a partir de la base de la cámara conceptacular, en el segundo caso los filamentos del techo se observan rectos y parecen provenir desde el piso de la cámara habiéndose formado una degeneración de la parte media dando lugar a una discontinuidad entre ellos.

- Woelkerling (1988), describe otros caracteres asociados al techo, como son *grosor y presencia* de células epitales en los filamentos que los conforman. El grosor del techo conceptacular entendido como el número de capas celulares que le dan lugar, es usado por Keats y Chamberlain (1994), para delimitar junto con otros caracteres, especies (*Hydrolithon samoense*). Respecto a la presencia de células epitales en los filamentos del techo, no se aclara su valor de importancia delimitativo a nivel específico o genérico, aunque en literatura ecológica se menciona que algunas especies se 'descaman' o pierden la región del epitalo y hasta un 60% o más del grosor del talo, para deshacerse del tejido donde estuvieron las estructuras reproductoras, una vez pasada esa etapa (Keats, *et al.* 1993) o bien, la región superficial de las coralinas es objeto de pastoreo por varios tipos de peces y crustáceos, principalmente en las regiones tropicales del planeta, en coralinas asociadas a arrecifes, por lo que muchas de ellas pierden sus células epitales (Keats 1996).
- * Para algunos de los ejemplares fue más o menos fácil deducir el modo de formación del techo conceptacular, por el arreglo de los filamentos y la estructura de la cámara, sin embargo para tener certeza sobre este carácter es necesario hacer observaciones de las distintas etapas de desarrollo de esas estructuras, lo cual en este estudio no fue posible.

Patrón de *distribución de los esporangios en el conceptáculo*: los estados de carácter son: en *piso*, o en *piso y paredes*.

- Suneson (1937), sugiere que para ciertos géneros puede ser característica diagnóstica y fue Townsend (1981) quién sugirió que había una correlación entre este carácter y la *presencia de columela*.
- * En los ejemplares revisados, los esporangios se distribuyeron únicamente en el piso de la cámara.

Presencia de Columela: por columela se entiende la presencia de filamentos en la cámara conceptacular, que quedan mezclados entre los esporangios.

- Esta característica fue establecida por Johansen (1976) como delimitativa y sugiere que está en relación a la formación del techo cuando se da por degeneración de filamentos. Sin embargo, Townsend (1981) y Turner y Woelkerling (1982) no encontraron tal relación.
- * No fue un carácter observable en nuestros ejemplares

División y arreglo de las esporas: Referido al número de divisiones que sufre una espora y al arreglo de éstas. Los estados son esporangios bipartidos (*biesporas*) o tetrapartidos (*tetraesporas*), dentro de las tetrasporas se reconocen 2 tipos de arreglos, el *cruzado* y *zonado*.

- Womersley y Bailey (1970) encontraron en las Islas Salomón, que especies de *Sporolithon* tenían tanto esporas con arreglo cruzado como zonado, lo cual les hizo dudar de mantener éste género en la familia Corallinaceae. Cabioch (1972), pensaba que era mejor retenerla ahí hasta contar con más estudios. Johansen (1976) sugirió que la producción de las bisporas/tetrasporas estaba relacionada con las variaciones estacionales anuales, lo cual para el resto de los investigadores aun no tenía un fundamento confiable y requería de más información. Recientemente, Verheij (1993), creó la subfamilia Sporolithaceae, basado entre otras cosas, en el tipo de división cruzada de los tetrasporangios.
- * Los ejemplares analizados siempre presentaron tetrasporas de arreglo zonado.

Filamentos no calcificados persistentes entre las estructuras reproductoras tetrasporangiales: Se refiere a los filamentos no calcificados que se encuentran entre las estructuras reproductoras de las especies que no forman conceptáculos (género *Sporolithon*).

- Townsend (1981) denominó paráfisis a aquellos filamentos no calcificados que se encontraban entre los tetrasporangios. En 1969, utilizando este carácter Johansen crea una tribu para *Sporolithon* pero más tarde junto con Adey (1972) la rechaza. Al valorar nuevamente este carácter, junto con muchos otros, Verheij (1993), establece

la familia Sporolithaceae, por lo que resulta una característica delimitativa a nivel de familia.

- * Este carácter no fue considerado, debido a que no existen registros hasta el momento, de especies del Género *Sporolithon* en las costas del PTM y que no fue observado en ninguno de los ejemplares revisados.

Dimensiones de las cámaras conceptaculares esporangiales. Referida al diámetro y la altura de la cámara, ésta última se considera desde la base de la cámara hasta donde inicia el canal conceptacular.

- Esta información ha sido usada frecuentemente por diversos autores para la descripción de especies, pero ninguno de ellos señala claramente su valor diagnóstico. Es Woelkerling (1996) quien, conjuntamente con otros, lo utiliza para delimitar especies.
- * En los ejemplares revisados se observó que hubo cierto grado de solapamiento en las dimensiones entre las diferentes especies del mismo género. Por ejemplo: *Lithophyllum frondosum* y *L. corallinae*.

Dimensiones de los bi-tetrasporangios. Considerando el diámetro y la altura de los esporangios.

- Estos datos son usados por muchos autores entre ellos Mason (1953), Dawson (1960), Keats (1995), Keats y Chamberlain (1994), entre otros, pero no es un elemento frecuente en todas las descripciones específicas, ningún autor hace referencia a la importancia diagnóstica de este elemento y sólo se maneja como descriptivo a nivel de especie.
- * En los ejemplares revisados se registró cierto grado de solapamiento de las dimensiones de estas estructuras en diferentes grupos, sin embargo consideramos que se requieren estudios poblacionales para determinar su valor informativo a nivel de especie.

Tapones esporangiales en las cámaras conceptaculares. Existen especies de algunos géneros en donde cada esporangio desarrolla una estructura a manera de tapón, que obstruye la salida de éste hacia el exterior antes de que las esporas estén maduras.

- Los tapones esporangiales sólo se presentan en especies con conceptáculos multiporados, a excepción de las especies de *Choreonema*, las cuales presentan conceptáculos uniporados. Justamente este carácter le permitió a Woelkerling (1987) crearle su propia subfamilia (Choreonematoideae) y por tanto darle a esta característica un peso delimitativo para esa categoría al igual que la presencia de genículas, el tipo de uniones celulares y el número de poros conceptaculares.
- * Los tapones esporangiales fueron observados sólo en el caso de la especie *Lithothamnion pacificum*.

CARACTERES GAMETANGIALES FEMENINOS Y MASCULINOS

La mayoría de los caracteres que a continuación se describen son observables en un momento del desarrollo de los individuos, por lo que la mayoría de ellos no fueron observados en los ejemplares de herbario revisados.

Origen de las células espermatangiales iniciales: Estas células dan lugar a los espermacios, y pueden tener origen de las células del piso de la cámara conceptacular o de las células de las paredes o del techo de ésta. El lugar donde se originan las células iniciales espermatangiales, fue deducida por la *posición de los espermatangios maduros en la cámara*, los cuales se desarrollan en el piso exclusivamente u ocupan las paredes, el piso y hasta el techo de ésta.

- Es un carácter que menciona Woelkerling (1988), refiriéndose a que las diferencias entre el origen de las células espermatangiales depende de la especie.
- * Se observaron espermatangios restringidos al piso de la cámara en el caso de ejemplares de *Lithophyllum* y ocupando piso, paredes y techo, en el caso de *Melobesia*.

Tipo de ramificación de los espermatangios: los espermatangios pueden presentar dos estados de carácter, *simples o ramificados*.

- Es Woelkerling (*op. cit.*) quien hace referencia a la diferente estructura de los espermacios, mencionando que en cada especie se presenta un arreglo particular, existiendo algunos casos en que pueden presentarse una mezcla de ambos.
- * En el material con estructuras reproductoras masculinas, los espermatangios siempre fueron simples.

Aunque los caracteres anatómicos reproductivos gametangiales fueron reconocidos y considerados como segregativos desde finales del siglo pasado y principios de éste por algunos autores, entre ellos Foslie, Schmitz, Hauptfleish y Heydrich (en Woelkerling, 1988), existieron grandes errores en el reconocimiento y descripción de los mismos, lo que llevó a que fueran dejados de lado como caracteres delimitativos robustos. Es recientemente cuando Penrose (1990, 1991, 1992), Woelkerling (1988) e Irvin y Chamberlain (1994) entre otros, han descrito y evaluado, y por tanto propuesto como consistentes los atributos de los conceptáculos masculinos, principalmente. A algunos de ellos les han dado un valor diagnóstico (posición de los espermatangios en la cámara conceptacular), junto con otros caracteres, para la delimitación de algunos géneros (*Melobesia*), pero de acuerdo con estos mismos autores, hace falta aún bastante información sobre muchos otros géneros para establecer realmente las diferencias y su valor delimitativo.

CARACTERES POCO CONOCIDOS

Johansen (1976), propuso otros caracteres, de los cuales no se hace mención en la bibliografía de manera frecuente, lo cual hace suponer que se requiere más investigación sobre ellos, sin embargo algunos son descritos en los trabajos de Dawson (1960) y en Woelkerling (1996), por lo que fueron considerados en este trabajo.

Dimensiones de los conceptáculos gametangiales: refiriéndose a la altura y al diámetro de las cámaras.

Posición del filamento gonimoblasto en la cámara conceptacular: que puede estar en el centro de la cámara o cercano a las paredes de ésta.

Tamaño de las carposporas: refiriéndose al diámetro

Número cromosómico de talos y bi/tetrasporas

Tamaño relativo y posición de fusiones celulares: pocos autores mencionan como parte de sus descripciones, en que parte del tejido son más abundantes las uniones celulares, pero sin aclarar su valor delimitativo.

- * En los ejemplares revisados que presentaron fusiones celulares, principalmente las especies de los géneros de la familia Mastophoroideae, éstas fueron relativamente grandes (que involucraba gran parte de las paredes celulares) dando la apariencia de sincicios (fusión de dos o más células de filamentos contiguos).
- Existen algunas especies en donde se han registrado fusiones celulares de tamaño relativamente pequeño, tal es el caso de *Synarthrophyton*, además de estar restringidas a la región media del talo, May y Woelkerling (1988). En otras especies se han registrado fusiones celulares que involucran gran parte de la pared celular y éstas se pueden observar en filamentos de todo el talo, como algunas especies de *Mesophyllum* y *Phymatolithon*, Woelkerling e Irvin (1986).

Abundancia de granulación en las células del talo: referido a la acumulación de sustancias de reserva, la cual puede presentarse con mayor abundancia en la región basal o basal y media, tal carácter podría ser indicativo de la edad de los talos.

Patrón de germinación de las esporas: se han descrito varios patrones de germinación para especies de distintos géneros. Sin embargo, no se tiene aún información que unifique a cada subfamilia o género.

- Cabioch (1972) y Chihara (citado por Woelkerling, 1988), determinaron independientemente, algunos patrones de germinación de las esporas en algunas especies de coralinas, sin embargo Chihara encontró que había algunas anomalías en los patrones. Más tarde Johansen usa los patrones de división de esporas para, junto con otros caracteres delimitar taxones. Es Chamberlain (1983)

quien diferencia a los géneros *Pneophyllum* y *Fosliella* en base a este carácter, sin embargo, en estudios particulares de especies de *Pneophyllum*, la misma autora menciona que no es posible reconocer el patrón de germinación, por lo que Woelkerling (1988) sugiere que tal vez no es un buen carácter para diferenciar ambos géneros.

Existe un conjunto de caracteres que no había sido previamente mencionado en la literatura y que recientemente Woelkerling (1996) propone como elementos que han resultado robustos en la delimitación de especies, todos ellos relacionados con las características de las cámaras conceptaculares esporangiales, tales como: *número de células del techo de la cámara conceptacular, número de células a partir del piso de la cámara conceptacular hacia el techo, forma, tamaño y posición de las células que flanquean el canal de la cámara conceptacular y presencia de células que ocluyen el poro de la cámara.*

V.2. DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MERÍSTICAS Y GENERACIÓN DE UNIDADES HOLÍSTICAS

Considerando la información de caracteres y estados de carácter descrita anteriormente, se extrajo la mayor cantidad de información posible de nuestros ejemplares y se sectorizó en dos grandes grupos: caracteres cualitativos y cuantitativos.

El análisis detallado de la información que obtuvimos de las tablas y gráficas tanto de caracteres cuantitativos y cualitativos de cada una de las unidades merísticas, nos permitieron agrupar a todas aquellas que fueron semejantes, formando las clases de equivalencia; por otra parte nos permitieron especular sobre si la variación registrada podía manejarse como variación intragrupo o entre clases de equivalencia. En la tabla 10, aparecen codificados los caracteres cuantitativos y en la tabla 11, los caracteres cualitativos. En las figuras 22-37, se muestran las 16 clases de equivalencia resultantes.

| | CLASE DE EQUIVALENCIA 1 | | | | | | CLASE DE EQUIVALENCIA 2 | | | | | |
|------|-------------------------|-------------|----------------------|--------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|---------------|-------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| | PTM 2967* | PTM 3376* | PTM 3589* | PTM 4061* | PTM 4244* | PTM 4458-B* | PTM 3345* | PTM 3376-1* | PTM 3615* | PTM 4121* | PTM 4124* | PTM 4216* |
| 26 a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26b | (15 mm) 480 - 790 | 200 - 307 | (10 mm) 300 - 700 | 415 - 462.1 | 180 - 700 | (355) 545.86 - 882 (1274) | 100 - 131 | 200 - 307 | 10.5 | 216 - 365 (839) | 215.8 - 365.2 (839) | 192 - 298.8 (929.6) |
| 27a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29a | 4.5 - 6 (12 - 14.5) | 5.18 - 8.0 | 6.5 - 12 (17) | 3.84 - 6.72 | (8) 13 - 19 (24) | 5.56 - 9.8 | 7 - 8.23 | 4.48 - 9.28 | 4.6 - 10.8 | 10 - 16 | 10.24 - 16 | 4.96 - 6.72 |
| 29b | 7 - 13.5 (1.5) | 15.7 - 24.8 | 8.7 - 26.5 | 8.64 - 12 | 8 - 11 (16) | (8) 15 - 22 | 11.6 - 14.5 | 13.92 - 27.52 | 8.6 - 15 | 16 - 32 | 16 - 32 | 9.76 - 12.64 |
| 30a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31a | 6 - 9 | 2.94 - 7.93 | (5) 7 - 10 | 7.04 - 11.2 | 8 - 11 (14) | (5.68) 6.66 - 8.33 | 3.92 - 5.1 | 2.94 - 7.93 | 4.42 - 6.66 | 12 - 16 | 12.1 - 16 | 2.24 - 5.12 |
| 31b | 7 - 16 | 4.7 - 8.13 | (6) 10 - 26 | 14.4 - 24.48 | 9 - 13 (16) | (4.11) 7.64 - 11.36 | 4.7 - 7.84 | 4.70 - 8.13 | 6.18 - 9.54 | 14 - 20.5 | 13.3 - 20.5 | 6.72 - 9.76 |
| 33a | 7 - 8 | 0 | 7.5 - 12 | 10.08 - 16 | 9 - 12 | (4) 5.7 - 9.8 | 0 | 0 | 0 | 7.5 - 14 | 7.52 - 14.24 | 4.08 - 6.08 |
| 33b | 4-5 | 0 | 4-5 (8) | (3.2) 4-9.12 | 5 - 5 | 3.13 - 4.1 (8) | 0 | 0 | 0 | 4 - 9 | 3.84 - 8.64 | 4.08 - 6.08 |
| 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 44a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 44b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 49a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 49b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 51a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 51b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 53a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 53b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 10. Datos de caracteres cuantitativos (primera columna, cuya referencia está en la tabla 15) de los ejemplares de herbario analizados (primer renglón). El número PTM corresponde al número de colección de cada ejemplar revisado (unidad merística), los PTM semejantes forman una clase de equivalencia. Cada clase de equivalencia se diferencia entre sí por caracteres no compartidos entre las diferentes unidades merísticas. Los números marcados con las letras a y b, corresponden a las dimensiones de alguna estructura, diámetro (a) y largo (b). Los datos marcados en gris fueron eliminados de las representaciones gráficas, los números de registro marcados con asterisco (*), corresponden a ejemplares en estado vegetativo solamente. Las unidades de los caracteres están dadas en micras, excepto para algunos casos del carácter 26.

| | CLASE DE EQUIVALENCIA 3 | | | | CLASE DE EQUIVALENCIA 4 | | | | | | | | |
|------|-------------------------|--------------|-------------------------------|-----------|-------------------------|-------------|---------------------|-----------------------|-------------|-----------|----------------------------|--------------------|-------------------------------|
| | PTM 3351* | PTM 3589* | PTM 4151* | PTM 4243* | PTM 3371* | PTM 3431* | PTM 3617* | PTM 3631* | PTM 4236* | PTM 4357* | PTM 410-1* | PTM 410-2* | PTM 4547* |
| 26 a | | | | | | | | | 1.06 - 1.42 | | | | 8.5 - 20.7 |
| 26b | (116-118) 800-1000 | 200-220 | 280 | 300-670 | (132) 200 - 12 | 236-320 | 140 - 160 | 10 - 514.6 | 460 | 320 - 460 | 108 - 136 | 200 - 230 (304) | (120) 336 - 428 |
| 27a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29a | 11.2-20.8 | 4.8 - 9.84 | (6.46) 8-11.2 (16) | 6.4 - 13 | 4.1 - 7.6 | 10-11.5 | 6-8.2 | 5.1- 7.6 (9.12) | 4.8- 9.6 | 6-10 | (4.8) 5.28 - 9.28 (9.6) | 6.4 - 8 | 3.52 - 7.6 |
| 29b | 16-28.8 | 6.61 - 17.34 | (6.46) 11.2 - 19.2 (23.36) | 11 - 30 | 9.8 - 17.2 | 14.5 - 34.7 | 15.8 - 18.3 | (8.33) 12.8 - 19.6 | 11.2 - 19.2 | 12 - 23 | 7.84 - 19.04 (27.2) | 9.6 - 22.4 | (7) 8.5 - 11.56 (14.56) |
| 30a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31a | 6.4 - 14.7 (16) | 5.1 - 9.55 | 5.44-11.2 | 6-14 | 3.2 - 5.1 | 6 - 8 | 5.1 - 8.03 | (3.23) 4.7-6 | 3.2 - 8.8 | 3 - 7 | 3.92 - 8.5 | 4.8 - 6.4 | (2) 3.52-5.68 (6.17) |
| 31b | (5.6) 7.54- 12.83 | 4.84 - 7.35 | (5.6) 7.35- 12.8 (23.5) | 8 - 27 | 5.2 - 9.8 | 6.2 - 9.1 | 4.31 - 8.03 | (4.6) 5.8 - 7.3 | 6.4 - 14.4 | 5.2 - 9.2 | (4.8) 5.48 - 7.35 (9.6) | 4.8 - 12.8 | 6.37 - 6.56 (9) |
| 33a | 1.6-3.9 | 3.670 - 9.1 | 9.6-10.4 | 6 - 9 | 5.1 - 8.3 | 6.7 - 9 | 5.8 - 7.5 (10.4) | 6.0 - 9.3 | 6.4 | 5 - 6.7 | 5.4 - 8.2 | 9.6 - 14.8 | 4.45 - 7.6 |
| 33b | 3.9-8 | 6.3 - 9.4 | 3.2 - 4.8 | 4 - 8 | 4.1 - 5 | 7.6 - 9.4 | 4.7 - 8.03 | 3.62 - 6.17 | 3.2 | 6 - 6.4 | 3.13 - 7.05 | 4.32 - 6.4 | (3) 4.6 - 6.95 |
| 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 44a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 44b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 49a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 49b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 51a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 51b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 53a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 53b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

continuación, tabla 10. Datos de caracteres cuantitativos (primera columna, cuya referencia está en la tabla 15) de los ejemplares de herbario analizados (primer renglón). El número PTM corresponde al número de colección de cada ejemplar revisado (unidad merística), los PTM semejantes forman una clase de equivalencia. Cada clase de equivalencia se diferencia entre sí por caracteres no compartidos entre las diferentes unidades merísticas. Los números marcados con las letras a y b, corresponden a las dimensiones de alguna estructura, diámetro (a) y largo (b). Los datos marcados en gris fueron eliminados de las representaciones gráficas, los números de registro marcados con asterisco (*), corresponden a ejemplares en estado vegetativo solamente. Las unidades de los caracteres están dadas en micras, excepto para algunos casos del carácter 26.

| | CLASE DE EQUIVALENCIA 5 | | | | | | CLASE DE EQUIVALENCIA 6 | | | | C.E. 7 |
|------|-------------------------|------------|------------|------------|----------|-------------|-------------------------|-----------|----------|----------|-----------|
| | S11 | PTM 4140 | PTM 3390 | PTM 3392 | PTM 5906 | PTM 4246a | PTM 4181 | SA10 | 002 | SUB4 | PTM 4246 |
| 26 a | 1 - 2 cm | 1 - 1,5 cm | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 - 5 cm | 2 - 7 cm | 1 - 2 cm | 0 | 0 |
| 26b | 325-1091 | 300-830 | 250-498 | 250-713 | 909-1091 | 372-419 | 192-581 | 407-889 | 100-405 | 355-763 | 74-304 |
| 27a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6-14,5 | 5,2-12 | 5,2-13 | 5,5-14 | 5,6-20,5 |
| 29b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6-22 | 5,2-18 | 4-20 | 4,5-19,5 | 13,6-61 |
| 30a | 4-21 | 5,5-21 | 4,47-15,28 | 7,5-15,28 | 5,5-8,2 | 8,2-13,6 | 5-14 | 5-28,8 | 4,5-13,5 | 4-13,6 | 5-18,5 |
| 30b | 4-17 | 4,5-41 | 6,95-30,5 | 9,25-30,5 | 8,2-19,1 | 13,6-40,6 | 5-14 | 5,5-32 | 5-28 | 5,5-21,8 | 14,5-85 |
| 31a | 5,5-13,5 | 4-14 | 5,58-8,23 | 6-13,75 | 5-8 | 2,7-8,2 | 5-13 | 4,5-12,75 | 5-26 | 8,2-13 | 3-6 |
| 31b | 4-22 | 5-22 | 5,58-17,24 | 6,37-21,25 | 5,45-11 | 5,5-10,9 | 5-14 | 5-14 | 4,5-12 | 8-17 | 8-11 |
| 33a | 5,5-9 | 6-9 | 6,17-8,42 | 7,05-13,12 | 5-8,2 | | 7-9 | 5-9 | 5,5-7,5 | 6-8,5 | 3-6 |
| 33b | 2,7-4 | 3-4,5 | 3,82-5,39 | 4-7,52 | 4,5-5,2 | | 3-4 | 2,5-4,5 | 3-4,5 | 3,2-5 | 8-11 |
| 38 | 12-25 | 29 | 0 | 0 | 0 | | | 32 | 29,5 | 32 | 0 |
| 39 | 46-54 | 27,9 | 0 | 0 | 54 | 28-50,6 | | 84 | 65 | 55 | 0 |
| 44a | 178-250 | 180-251 | 165-225 | 168-196 | 172-191 | 223,5-302,3 | 259-303,4 | 333-347,6 | 270 | 270 | 0 |
| 44b | 60-94 | 51,7-96 | 75-85,7 | 48-60 | 82-89 | 70,3-93,6 | 59,3-96 | 107-116,3 | 56-61 | 47-79 | 0 |
| 49a | 12-60 | 32-70 | 12-16 | 12-16 | 21,8-27 | 27-43 | 43-49 | 38-47 | 49 | 13,6 | 0 |
| 49b | 17-55 | 20-68 | 28-36 | 28-36 | 55-96 | 61-76,8 | 63-70 | 58-68 | 70 | 19,1 | 0 |
| 51a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 281,2-366 |
| 51b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 49-59,3 |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 53a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 101-242 |
| 53b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 30,6-108 |
| 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 30,6-108 |

continuación, tabla 10. Datos de caracteres cuantitativos (primera columna, cuya referencia está en la tabla 15) de los ejemplares de herbario analizados (primer renglón). El número PTM corresponde al número de colección de cada ejemplar revisado (unidad merística), los PTM semejantes forman una clase de equivalencia. Cada clase de equivalencia se diferencia entre sí por caracteres no compartidos entre las diferentes unidades merísticas. Los números marcados con las letras a y b, corresponden a las dimensiones de alguna estructura, diámetro (a) y largo (b). Los datos marcados en gris fueron eliminados de las representaciones gráficas, los números de registro marcados con asterisco (*), corresponden a ejemplares en estado vegetativo solamente. Las unidades de los caracteres están dadas en micras, excepto para algunos casos del carácter 26.

| | C.E. 8 | | C. E. 9 | | CLASE DE EQUIVALENCIA 10 | | | | | | C.E. 11 | C.E. 12 |
|------|-------------|------------|----------|-----------|--------------------------|-----------|----------|-------------|-----------|------------|----------|--------------|
| | PTM 4547 | PTM 2802 | SA009 | PTM 4216 | PTM 5883 | PTM 4246 | PTM 4807 | a30 | SE 64 | PTM 4250 | PTM 3567 | PTM 3567 |
| 26 a | 8,5 - 20 cm | 0,8 - 1 cm | 1 cm | 0 | 1 - 3 cm | 1 - 2 cm | 3 - 5 cm | 0 | 1 - 3 cm | 1 - 2,5 cm | | 0,8 - 1,5 cm |
| 26b | 336-428 | 108-930 | 2-6 | 199-299 | 250-575 | 45-178 | 334-671 | 329-445 | 239,1-250 | 108-136 | | 163-242 |
| 27a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| 27b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| 29a | 6-11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| 29b | 5,5-13,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| 30a | 0 | 2,5-12 | 2,7-10,9 | 5-7 | 3-15 | 5,5-8,2 | 3,5-11 | 6,17-9,18 | 10-11 | 4,8-9,6 | | 2,7-5,5 |
| 30b | 0 | 4-27 | 8,2-19,1 | 10-13 | 4,5-32 | 5,5-16 | 3-31 | 12,25-22,83 | 14,25-35 | 17,6-27,2 | | 2,7-5,5 |
| 31a | 2-6,17 | 2,5-12 | 4-10,2 | 2,24-5,12 | 4-12 | 4,2-8,2 | 4-18 | 3,23-7,44 | 5,92-8 | 3,92-8,52 | | 3,5-5,5 |
| 31b | 6,4-9 | 4-22 | 4,2-10 | 6,72-9,76 | 3,5-18,5 | 5,5-16 | 4-18 | 5,19-9,8 | 5,92-9 | 4,8-9,6 | | 3,7-4,12 |
| 33a | 4,45-7,64 | 4-6 | 4-6 | 4,1-6,1 | 3,5-8 | 5,5-8 | 4-7,5 | 4,7-6,37 | 6,07-8 | 5,39-8,23 | | 2-4 |
| 33b | 3-7 | 4-6 | 4-6 | 4,1-6,1 | 3,5-7 | 5-8 | 3,5-7,5 | 5,58-6,37 | 6,66-8 | 3,13-7,05 | | 2-4 |
| 38 | | 0 | 0 | 27 | 32-33 | 38 | 28 | 28,8 | 16,8-41 | 0 | | 0 |
| 39 | 27-81 | 27 | 55 | 0 | 36-37 | 27 | 36 | 0 | 0 | 25 | | 109 |
| 44a | 138 | 125-218 | 218 | 197,2 | 109-197 | 144,2-149 | 116,3 | 112-144 | 129,3-197 | 125-131,5 | | 93-102,3 |
| 44b | 55 | 109-118 | 109 | 118,2 | 40-123 | 40,6-55 | 84,2 | 96-136 | 70,4-113 | 117-118 | | 37-66 |
| 49a | 10,9 | 15-28 | 24-27 | 15,25 | 13,5-29 | 21,8-27 | 13,6 | 16-26,4 | 15,75-31 | 28,81 | | 8-14,5 |
| 49b | 51,6 | 25-68 | 66-68,2 | 25 | 25-38 | 40,6-46 | 37,2 | 32-55,68 | 45,25-49 | 41,16 | | 18-40,6 |
| 51a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| 51b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| 53a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| 53b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |

continuación, tabla 10. Datos de caracteres cuantitativos (primera columna, cuya referencia está en la tabla 15) de los ejemplares de herbario analizados (primer renglón). El número PTM corresponde al número de colección de cada ejemplar revisado (unidad merística), los PTM semejantes forman una clase de equivalencia. Cada clase de equivalencia se diferencia entre sí por caracteres no compartidos entre las diferentes unidades merísticas. Los números marcados con las letras a y b, corresponden a las dimensiones de alguna estructura, diámetro (a) y largo (b). Los datos marcados en gris fueron eliminados de las representaciones gráficas, los números de registro marcados con asterisco (*), corresponden a ejemplares en estado vegetativo solamente. C.E. Clase de equivalencia. Las unidades de los caracteres están dadas en micras, excepto para algunos casos del carácter 26.

| | C.E. 13 | C.E. 14 | C.E. 15 | C.E. 16 |
|------|---------|----------|--------------|------------|
| | B1 | PTM 2882 | SA 009 | SUB 2 |
| 26 a | 0 | 2,1 cm | 1,5 - 3,5 cm | 0,8 - 1 cm |
| 26b | 24-90 | 0 | 215,8-839 | 600 |
| 27a | 0 | 0 | 1,6 | 0 |
| 27b | 0 | 0 | 2,7-3,2 | 0 |
| 29a | 2-6 | 8,2-13,6 | 0 | 0 |
| 29b | 2-10 | 5,5-21,8 | 0 | 0 |
| 30a | 2-10 | 0 | 8,2-16,4 | 2,5-8 |
| 30b | 2-10 | 0 | 16-35,2 | 5-22 |
| 31a | 2-6 | 0 | 10-16 | 2,7-8,2 |
| 31b | 2-10 | 0 | 13,75-20,5 | 10-21 |
| 33a | 2-6 | 0 | 7,52-14,24 | 3,5-12 |
| 33b | 2-4 | 0 | 3,84-8,64 | 3,5-8,5 |
| 38 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | 0 | 59-82 | 148 | 18,5-39,3 |
| 44a | 69-82 | 164 | 660-740 | 163-186 |
| 44b | 41-55 | 82 | 111 | 80-90,9 |
| 49a | 69-82 | 13,6 | 14-48 | 13,6-18,6 |
| 49b | 41-55 | 40,6 | 38,56-116 | 40,6-47 |
| 51a | 55-82 | 0 | 0 | 0 |
| 51b | 27-40,6 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 53a | 51,6 | 0 | 0 | 0 |
| 53b | 27 | 0 | 0 | 0 |
| 54 | 0 | 0 | 0 | 0 |

continuación, tabla 10. Datos de caracteres cuantitativos (primera columna, cuya referencia está en la tabla 15) de los ejemplares de herbario analizados (primer renglón). El número PTM corresponde al número de colección de cada ejemplar revisado (unidad merística), los PTM semejantes forman una clase de equivalencia. Cada clase de equivalencia se diferencia entre sí por caracteres no compartidos entre las diferentes unidades merísticas. Los números marcados con las letras a y b, corresponden a las dimensiones de alguna estructura, diámetro (a) y largo (b). Los datos marcados en gris fueron eliminados de las representaciones gráficas, los números de registro marcados con asterisco (*), corresponden a ejemplares en estado vegetativo. C.E. Clase de equivalencia. Las unidades de los caracteres están dadas en micras, excepto para algunos casos del carácter 26.

| | CLASE DE EQUIVALENCIA 1 | | | | | | C. E. 2 | | | | | | C. E. 3 | | | | CLASE DE EQUIVALENCIA 4 | | | | | | | | |
|----|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 29 67 | 33 76 | 35 89 | 40 61 | 42 44 | 44 58 | 33 45 | 33 76 | 36 15 | 41 21 | 41 24 | 42 16 | 33 51 | 35 89 | 41 51 | 42 43 | 33 71 | 34 31 | 36 17 | 36 31 | 42 36 | 43 57 | 41 01 | 41 02 | 45 47 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 0 | 1 | 3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 2 | 2 | | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 2 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 43 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 47 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 11. Datos de caracteres cualitativos de los ejemplares de herbario analizados. Los datos marcados en gris fueron eliminados de las representaciones gráficas. C.E. clase de equivalencia. El cero indica ausencia de datos, uno, dos, tres y cuatro son los estados de carácter en la secuencia que aparecen en la tabla 15.

| | C. E. 5 | | | | | | C. E. 6 | | | | 7 | C.E. 8 | | | C.E. 9 | | | | C. E. 10 | | | | | | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----|---------|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|-----|--------|-----|----|--------|----|----|-----|----------|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|
| | S11 | 41 | 33 | 33 | 59 | 42 | 41 | SA | 00 | SU | 42 | 45 | 28 | SA | 42 | 58 | 42 | 48 | A0 | SE | 42 | 35 | 35 | B1 | 28 | SA | SU | | | |
| | 40 | 90 | 92 | 06 | 46 | 81 | 10 | 2A | B4 | 46 | 47 | 02 | 009 | 16 | 83 | 46 | 07 | 03 | 64 | 50 | 67 | 67 | | 82 | 009 | B2 | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | |
| 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1-2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 11 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1-2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1-2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 12 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1-2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 0 | 1 | 1 | | | |
| 14 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 15 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 19 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | |
| 20 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 24 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | |
| 28 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3-4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 32 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | | | |
| 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | |
| 36 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 37 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 40 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 41 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | |
| 42 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 43 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 3 | 3 | | | |
| 45 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 46 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 47 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 | ? | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 48 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 50 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |

continuación, tabla 11. Datos de caracteres cualitativos de los ejemplares de herbario analizados. Los datos marcados en gris fueron eliminados de las representaciones gráficas. C.E. clase de equivalencia. El cero indica ausencia de datos, uno, dos, tres y cuatro son los estados de carácter en la secuencia que aparecen en la tabla 15.

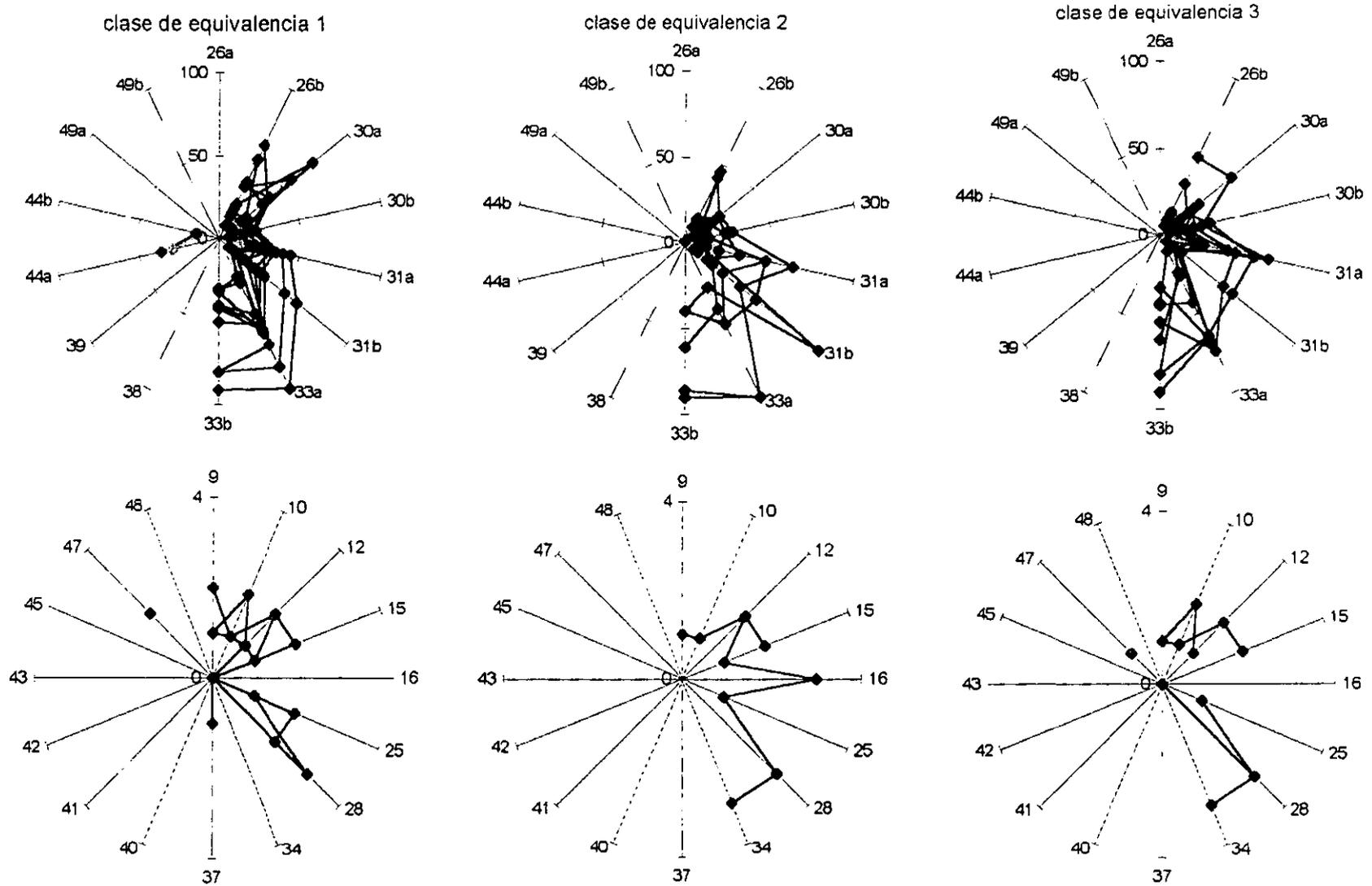


Fig. 22-24. Unidades Holísticas a partir de unidades merísticas. Los números en ejes son los de los caracteres (tabla 15). los valores en ejes van de 0-100%. En las gráficas superiores se presentan los datos cuantitativos (máximos y mínimos), en las inferiores los cualitativos.

clase de equivalencia 4

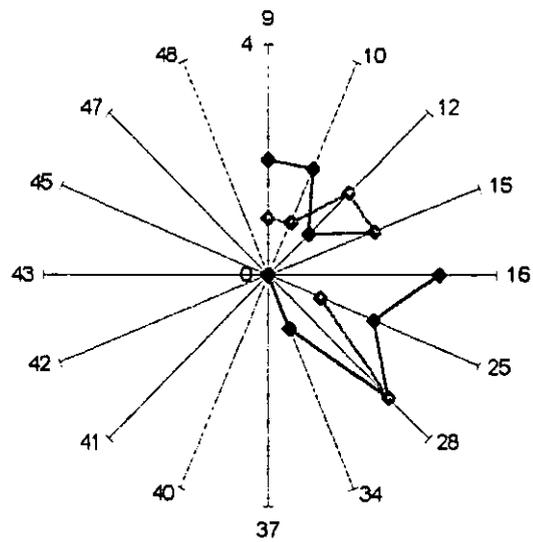
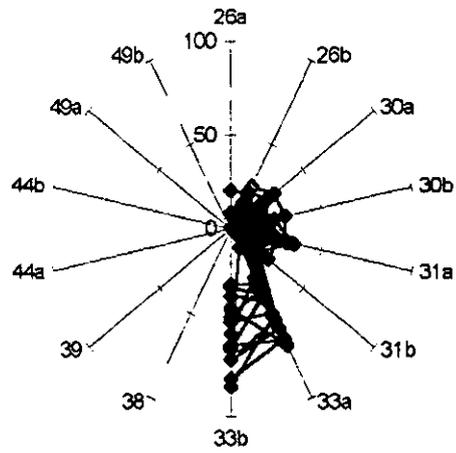


Fig. 25. Unidades Holísticas a partir de unidades merísticas. Los números en ejes son los de los caracteres (tabla 15). los valores en ejes van de 0-100%

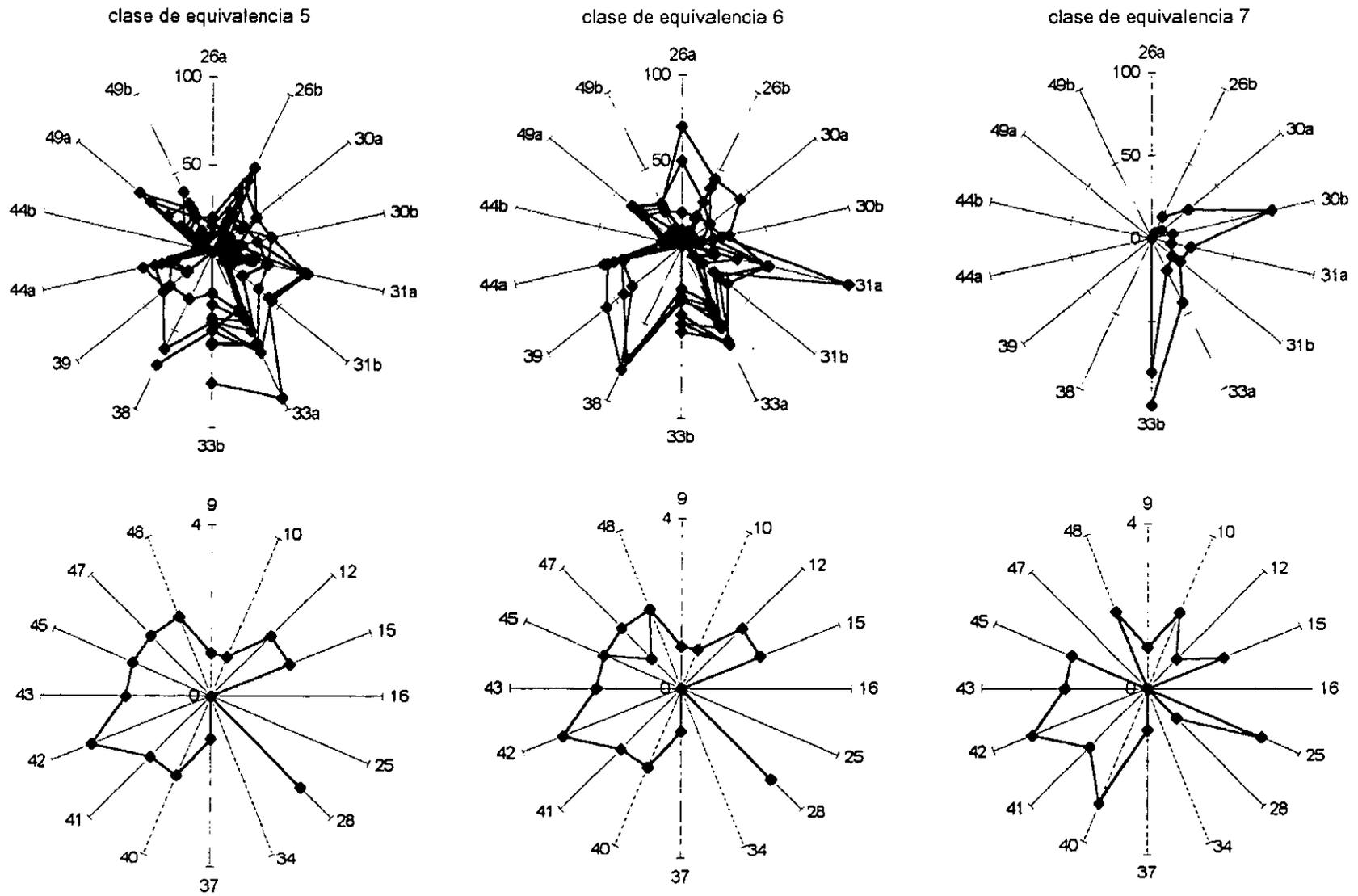


Fig. 26-28. Unidades Holísticas a partir de unidades merísticas. Los números en ejes son los de los caracteres (tabla 15). Los ejes van de 0 -100% En las gráficas superiores se presentan los datos cuantitativos (máximos y mínimos) y en las inferiores los cualitativos

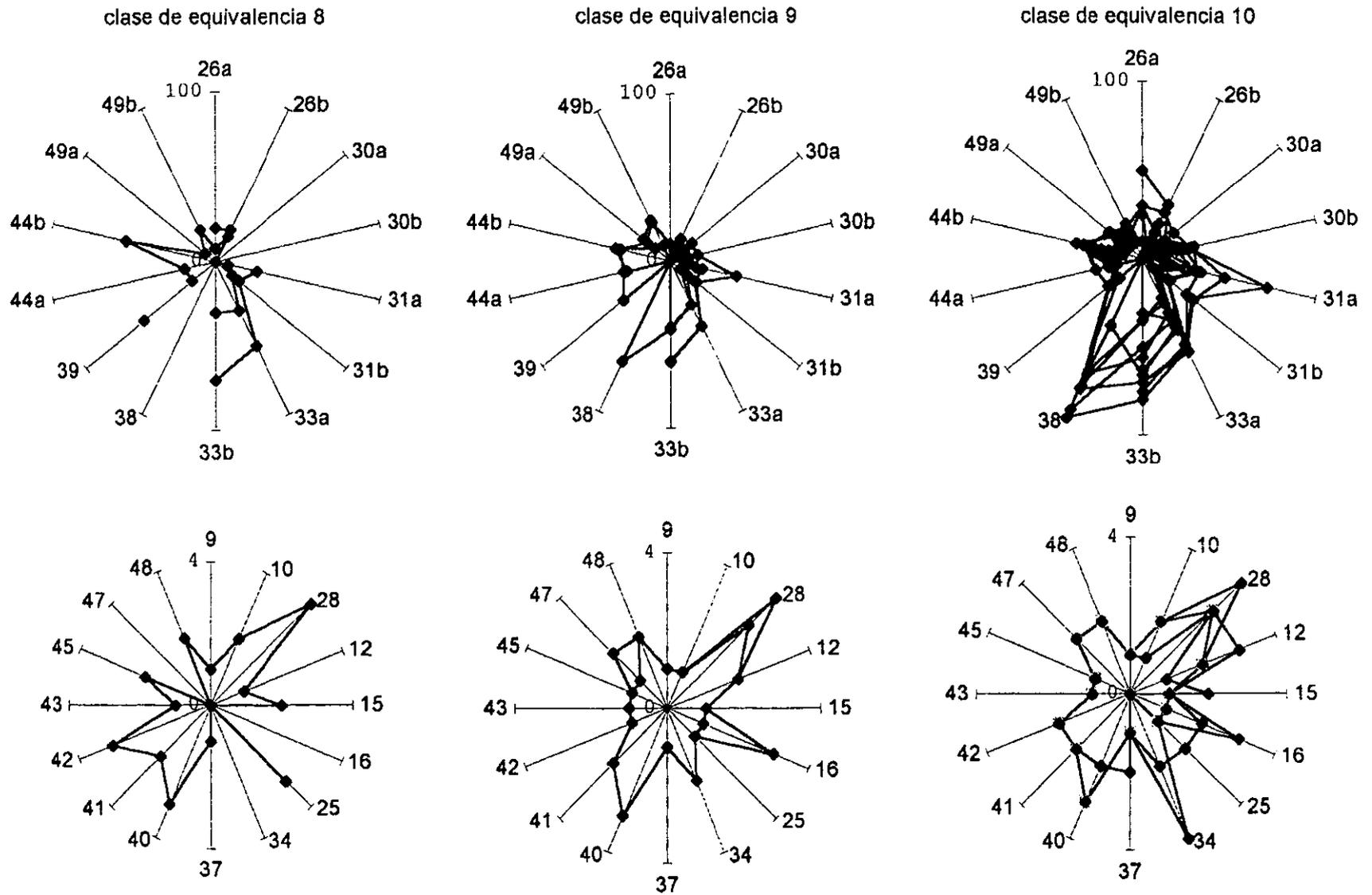


Fig. 29-31. Unidades Holísticas a partir de unidades merísticas. Los números en ejes son los de caracteres (tabla 15). Los valores en ejes van de 0-100% En las gráficas superiores se presentan los datos cuantitativos (máximos y mínimos), en las inferiores los cualitativos

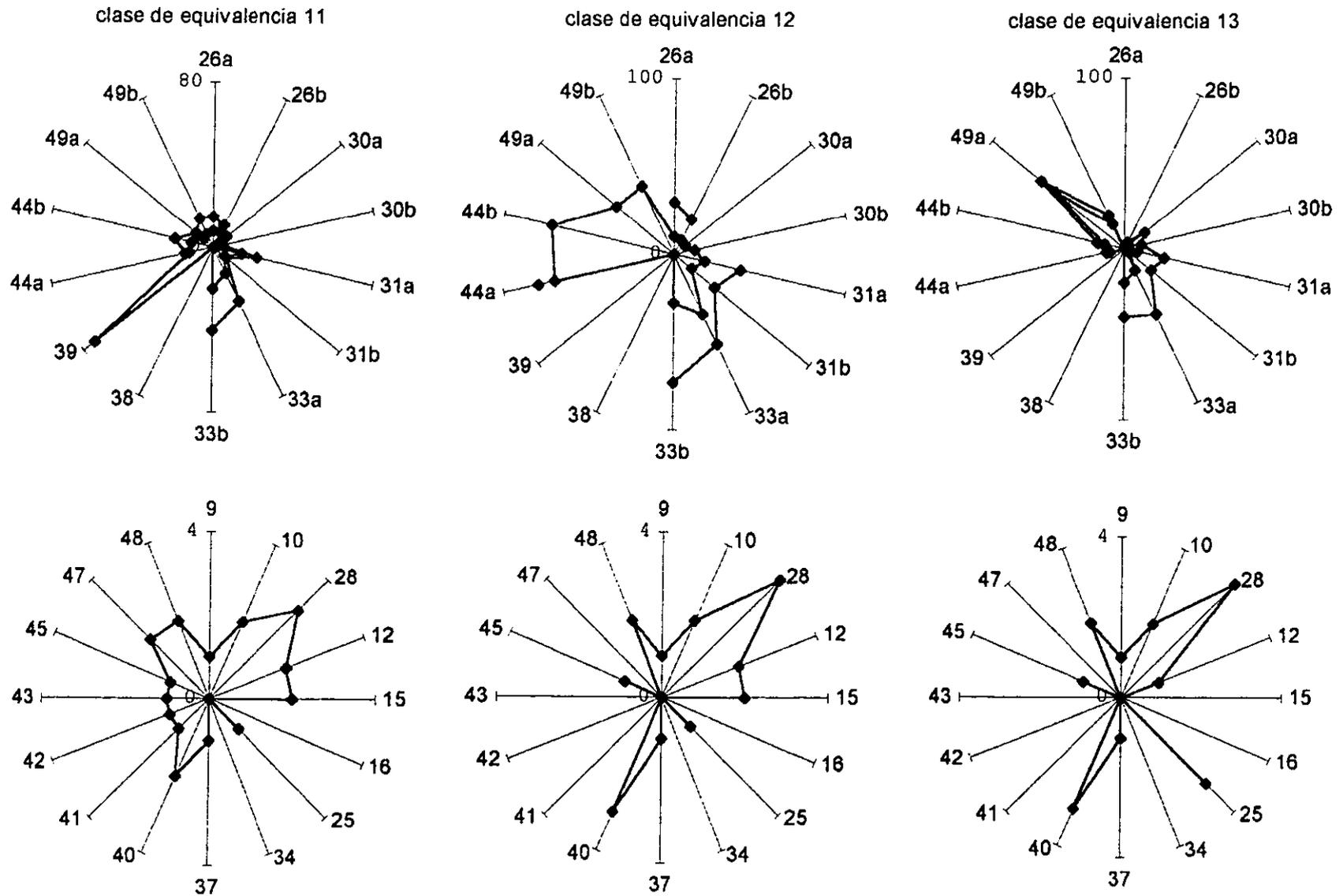


Fig. 32-34. Unidades Holísticas a partir de unidades merísticas. Los números en ejes son los de caracteres (tabla 15). Los valores en ejes van de 0-100% En las gráficas superiores se presentan los datos cuantitativos (máximos y mínimos), en las inferiores los cualitativos

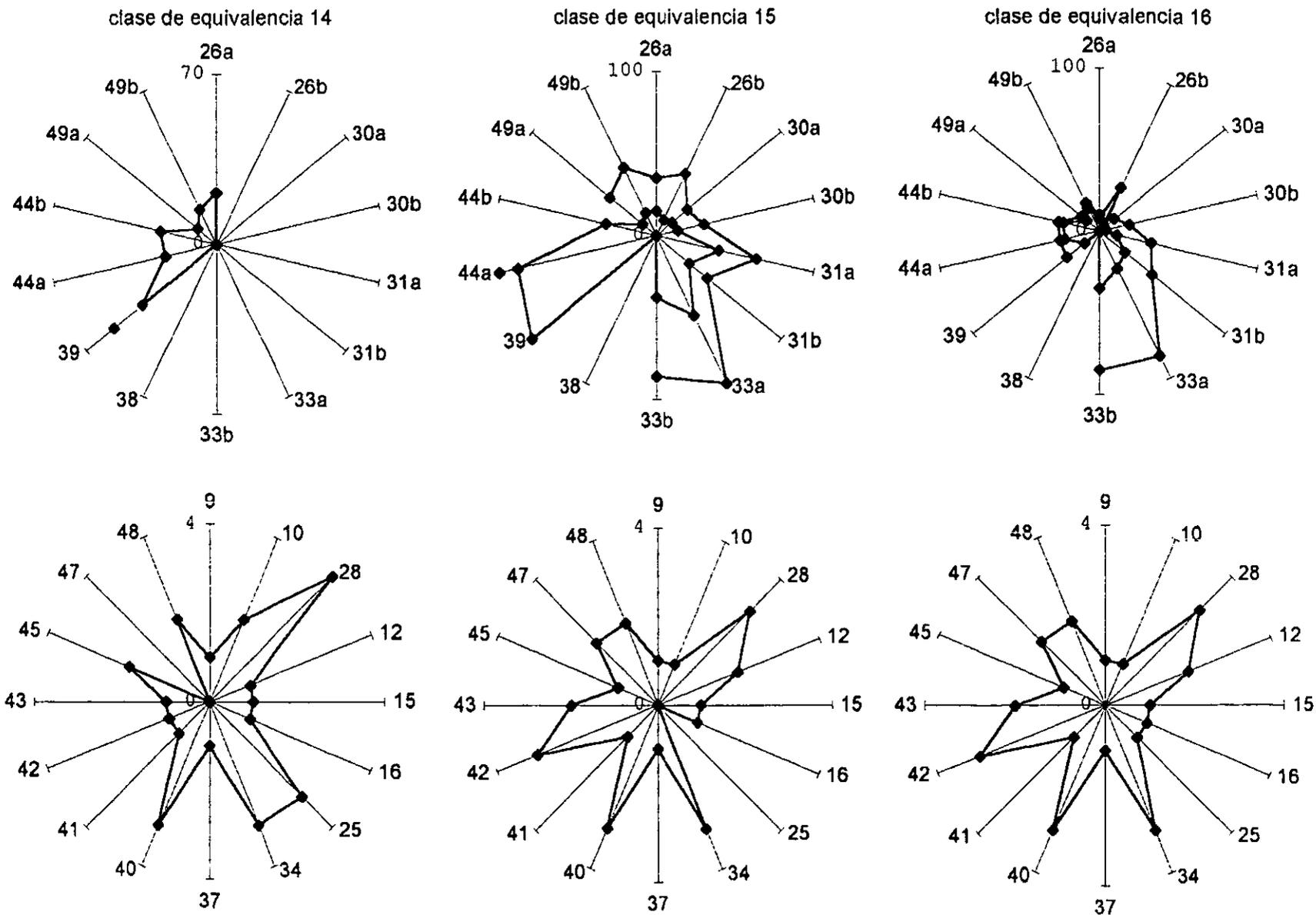


Fig. 35-37. Unidades holísticas a partir de unidades merísticas. Los números en ejes son los de caracteres (tabla 15). Los valores en ejes van de 0-100%. En las gráficas superiores se presentan los datos cuantitativos (máximos y mínimos), en las inferiores los cualitativos

Del análisis de las gráficas de radar de los caracteres cualitativos de las clases de equivalencia se reconocieron patrones diferentes entre cada una de ellas o en conjuntos de ellas, por ejemplo, la clase de equivalencia 2 y 3 son muy semejantes, probablemente pertenecen al mismo género, y podrían ser ejemplares de la misma especie (según lo muestran los caracteres 4,10,12,15, 25, 28 y 34), sin embargo, la información que nos proporcionan esos caracteres, de acuerdo con el análisis bibliográfico anterior, no permite confirmarlo. Podemos observar así mismo, que ambas clases, son distintas a las clases de equivalencia 1 y 4, considerando la expresión del mismo conjunto de caracteres.

En el caso de las gráficas que muestran la expresión de los caracteres cuantitativos de las clases de equivalencia 1-4, no encontramos ningún patrón de similitud entre ninguna de ellas, lo que dificultó tomar una decisión sobre si las clases de equivalencia 2 y 3 eran un mismo taxón o no.

Las gráficas de radar de caracteres cualitativos, de las clases de equivalencia 5 y 6, mostraron un patrón de comportamiento de los caracteres casi idéntico, a excepción del carácter 47 (presencia de columela) en la clase de equivalencia 6, que mostró los dos estados en ejemplares distintos. Lo que se tomó en consideración para separar este conjunto de organismos en dos clases de equivalencia distintas, fue la expresión de los caracteres cuantitativos. Si observamos las gráficas de ambas clases, podemos notar que el conjunto de ejemplares revisados muestran un patrón muy similar en los intervalos de variación de los caracteres, que se diferencia principalmente en los intervalos de los caracteres 26a (diámetro del talo), 31a (diámetro de las células de filamentos postígenos o peritaliales), 33a,b (diámetro y altura de células epitaliales), y 39 (largo del canal conceptacular). La clase de equivalencia 7, guarda cierta semejanza con la 5 y 6, principalmente en la expresión de los caracteres del 37 al 45, sin embargo el resto de los caracteres cualitativos no son parecidos y si analizamos la gráfica de caracteres cuantitativos, observamos que es aún más distinta. Esto nos llevo a dos conclusiones: la primera que: estas tres clases de equivalencia pertenecían al mismo género, pero diferente especies, la segregación en un taxón distinto de la clase 7 era más clara por presentar diferencias tanto en caracteres cualitativos y cuantitativos que la diferenciación de taxones entre las clases 5 y 6, que presentaban sólo diferencias en caracteres cuantitativos.

Lo mismo pasó con las clases de equivalencia 8-11, en donde reconocimos un patrón de similitud entre caracteres cualitativos y donde las principales diferencias se encontraron en los caracteres cuantitativos. En el caso de la clase de equivalencia 12 y 13, parecía no haber diferencias significativas, sin embargo cuando se revisaron los caracteres en que diferían y su importancia en la delimitación taxonómica, decidimos dejarlas como dos clases distintas, dado que el carácter 12 (número de capas de la región basal, así como la estructura dímera del talo), está estrechamente relacionada con el carácter 25 (forma de vida epífita, según el análisis bibliográfico), además las diferencias en los caracteres cuantitativos, dieron lugar a patrones de comportamiento diferentes.

El análisis en los diagramas de dos ejes, donde se representaron también los caracteres cuantitativos, mostró que los valores dimensionales en todas las clases de equivalencia, tienen una distribución muy similar, que aunque hay caracteres que tienen intervalos de

variación distintos (diámetro del talo y grosor del talo), no pueden ser considerados de manera aislada para delimitar especies, en otros casos los intervalos de expresión son muy estrechos (altura de las protuberancias o largo de las células de los filamentos primigenios). Por otro lado hay que tener en cuenta que la mayoría de los caracteres cuantitativos, que en los datos aparecen separados, están correlacionados entre sí y deben considerarse como un solo carácter (largo/diámetro de células del talo, alto/diámetro de cámara conceptacular, largo/diámetro de tetrasporangios, etc.). Los valores de estos caracteres son muy similares en todas las especies registradas en la bibliografía para el PTM. Por otra parte hay que considerar que los datos que se graficaron representan los valores mínimos y máximos registrados, y que lo ideal sería trabajar con una población de datos y obtener de ellos valores tales como la varianza o desviación estándar y comparar éstas para encontrar diferencias significativas reales entre poblaciones de una misma especie o entre especies distintas.

Los ejercicios anteriores nos corroboran que la separación de entidades taxonómicas con base en caracteres cuantitativos no es real (como lo maneja comúnmente Dawson (1960). Es necesario tomar un conjunto de caracteres cuantitativos en relación con un conjunto de caracteres cualitativos, siendo éstos los más significativos. Respecto de esto, nos queda la duda de la presencia real de dos taxones, representados por las clases de equivalencia 5 y 6, ya que si analizamos la información de las tablas de datos y de las descripciones, nos daremos cuenta que lo único que las hace distintas es el intervalo de variación en diámetro de las cámaras conceptaculares esporangiales, sin embargo y debido al escaso número de muestras analizadas hemos preferido mantener la sectorización en dos entidades hasta no hacer un estudio más detallado de las poblaciones.

V.3. CONFRONTACIÓN ENTRE LAS DESCRIPCIONES DE ESPECIES TOMADAS DE LA BIBLIOGRAFIA

En este apartado presentamos los resultados obtenidos del análisis de la información que proporciona Dawson (1960) y Woelkerling (1996) en sus descripciones.

Para estimar la consistencia de los caracteres de delimitación a nivel específico que usa Mason (1953) y Dawson (1960), se compararon entre sí las descripciones, datos de tablas y gráficas de radar de las especies del mismo género, de los diferentes géneros registrados en las costas del PTM, y ejemplificamos con las especies del género *Lithophyllum* (tabla 12, figs. 38-44).

El análisis comparativo de los caracteres cualitativos, no permitió reconocer un patrón común (figs. 38-44). El principal problema que se observó en las descripciones, fue la falta de información, que hizo imposible reconocer si existía compatibilidad entre la serie de líneas que se deberían de formar en cada gráfica de radar. En el caso de los datos cuantitativos, cada gráfica resultó distinta y sólo en algunos casos parece haber diferencias en los intervalos de variación de los caracteres, como en el caso de *L. grumosum*, *L. lichenare* y *L. proboscideum* (fig. 38,41,42).

Las diferencias encontradas en las líneas de cada gráfica, nos podrían hablar de diferencias entre las entidades taxonómicas, para corroborarlo, se llevó a cabo una representación gráfica de cada carácter comparado en cada especie del mismo género, en diagramas de dos ejes, en la figura 45a-n se ejemplifica con las especies del género *Lithophyllum*. En cada gráfica está representado un sólo carácter en el eje de las abcisas y en el de las ordenadas aparecen las especies.

En estas representaciones, se observa una homogeneidad en el comportamiento de los caracteres en todas las especies analizadas. No parece, de manera cualitativa haber ninguna diferencia entre ellos.

Por otr parte, se aprecia en las tablas de datos, como de las gráficas de radar de caracteres, tanto cualitativos como cuantitativos de las especies registradas en la literatura para la región del PTM, la poca información proporcionada. Paradójicamente, las descripciones de esas mismas especies cuentan con una gran cantidad de información, pero ésta, una vez analizada y segregada, resultó insuficiente e incompleta aquella de utilidad taxonómica, casi en ningún caso se logró el dibujo más o menos completo de las gráficas y mucho menos en el caso de aquellos polígonos cualitativos, que resultan ser fundamentales en el reconocimiento de géneros y especies, lo cual era un poco de esperarse, dado el antecedente de que dichas descripciones fueron elaboradas bajo una concepción distinta en la delimitación de taxones a la que se maneja hoy día.

En la tabla 13, se presentan los datos cuantitativos y cualitativos de las especies de *Lithophyllum*, que registra Woelkerling (1996), así como de sus gráficas de radar (fig. 46-51). El análisis de la información cualitativa, tanto de las descripciones como de las gráficas, nos permitió reconocer patrones de similitud entre todas aquellas especies del mismo género. Por otra parte, también se observa un patrón diferente para la expresión de las características cuantitativas para cada especie.

La representación en diagramas de dos ejes (fig. 52a-p) de los caracteres cuantitativos, nos muestra que existe un solapamiento casi tan evidente como en el caso de los datos registrados para especies del Pacífico por Dawson.

| | <i>Lithophyllum grumosum</i> | <i>Lithophyllum imitans</i> | <i>Lithophyllum hancockii</i> | <i>Lithophyllum lichenare</i> | <i>Lithophyllum proboscideum</i> | <i>Lithophyllum trichotomum</i> | <i>Lithophyllum lithophylloides</i> |
|-----|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| 26a | 100 | 100 | 100 | 130 - 150 | 170 | 100 | 35 |
| 26b | 30 - 50 | 2 | 0 | 1.4 - 2 | 1 - 2 | 0 | 0 |
| 27a | 2 (4-8) 10 | 2-6 | 1.5 | 0 | (3) 4-5 | 1-1.5 | 2-4 |
| 27b | 10-15 | 3(5) 10 | 70 | 0 | 20-30 | 5-15 | 0 |
| 29a | (6) 11-18 (22) | (6) 8-11 (14) | 0 | 5-7 | 7-12 | 0 | 7-12 |
| 29b | 14-29 (40) | 13-20 (27) | 0 | 12-18 | 14-36 | 0 | 0 |
| 30a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31a | (6) 7-14µm | 9-11 (13) | 0 | 4-6 | 6-9 (7) | 0 | 6-11 |
| 31b | (6) 8-26 (32) | 18-20 | 0 | 10-15 | 9-11 | 0 | 7-17 |
| 33a | 4-6 | 0 | 0 | 4-6 | 6-8 | 0 | 0 |
| 33b | 1-2 | 0 | 0 | 3-4 | 2-4 | 0 | 0 |
| 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 44a | 90-150 | 51-117 | 110-140 | 100-150 | (90) 95-120 | 350 | 47-132 |
| 44b | 225-350 (400) | 180-330 | 240-300 | 100-200 | 190-300 | 450-700 (1000) | 250-300 |
| 49a | 0 | 40-60 | 25-30 | 0 | 30-35 | 0 | 0 |
| 49b | 70-100 | 80-100 | 50-60 | 0 | 50-60 | 50-110 | 40-80 |
| 51a | 100-190 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 51b | 30-40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 53a | 175-300 | 200 | 0 | 125-190 | 0 | 0 | 0 |
| 53b | 100 | 0 | 0 | 100-125 | 0 | 0 | 0 |
| 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 12. Datos de especies del género *Lithophyllum* (primer renglón), registradas para las costas del PTM. Caracteres cuantitativos (primera columna, cuya referencia está en la tabla 15). Los números marcados con letras corresponden a las dimensiones de alguna estructura, diámetro (a) y largo (b). Los datos marcados en gris fueron eliminados de las representaciones gráficas.

| | <i>L. grumosum</i> | <i>L. imitans</i> | <i>L. hancockii</i> | <i>L. lichenare</i> | <i>L. proboscideum</i> | <i>L. trichotomum</i> | <i>L. lithophylloides</i> |
|----|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1-2 | 1 | 1 | | | 1 | 1 |
| 8 | 1 | | 1 | | 1 | 1-2 | 1 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 2 | 2 | | 2 | 2 | | 2 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 1-3 | 1-3 | 1-2 | 1 | 1 | 1 | 1-3 |
| 25 | 1-2 | 1-2 | 1-2 | 1 | 1 | 1-2 | 1-2 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 1-3 | | | 2-3 | 3-4 | 0 | 0 |
| 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 2-3 | 1-3 | 2 | 0 | 1-3 | 1-3 | 0 |
| 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 43 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 47 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 |

continuación, tabla 12. Datos de las especies de *Lithophyllum* (primer renglón). Registrados en las costas del PTM. Caracteres cualitativos (primera columna, cuya referencia está en la tabla 15). Los datos marcados en gris fueron eliminados de las representaciones gráficas. Datos tomados de Taylor (1945), Mason (1953), Dawson (1960). El cero indica ausencia de datos, uno, dos, tres y cuatro son los estados de carácter en la secuencia que aparecen en la tabla 15.

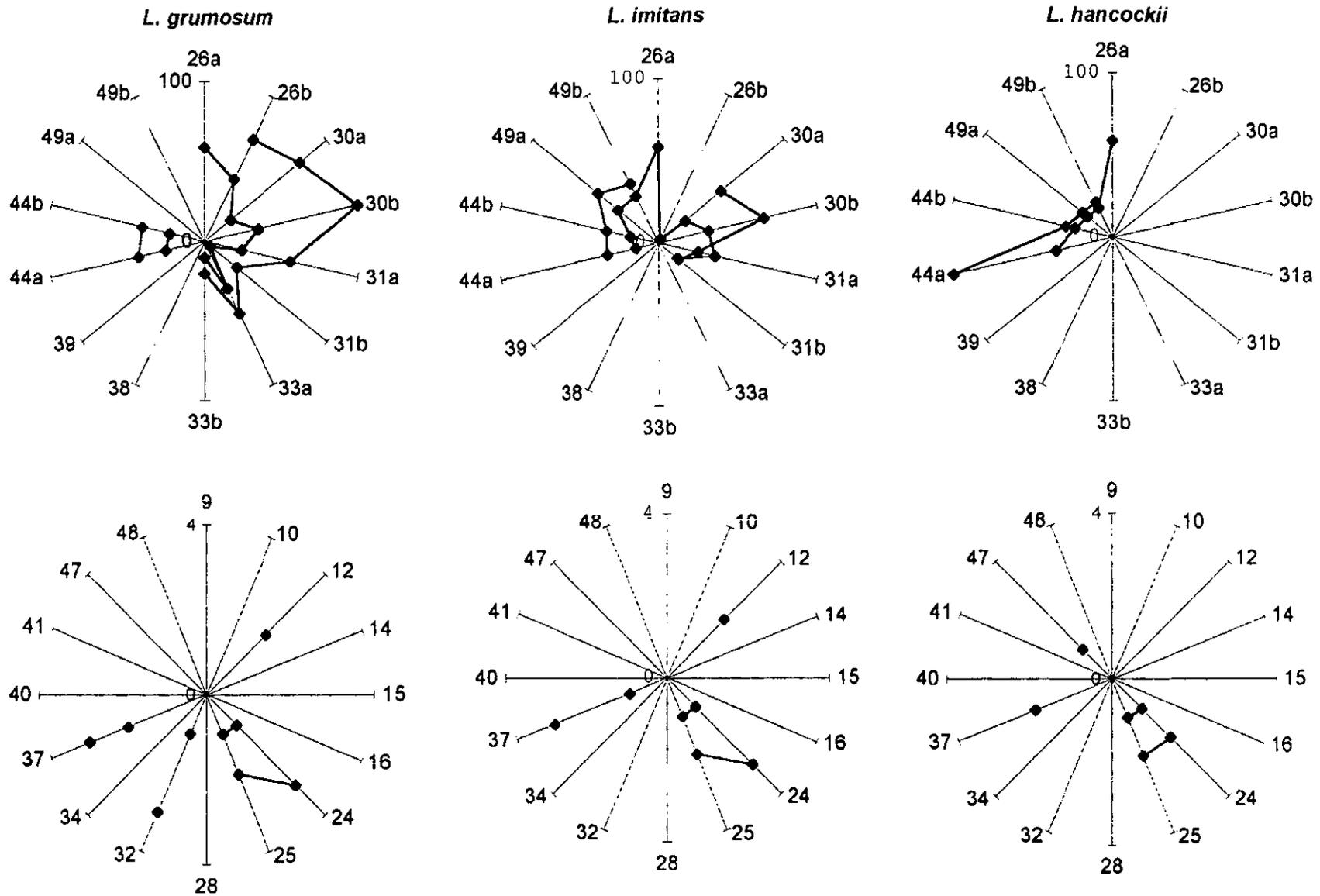


Fig. 38-40. Representación gráfica de especies de *Lithophyllum*. Los números en ejes son los caracteres (tabla 15). Los valores en ejes van de 0-100%. En las gráficas superiores se representan los datos cuantitativos (máximos y mínimos) y en las inferiores los cualitativos.

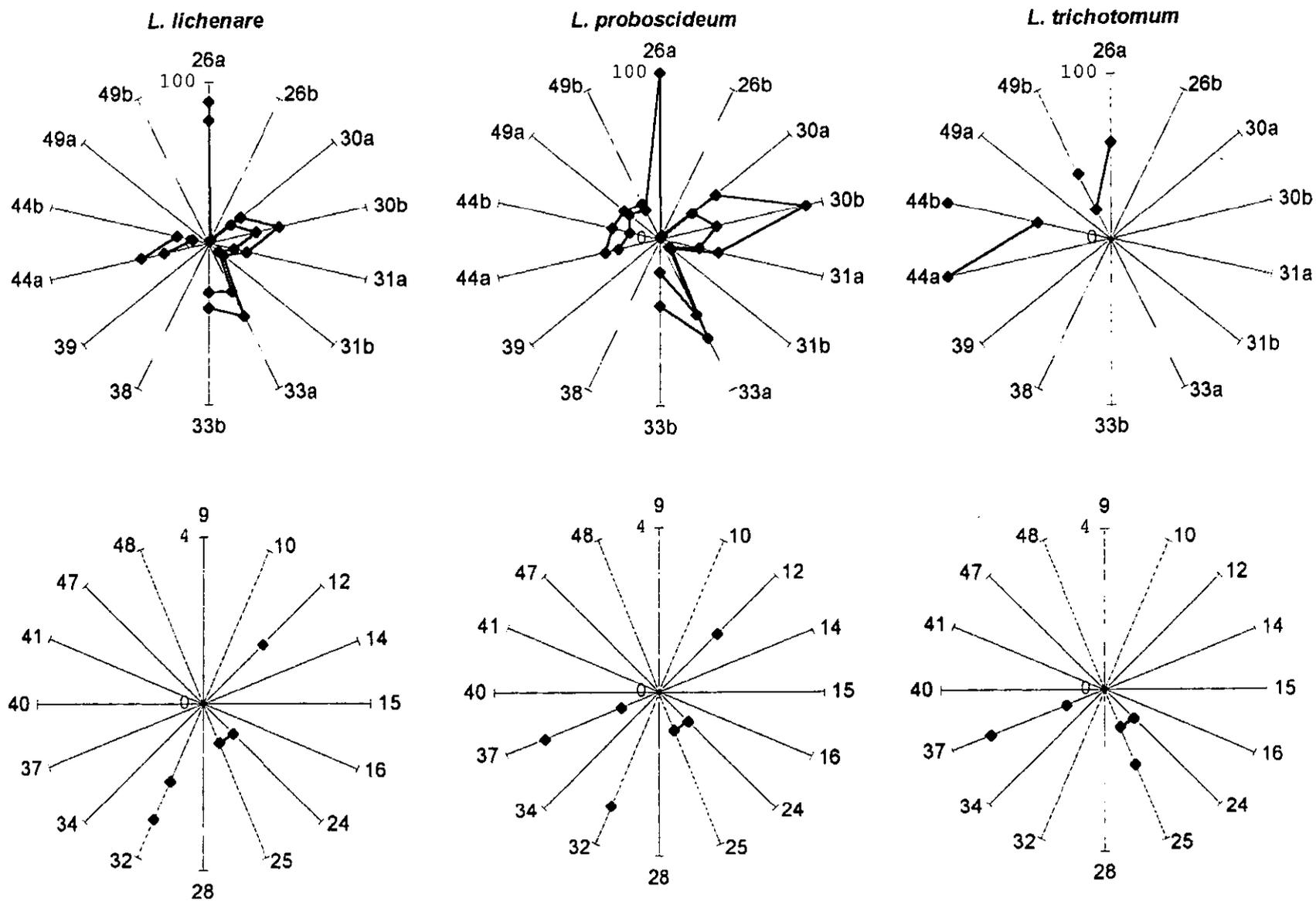


Fig. 41-43. Representación gráfica de especies de *Lithophyllum*. Los números en ejes son los caracteres (tabla 15). Los valores en ejes van de 0-100%. En las gráficas superiores se representan los datos cuantitativos (máximos y mínimos) y en las inferiores los cualitativos.

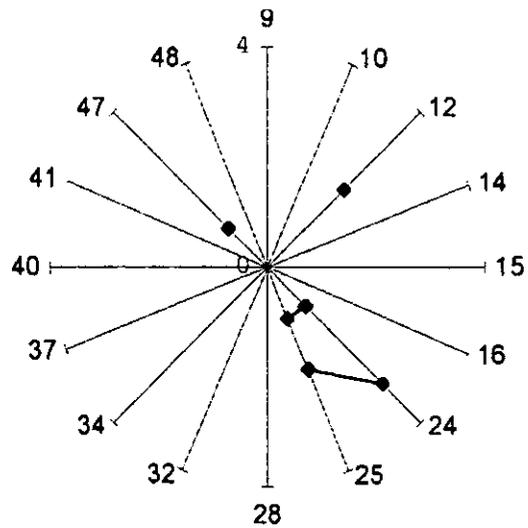
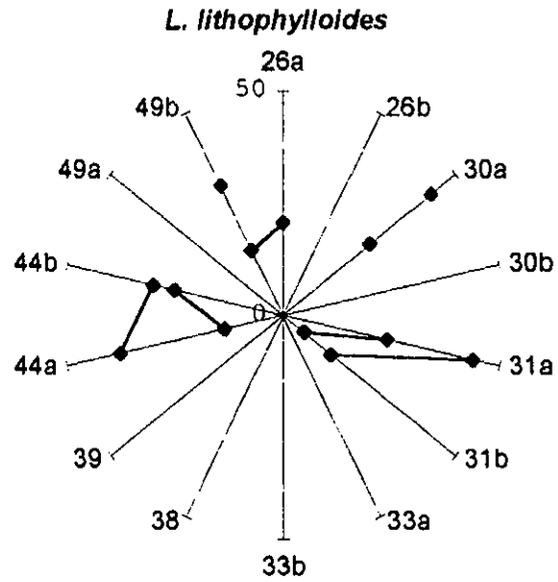
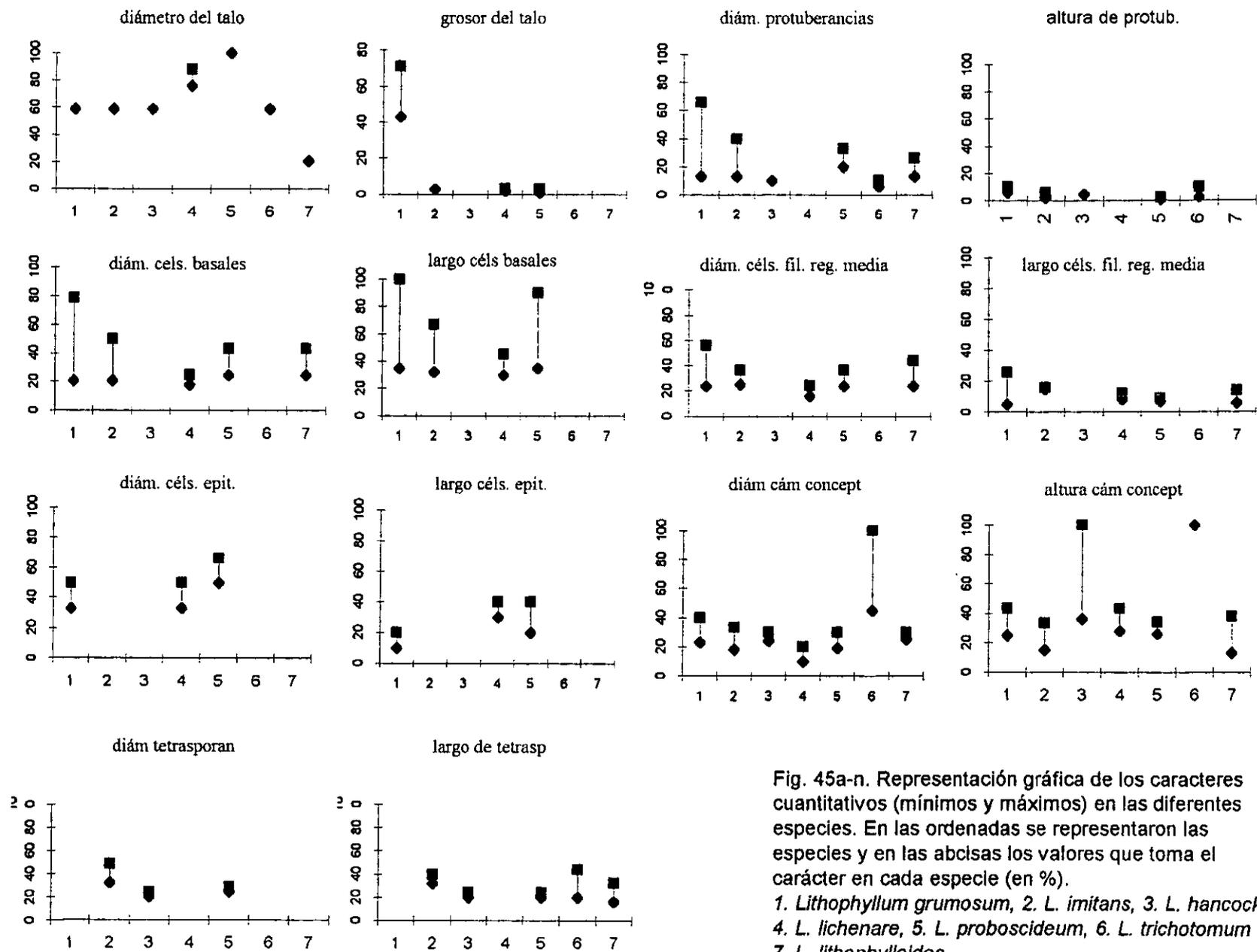


Fig. 44. Representación gráfica de especies de *Lithophyllum*. Los números en ejes son los caracteres (tabla 15). Los valores en ejes van de 0-100%. En las gráficas superiores se representan los datos cuantitativos (máximos y mínimos) y en las inferiores los cualitativos.



| | <i>L. chamberlianum</i> | <i>L. irvineanum</i> | <i>L. prototypum</i> | <i>L. pustulatum</i> | <i>L. corallinae</i> | <i>L. frondosum</i> |
|-----|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 26a | 0,05 - 2,5 | 3 - 5 | 20 - 50 | 1 - 100 | 10 - 50 | 4 - 200 |
| 26b | 0,04 - 0,5 | 0,5 - 1 | 0,1 - 0,9 | 0,05 - 2,5 | 0,2 - 1 (5) | 0,1 - 6 |
| 27a | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 - 7 | 2 - 27 |
| 27b | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 - 7 | 2 - 29 |
| 29a | 5 - 18 | 5 - 12 | 5 - 14 | 5 - 25 | 5 - 20 | 5 - 25 |
| 29b | (13) 20 - 75 (90) | (15) 25 - 70 (80) | 15 - 50 (70) | (12) 25 - 75 (100) | (13) 20 - 65 (82) | (16) 25 - 60 (100) |
| 30a | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 - 14 | 5 - 14 |
| 30b | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 - 35 (55) | 5 - 50 (70) |
| 31a | 0 | 0 | 0 | 5 - 14 | 5 - 16 | 3 - 15 |
| 31b | 0 | 0 | 0 | (5) 16 - 55 (65) | 5 - 40 (55) | (3) 8 - 50 (60) |
| 33a | 4 - 12 | (4) 5 - 9 (12) | 4 - 9 | 3 - 12 | 4 - 9 | 4 - 12 |
| 33b | 3 - 7 | (2) 6 - 30 (60) | 2 - 6 | 2 - 8 | 2 - 6 | 2 - 6 |
| 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 44a | (145) 175 - 210 (252) | (180) 215 - 245 (263) | 375 - 440 | (162) 390 - 500 (556) | (155) 190 - 235 (280) | (255) 320 - 410 (445) |
| 44b | (60) 80 - 120 (159) | 82 - 125 | 125 - 150 | 110 - 180 | 68 - 105 (136) | (65) 90 - 125 (160) |
| 49a | (16) 20 - 35 (47) | (29) 40 - 55 | 30 - 45 | 35 - 85 | (15) 25 - 55 (95) | 25 - 45 (55) |
| 49b | (35) 55 - 95 (118) | 68 - 88 (101) | (60) 71 - 103 (110) | 95 - 140 | (35) 50 - 95 (125) | (31) 75 - 125 (135) |
| 51a | 160 - 200 | 0 | 133 - 185 | (53) 220 - 450 | 115 - 145 | (100) 140 - 160 |
| 51b | 29 - 55 | 0 | (22) 37 - 60 | 50 - 90 | 30 - 50 | 25 - 60 |
| 52 | 5 - 7 | 0 | | | 2 - 5 | 4 - 5 |
| 53a | 160 - 225 (259) | 0 | 405 - 495 | 220 - 300 | 185 - 233 (305) | (169) 300 - 385 |
| 53b | 81 - 115 (209) | 0 | 103 - 150 | 85 - 110 (177) | 60 - 110 (140) | (65) 85 - 115 (125) |
| 54 | 7 - 10 | 0 | 0 | 0 | 5 - 12 | 7 - 11 |

Tabla 13. Datos de caracteres cuantitativos (primera columna, cuya referencia está en la tabla 15) de las especies (primer renglón) de *Lithophyllum* registradas por Woelkerling (1996). Los números marcados con las letras, corresponden a las dimensiones de diámetro (a) y altura (b). Los datos marcados en gris no se usaron para las representaciones gráficas.

| | <i>L. chamberlianum</i> | <i>L. irvineanum</i> | <i>L. prototypum</i> | <i>L. pustulatum</i> | <i>L. corallinae</i> | <i>L. frondosum</i> |
|----|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,2 | 1,2 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,2 | 1,2 |
| 11 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,2 | 1,2 |
| 14 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 15 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 2 | 1,2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 22 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 23 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 24 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,2 |
| 28 | 3 | 2,3 | 1,2,3 | 1,2,3 | 1,2 | 1,2,3 |
| 32 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 34 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 35 | 0 | 0 | 3,4 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 41 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2,3 | 2 |
| 42 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 43 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 45 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 47 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 48 | 1,2 | 1 | 2 | 1,2 | 1,2 | 2 |
| 50 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1,2 | 1 |

continuación, tabla 13. Datos de caracteres cualitativos (primera columna, cuya referencia está en la tabla 15) de las especies de *Lithophyllum* (primer renglón), registradas por Woelkerling (1996). Los números marcados en gris no fueron considerados para las representaciones gráficas. El cero indica ausencia de datos, uno, dos, tres y cuatro son los estados de carácter en la secuencia que aparecen en la tabla 15.

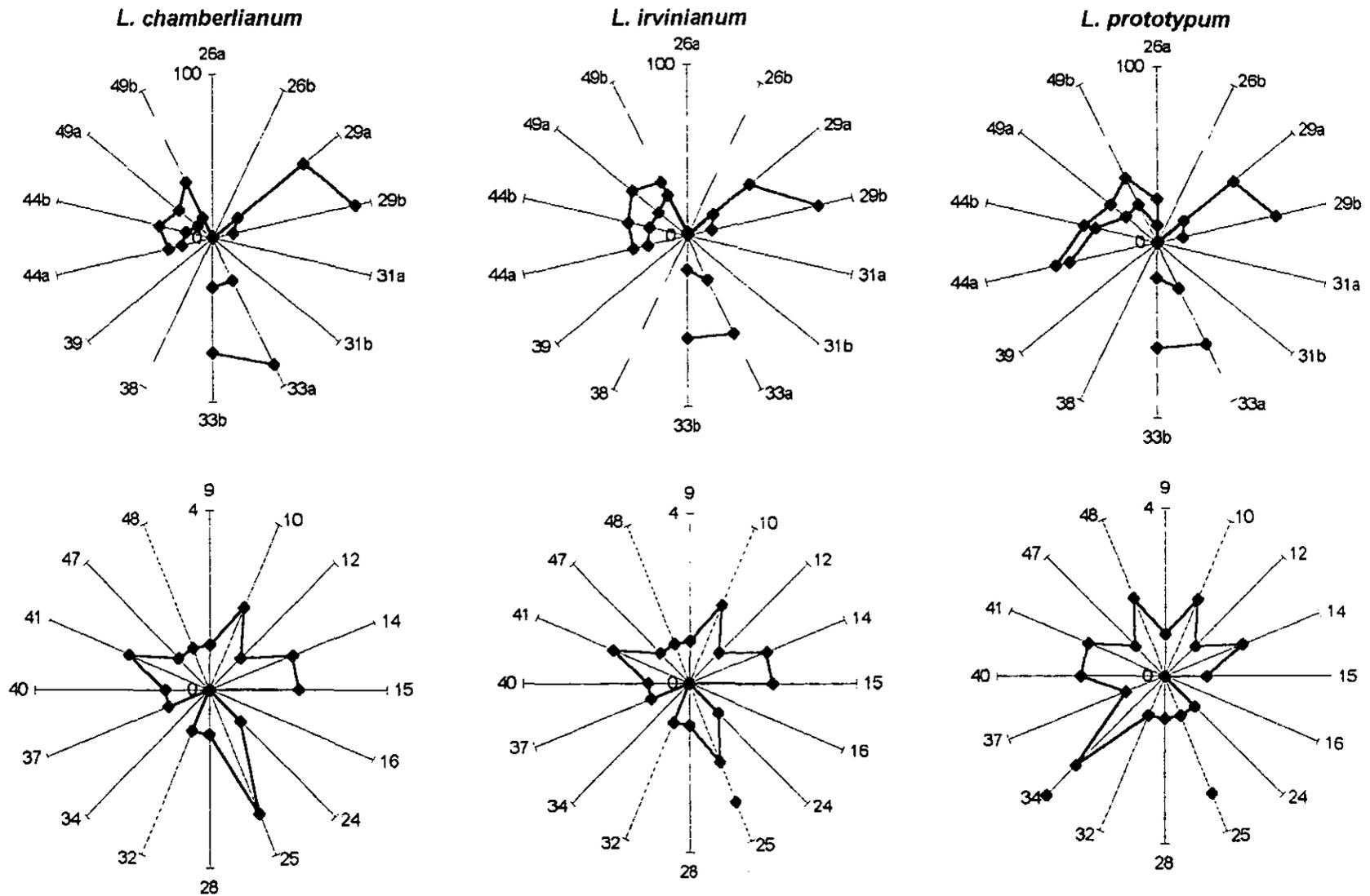


Fig. 46-48. Representación gráfica de especies de *Lithophyllum*. Los números en ejes son los caracteres (tabla 15). Los valores en ejes van de 0-100%. En las gráficas superiores se representan los datos cuantitativos y en las inferiores los cualitativos.

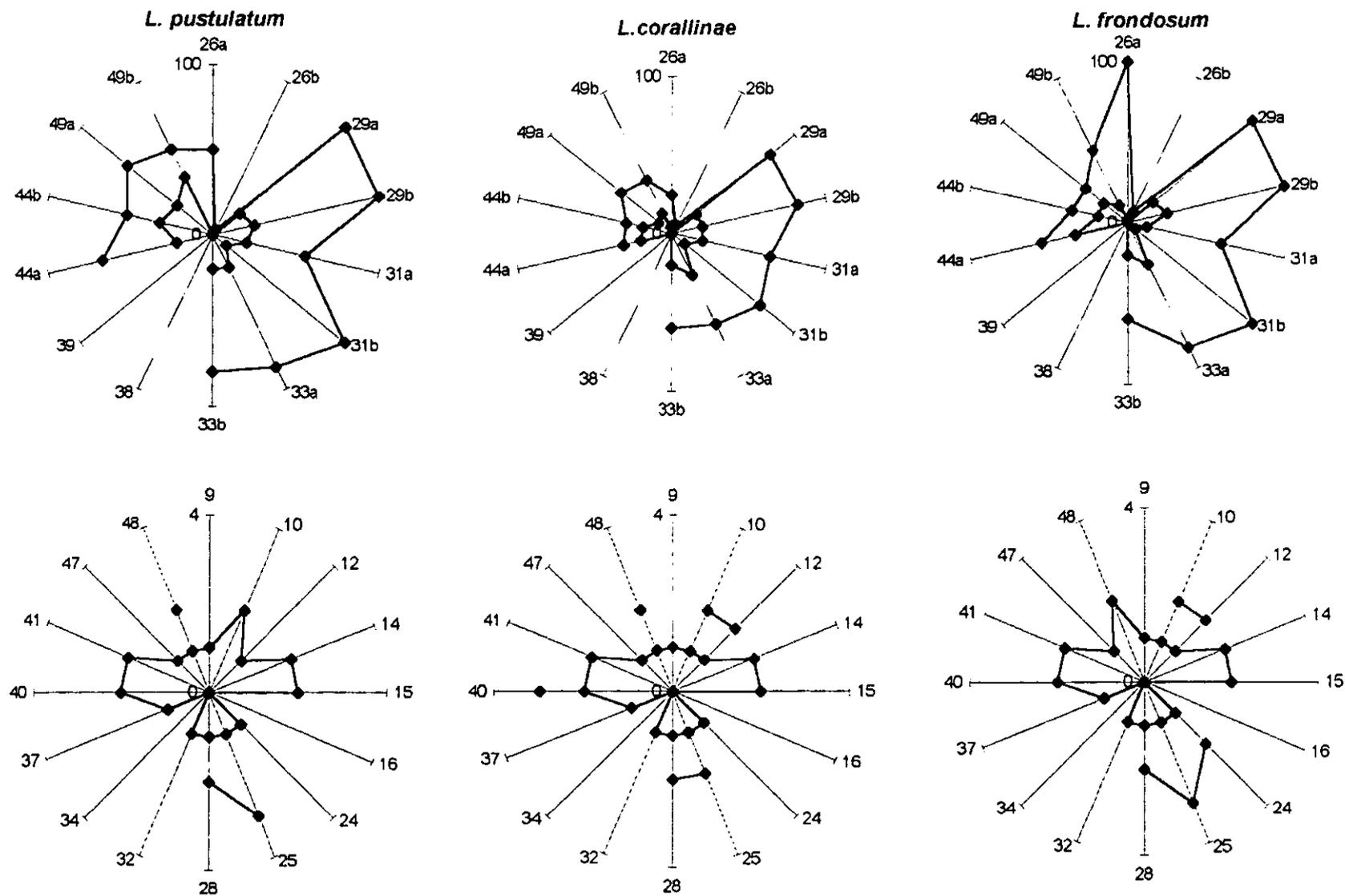


Fig. 49-51. Representación gráfica de especies de *Lithophyllum*. Los números en ejes son los caracteres (tabla 15). Los valores en ejes van de 0-100% En las gráficas superiores se representan los datos cuantitativos y en las inferiores los cualitativos.

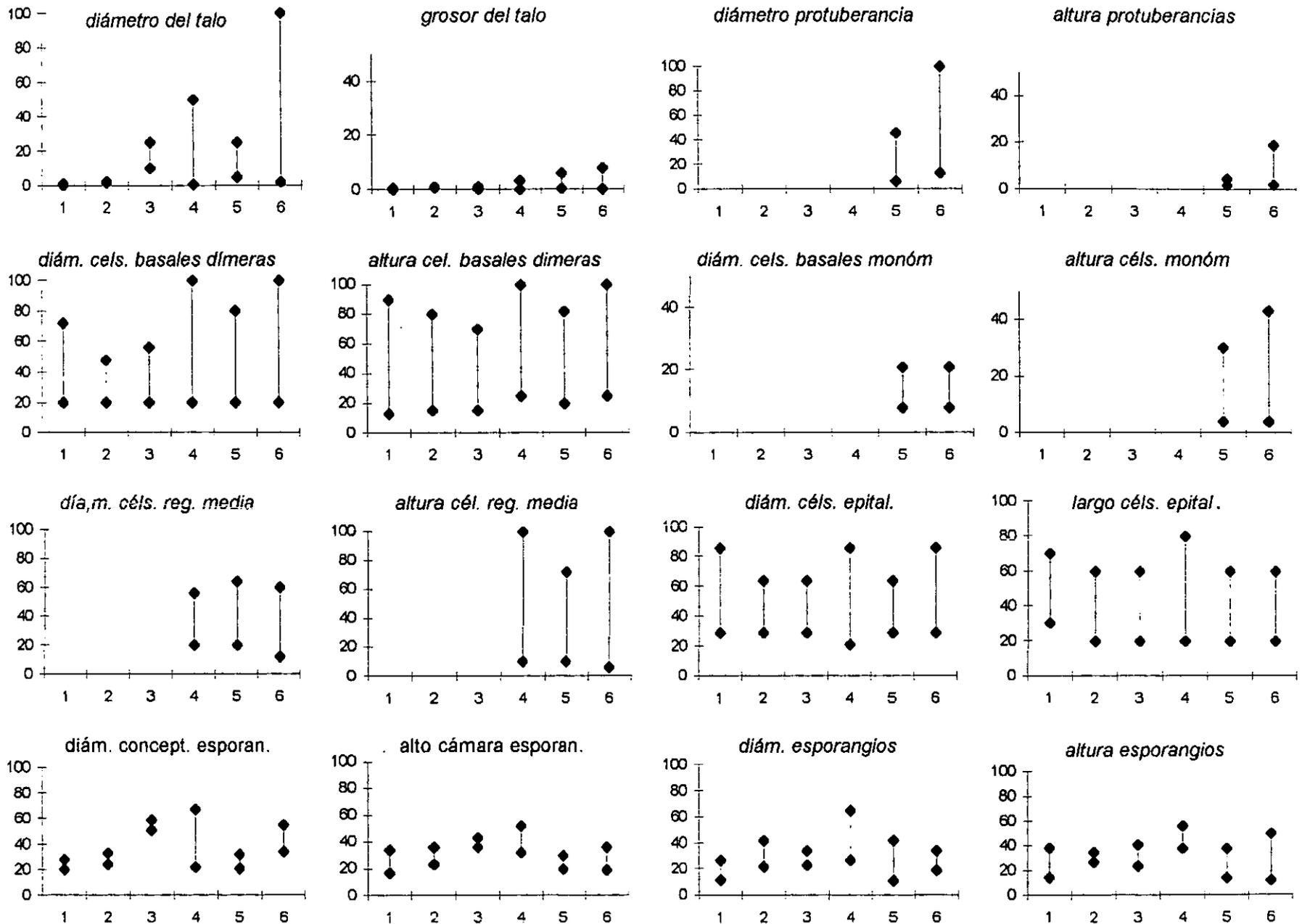


Fig. 52a-p. Representación gráfica de los caracteres cuantitativos (mínimos y máximos) en las especies del género *Lithophyllum* descritas por Woelkerling (1996). En las ordenadas se representaron las especies y en las abcisas los valores del carácter en cada especie
 1. *L. chanberkuabyn*, 2. *L. irvineanum*, 3. *L. prototypum*, 4. *L. pustulatum*, 5. *L. corallinae*, 6. *L. frondosum*.

En las gráficas de las especies que se obtuvieron de las descripciones de Woelkerling, se reconocieron patrones de similitud para caracteres cualitativos. De las gráficas de caracteres cuantitativos, podemos decir que cada especie, presenta un intervalo de variación distinto. Esto permite reconocer que, cada una de las entidades descritas como especies distintas, presentan diferencias tanto cualitativas como cuantitativas. Se observó que, aunque sus descripciones son extensas y en muchas de ellas se da información que es común para todo un género o para toda la subfamilia, proporciona también, la información de tipo diagnóstico y siempre hace referencia a la información que no fue observada o de la cual se tiene en duda su valor. Patrón que no encontramos de manera tan evidente en las descripciones proporcionadas por Mason-Dawson.

V.4. CONFRONTACIÓN ENTRE LAS UNIDADES HOLÍSTICAS Y LAS DESCRIPCIONES DE ESPECIES OBTENIDAS DE LA BIBLIOGRAFÍA

Una vez obtenidas las clases de equivalencia de nuestros ejemplares, se procedió a confrontarlas con las descripciones y las gráficas de radar obtenidas con los datos de la literatura.

Como resultado de tal confrontación, se obtuvo una mayor semejanza con la información y con los polígonos generados a partir de la información de Woelkerling (1998, 1996). Sin embargo, se pudieron reconocer semejanzas entre las descripciones de los ejemplares marcados con los número de registro PTM 3567 y B1 con las descripciones de *Lithothamnion pacificum* y *Melobesia membranacea* respectivamente, que proporciona Dawson (1960). Por otra parte, dado que muchos de nuestros ejemplares sólo contaban con la información de caracteres vegetativos, se hizo imposible su reconocimiento a nivel de especie y fue necesario hacer una segregación de aquellas unidades merísticas que contaban con información reproductiva de aquellas que no, las primeras aparecen marcados con asterisco (*), de esta manera se obtuvieron 16 clases de equivalencia, cinco con información sólo de tipo vegetativo o en estado gametangial y 11 con información reproductiva.

V.5. OBTENCIÓN DEL LISTADO DE CARACTERES PARA DEFINICIÓN DE TAXONES

El análisis conjunto del material revisado y de la información obtenida de la bibliografía nos permitió separar un conjunto de caracteres que podían ser útiles para la delimitación de taxones e identificación de los mismos, aún sin contar con mucho material y sin hacer extensivos estudios poblacionales, tal y como lo permitía el material con el que contábamos. Tales caracteres fueron aquellos que identificamos claramente en los ejemplares estudiados y que además la literatura considera como diagnósticos para el reconocimiento tanto de subfamilias, géneros y especies. Tales caracteres fueron los siguientes: número de poros conceptaculares esporangiales, forma tamaño y posición de las células que flanquean el canal de la cámara conceptacular esporangial presencia de tapones esporangiales; presencia de células oclusivas del poro conceptacular esporangial, tipo de uniones celulares, construcción del talo, arreglo y simetría del mismo tipo y posición de los espermatangios en la cámara; dimensiones de las cámaras conceptaculares esporangiales, número de células del techo conceptacular

tetrasporangial, número de células a partir del piso de la cámara conceptacular y hacia la superficie de la misma, presencia de tricocitos. Todos estos datos fueron indispensables para el reconocimiento de taxones y son mencionados en cada descripción.

Para el resto de los caracteres contamos con el antecedente bibliográfico de que son caracteres variables bajo ciertas condiciones ambientales o de la etapa de desarrollo en la que se encuentre el organismo. La dificultad de este estudio para evaluarlos, fue que el tipo de material seleccionado no fue el apropiado. Por lo que queda abierta completamente la tarea de evaluarlos, haciendo estudios intensivos sobre la biología de las coralinas, poniendo especial énfasis en análisis poblacionales para obtener los intervalos de variación de los caracteres y establecer patrones en el caso de que sea posible.

En la tabla 15 se presenta el listado depurado de caracteres y estados de carácter, que se propone sean considerados para la descripción de ejemplares en las costas mexicanas, la mayoría de ellos de significativa importancia taxonómica, incluidos aquellos a nivel de subfamilia, género y principalmente especie. Fueron incluidos otros dos caracteres relacionados con las cámaras conceptaculares, que se consideró importantes para la descripción de taxones, dado que algunos autores los mencionan en sus trabajos (Keats y Chamberlain 1994) y que se someterán a evaluación en trabajos posteriores para determinar el valor taxonómico; ellos son: *diámetro de los poros y largo del canal de la cámara conceptacular esporangial*.

El listado total consta de 54 caracteres, sobre decir, que en éste fueron incluidas características que no se consideraron en este estudio, por razones que ya se han mencionado, pero que consideramos importante para posteriores estudios sobre el grupo.

CARACTERES DE DELIMITACIÓN DE LAS ALGAS CORALINAS NO GENICULADAS (FAM. CORALLINACEAE)

| Caracteres para delimitación de Subfamilias de coralinas no geniculadas | | | | |
|--|---|--|---|---|
| Caracteres anatómicos vegetativos | | Caracteres anatómicos reproductivos esporangiales | | |
| 1. Conexiones de orificio secundarias (pit-connections): 1) presentes, 2) ausentes | | 3. Número de poros conceptaculares: 1) uno, 2) varios | | |
| 2. Fusiones celulares: 1) presentes, 2) ausentes | | 4. Tapón esporangial ocluyendo el poro de salida: 1) presente, 2) ausente | | |
| Caracteres para delimitación de género | | | | |
| Caracteres morfológicos vegetativos | | Caracteres morfológicos reproductivos | | |
| externos | anatómicos | esporangiales | espermatangiales | carpogoniales-cistocárpicos |
| 5. Forma de crecimiento: 1) costroso 2) arborescente | 9. Simetría del talo: 1) dorsiventral, 2) radial, 3) isobilateral | 18. Origen de los primordios conceptaculares: 1) grupos de células subepitales iniciales; 2) de grupos de células vegetativas inmersas en el talo | 21. Ramificación de los filamentos espermatangiales: 1) presente, 2) ausente | 23. Ramas carpogoniales desarrolladas en: 1) piso, 2) paredes |
| 6. Forma de vida: 1) endófito, 2) no endófito (epígeno) | 10. Construcción del talo: 1) monómero, 2) dímero | 19. Modo de formación del techo conceptacular: 1) por grupos de filamentos que rodean el área fértil, 2) por filamentos que quedan intercalados entre el área fértil | 22. Distribución de los espermatangios en la cámara conceptacular: 1) base 2) base, paredes y techo | |
| 7. Hábito de las ramas en talos arborescentes: 1) erectas, 2) postradas | 11. Número de capas celulares de grosor del talo: 1) monostromático, 2) polistromático | 20. Número de esporangios por cámara: 1) uno, 2) más de uno | | |
| 8. Forma de las ramas en talos arborescentes: 1) cilíndrica, 2) aplanada | 12. Número de capas celulares de la región basal (hipotalo): 1) monostromático, 2) polistromático | | | |

Tabla 15. Caracteres diagnósticos para reconocimiento de subfamilias, géneros y especies de coralinas no geniculadas en la región del Pacífico tropical mexicano.

| Caracteres para delimitación de género | | | | |
|---|---|--|---|---|
| <i>Caracteres morfológicos vegetativos</i> | | <i>Caracteres morfológicos reproductivos</i> | | |
| <i>externos</i> | <i>anatómicos</i> | <i>esporangiales</i> | <i>espermatangiales</i> | <i>carpogoniales-cistocárpicos</i> |
| | 13. Haustorios: 1) presentes, 2) ausentes | | | |
| | 14. Forma de las células del epitelo: 1) forma de copa 2) de cualquier otra forma | | | |
| | 15. Tricocitos: 1) presentes, 2) ausentes | | | |
| | 16. Posición de los tricocitos en el talo: 1) basales, 2) intercalares, 3) terminales | | | |
| | 17. Patrón inicial de germinación de las esporas: formando una estructura central de: 1) 4 células; 2) 8 células; 3) 16 o más células, 4) irregular | | | |
| Caracteres para delimitación de especie | | | | |
| <i>Caracteres morfológicos vegetativos</i> | | <i>Caracteres morfológicos reproductivos</i> | | |
| <i>externos</i> | <i>anatómicos</i> | <i>esporangiales</i> | <i>espermatangiales</i> | <i>carpogoniales-cistocárpicos</i> |
| 24. Apariencia de la superficie en talos costrosos: 1) simple, 2) protuberante, 3) nodular-libre (rodolito) | 28. Arreglo de filamentos basales: 1) en empalizada, 2) coaxial, 3) no coaxial, 4) divergente | 37. Ubicación de los conceptáculos en el talo: 1) superficiales, 2) medios | 51. Dimensiones de los conceptáculos: diámetro y altura | 53. Dimensiones de los conceptáculos: diámetro y altura |
| 25. Forma de vida: 1) semiendófito. Epígeno: 2) epilítico 3) epizoico, 4) epífita | 29. Dimensiones de las células basales en talos dímeros: a) diámetro, b) altura | 38. Diámetro de los poros conceptaculares | 52. Número de células del techo conceptacular | 54. Número de células del techo conceptacular |
| 26. Dimensiones del talo (diámetro y grosor) | | 39. Largo del canal conceptacular | | |

continuación, tabla 15. Caracteres diagnósticos para reconocimiento de subfamilias, géneros y especies de coralinas no geniculadas en la región del Pacífico tropical mexicano.

| Caracteres para delimitación de especie | | | | |
|--|--|--|------------------|-----------------------------|
| Caracteres morfológicos vegetativos | | Caracteres morfológicos reproductivos | | |
| externos | anatómicos | esporangiales | espermatangiales | carpogoniales-cistocárpicas |
| 27. Dimensiones de las protuberancias: altura y diámetro | 30. Dimensiones de las células basales en talos monómeros: a) diámetro b) altura | 40. Células ocluyendo el canal conceptacular: 1) presentes, 2) parcialmente ocluido, 3) ausentes | | |
| | 31. Dimensiones de células de filamentos secundarios o postígenos (peritiales): a) diámetro, b) altura | 41. Forma de las células del poro: 1) iguales a las células del techo 2) otra forma | | |
| | 32. Epitalo: 1) monostromático, 2) polistromático | 42. Tamaño relativo de las células del poro conceptacular: 1) iguales al resto de las células del techo 2) + pequeñas 3) + grandes | | |
| | 33. Dimensiones de las células epitiales: diámetro, altura | 43. Posición de células que flanquean el canal conceptaculares 1) sinclinales, 2) anticlinales | | |
| | 34. Arreglo de tricocitos: 1) filas verticales 2) filas horizontales 3) aisladas 4) agrupadas | 44. Dimensiones de la cámara conceptacular: diámetro y altura | | |
| | 35. Pelos basales en los tricocitos: 1) presente 2) ausente | 45. Número de células por arriba del piso de la cámara hasta la superficie | | |
| | 36. Células meristemáticas: 1) tan o más largas que sus derivadas, 2) más cortas que sus derivadas | 46. Número de células que forman el techo conceptacular: una, más de una | | |
| | | 47. Columela: 1) presente, 2) ausente | | |
| | | 48. División de los esporangios: 1) bisporangial, 2) tetrasporangial | | |
| | | 49. Dimensiones de los bi-tetrasporangios | | |
| | | 50. Distribución de los esporangios en el conceptáculo: 1) base, 2) base y paredes. | | |

continuación, tabla 15. Caracteres diagnósticos para reconocimiento de subfamilias, géneros y especies de coralinas no geniculadas en la región del Pacífico tropical mexicano.

V.6. DETERMINACIÓN DE ESPECIES

De acuerdo con el análisis de la información bibliográfica y de los datos obtenidos de los ejemplares de herbario, nos pareció evidente que el mejor esquema a seguir, es el de Woelkerling (1988, 1996). Cada una de las clases de equivalencia fueron determinadas con la literatura disponible que sigue la escuela de Woelkerling, reconociéndose 11 especies pertenecientes a 6 géneros, una de las clases de equivalencia, sólo contó con información reproductiva de tipo gametangial, por lo cual pudo determinarse hasta género. El resto de las clases de equivalencia, de acuerdo con la información disponible, pueden pertenecer a los géneros *Spongites*, *Hydrolithon* y *Neogoniolithon*, sin embargo sin las características reproductivas no es posible llegar a ninguna conclusión precisa, por lo que no fue incluida dicha información.

Las determinaciones fueron certificadas por el Dr. Woelkerling. Se revisó material tipo de algunas de las especies registradas para el PTM, corroborando la presencia de *Lithothamnion pacificum* y *Melobesia membranacea*. Tomando como referencia el listado de caracteres de la tabla 15, se procedió a elaborar las descripciones de las unidades holísticas que fueron determinadas para las localidades estudiadas y que aparecen a continuación.

LISTA SISTEMÁTICA

ORDEN CORALLINALES
FAMILIA CORALLINACEAE
SUBFAMILIA LITHOPHYLLOIDEAE

Lithophyllum corallinae (CROUAN ET CROUAN) HEYDRICH
Lithophyllum aff. frondosum (DUFOUR) FURNARI, COMARCI ET ALONGI

SUBFAMILIA MASTOPHOROIDEAE

Hydrolithon farinosum (LAMOUREUX) PENROSE ET CHAMBERLAIN
Hydrolithon onkodes (HEYDRICH) PENROSE ET WOELKERLING
Hydrolithon aff. rupestre (FOSLIE) PENROSE
Hydrolithon samoense (FOSLIE) KEATS ET CHAMBERLAIN

Pneophyllum aff. fragile KÜTZING

Spongites aff. fruticulosus KÜTZING
Spongites aff. yendoi (FOSLIE) CHAMBERLAIN

SUBFAMILIA MELOBESIOIDEAE

Lithothamnion pacificum (FOSLIE) FOSLIE
Melobesia membranacea (ESPER) LAMOUREUX

V.7. DESCRIPCIÓN DE TAXONES

A continuación se proporcionan las descripciones de las categorías supragenéricas y genéricas de las corallinas no geniculadas determinadas en este estudio, tomadas de Woelkerling (1996), considerando los cambios de circunscripción taxonómica y nomenclaturales, llevados a cabo en los últimos años. Al final de las descripciones genéricas resumimos los caracteres útiles en la determinación específica. Las descripciones específicas corresponden a los ejemplares determinados.

ORDEN CORALLINALES SILVA ET JOHANSEN *SENSU* WOELKERLING

Plantas con paredes celulares impregnadas con carbonato de calcio, a excepción de las especies endófitas o semiendófitas; talos pseudoparenquimatosos; células de filamentos unidas lateralmente por conexiones de orificio secundarias (pit-connections) o fusiones celulares, raras veces por ambas o por ninguna. Ciclo de vida trifásico. Carpogonios y espermatangios producidos en conceptáculos uniporados separados, que pueden encontrarse en el mismo o diferente talo. Filamentos carpogoniales que surgen del piso de la cámara o raramente de las paredes. Espermatangios simples o ramificados, formados en el piso, o en piso, paredes y techo de la cámara. Talo carposporofito desarrollándose en los conceptáculos femeninos después de la cariogamia. Carposporas terminales desarrolladas de un filamento gonimoblástico resultado de la fusión de células, o formadas directamente del filamento carpogonial fertilizado. Tetrasporangios/bisporangios, en conceptáculos uni o multiporados, o desarrollados entre grupos de filamentos calcificados en la superficie del talo, solitarios o formando soros. División de los tetrasporangios simultánea, zonada o cruciforme, algunas veces producen un tapón esporangial que bloquea la salida del poro de la cámara conceptacular. (Silva y Johansen 1986, modificado por Woelkerling 1988, 1996).

El orden Corallinales incluye dos familias:

Familia Corallinaceae Lamouroux

Familia Sporolithaceae Verheij

FAMILIA CORALLINACEAE LAMOUROUX *SENSU* WOELKERLING (1996)

Morfología externa: Talos calcificados; presentan gran variedad de formas de crecimiento; parcial o enteramente endofíticos o creciendo sobre varios tipos de sustratos (epígenos); parcial o completamente fijos por células de adhesión; desarrollándose de un disco costroso o rizoidal, o no adherido y libre como rodolito. Ramas con porciones calcificadas (intergenículas) alternadas con porciones no calcificadas (genículas), o completamente calcificadas, sin genículas.

Estructura interna: Talos pseudoparenquimatosos o parcial a enteramente constituidos de filamentos contiguos no consolidados; organización usualmente dorsiventral y/o radial o isobilateral; construcción monómera o dímera o ambas, o difusa; porciones monómeras consistiendo de un solo sistema de filamentos lateralmente ramificados, que colectivamente forman una estructura central o ventral denominada corazón o médula; de esta estructura derivan filamentos que se desarrollan hacia la superficie del talo, curveándose hacia arriba dando lugar a una región periférica o corteza. Las porciones dímeras del talo consisten de dos grupos distintos de filamentos: uno es un filamento monostromático ventral constituido por células en empalizada, no en empalizada o ambas; el segundo grupo de filamentos se deriva del primero para formar células epitaliales o filamentos multicelulares que se desarrollan más o menos perpendicularmente de las células del filamento de la capa ventral. Las porciones difusas consisten de filamentos ramificados endófitos o epígenos, que regularmente llegan a consolidarse en áreas donde se forman las estructuras conceptaculares. Células de los filamentos adyacentes unidas por fusiones celulares o por conexiones de orificio secundarias, raramente ambas o no interconectadas. Células epitaliales presentes en muchos géneros en la parte superficial del talo, cuyas paredes distales comúnmente no están calcificadas; haustorios presentes en algunos géneros.

Ciclo de vida trifásico, fases gametangial y tetrasporangial isomórficas.

Reproducción: Propagación vegetativa por fragmentación del talo; bisporas apomeióticas o propágulos; gametangios y carposporangios desarrollándose en conceptáculos uniporados; tetrasporangios y bisporangios teniendo lugar en conceptáculos uniporados o multiporados. Talo gametangial monoico o dioico; carpogonios y espermatangios producidos en conceptáculos separados o raramente en el mismo conceptáculo, carpogonios terminales de un filamento formado por 1-4 células, que surgen del piso de la cámara conceptacular femenina. Carposporofitos con carpogonios desarrollados directamente de una fusión celular o terminales de un corto filamento gonimoblástico que usualmente surge de una fusión celular conspicua o inconspicua. Filamentos espermatangiales ramificados o no ramificados restringidos al piso de la cámara conceptacular masculina o desarrollándose sobre el piso, paredes y techo. Tetrasporangios surgiendo del piso de la cámara del conceptáculo, cada esporangio maduro usualmente conteniendo 4 células zonadamente arregladas; en algunos géneros no geniculados multiporados, los esporangios producen un tapón apical que bloquea el poro de salida antes que las esporas sean liberadas. Algunas veces son formados bisporangios por procesos meióticos o apomeióticos

La familia Corallinaceae incluye las siguientes subfamilias:

| | | | |
|------------|---------------------|---|--------------------------|
| Subfamilia | Amphiroideae | } | coralinas geniculadas |
| | Corallinoideae | | |
| | Metagoniolithoideae | | |
| | Choreonematoideae | } | coralinas no geniculadas |
| | Lithophylloideae | | |
| | Mastophoroideae | | |
| | Melobesioideae | | |
| | Austrolithoideae | | |

SUBFAMILIA LITHOPHYLLOIDEAE SETCHELL *SENSU* WOELKERLING (1996)

Características vegetativas: Genículas ausentes. Talos encostrantes, postrados o erectos; simples y lisos, concrecentes o protuberantes pero no ramificados, lamelados o foliosos; parcialmente endofíticos, epígenos o no adheridos y de vida libre como rodolitos. Estructura pseudoparenquimatosa de construcción monómera, dímica o ambas; células de filamentos adyacentes unidas por conexiones de orificio secundarias, fusiones celulares ausentes o raras.

Reproducción: Reproducción vegetativa por fragmentación del talo. Gametangios, tetrasporangios y bisporangios desarrollándose en conceptáculos uniporados. Talo gametangial monoico o dioico; carpogonios y espermatangios producidos en conceptáculos separados o raramente en el mismo conceptáculo. Filamentos carpogoniales en su mayoría de 2 a 3 células, surgiendo del piso de la cámara conceptacular femenina. Carposporofitos desarrollándose en los conceptáculos femeninos después de la cariogamia, carposporangio terminal que se forma de un corto filamento gonimoblástico que surge de una fusión celular central. Filamentos espermatangiales no ramificados confinados al piso de la cámara conceptacular masculina. Tetrasporangios y bisporangios careciendo de tapones esporangiales, cada tetrasporangio formado por cuatro esporas zonadas. Bisporangios formados por dos bisporas. Techo de los conceptáculos formados por filamentos que quedan intercalados y periféricos a la región donde se desarrollan los esporangios, o solamente formado por filamentos periféricos.

La subfamilia Lithophylloideae incluye los siguientes géneros:

| | |
|--------|-----------------------------------|
| Género | <i>Ezo</i> Adey, Masaki et Akioka |
| | <i>Lithophyllum</i> Philippi |
| | <i>Tenarea</i> Bory |

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Género: *Lithophyllum* Philippi *sensu* Woelkerling y Campbell (1992)

Morfología externa. Talos costrosos, concrecentes o protuberantes, no ramificados o foliosos; epígenos y parcial a completamente fijos al sustrato por células de adhesión o no adheridos y libres como rodolitos.

Estructura interna: Talo pseudoparenquimatoso; organización dorsiventral en porciones costrosas y en ramas lameladas, pero radial en protuberancias y ramas; construcción monómera, dímera o ambas. Regiones monómeras consistiendo de un sólo sistema de filamentos lateralmente ordenados, que colectivamente contribuyen a formar un corazón situado ventral o centralmente. La región periférica está formada por filamentos que derivan del corazón hacia la superficie del talo; regiones dímeras del talo consistiendo de dos tipos de filamentos lateralmente coherentes: una capa ventral monostromática, en la cual cada filamento está constituido de células en empalizada, no en empalizada o ambas, dando lugar a células epitaliales o a filamentos multicelulares surgiendo dorsalmente y más o menos perpendicularmente de células de la capa ventral. Características de la elongación celular inciertas. Filamentos terminales rematando en una célula epitalial, cuyas paredes distales pueden ser redondeadas o aplanadas pero no en forma de copa (flared). Tricocitos raros, aislados cuando presentes.

Reproducción: Los tetrasporangios y bisporangios desarrollándose a través del piso de la cámara conceptacular o periféricos a una columela central; formación del techo incierto en muchas especies. Cada esporangio maduro formado por cuatro tetrasporas arregladas zonadamente o dos bisporas.

Características de delimitación de especies

- Talo dímero, monómero o ambos
- Región ventral monostromática o poliestromática
- Región ventral del talo formando un corazón de filamentos ventral o central cuyos derivados se curvan para formar la región periférica; coaxial o no coaxial).
- Células del canal conceptacular tetrasporangial, conspicuas, alargadas, paralelas a la superficie del talo, que pueden o no proyectarse hacia el interior del canal y ocluirlo.
- Número de capas celulares por arriba de las cámaras conceptaculares esporangiales.
- Dimensiones de las estructuras reproductoras tetra/bisporangiales.

Especies registradas en este estudio:

Lithophyllum sp.

L. corallinae

L. aff. frondosum

Lithophyllum corallinae (Crouan et Crouan) Heydrich *sensu* Woelkerling et Cambell
(1992)

Basónimo: *Melobesia corallinae* Crouan et Crouan

= *Dermatolithon corallinae* (Crouan et Crouan) Foslie en Börgesen

Tenarea corallinae (Crouan et Crouan) Notoya

Titanoderma corallinae (Crouan et Crouan) Woelkerling, Chamberlain et Silva

Figs. 53-56

(clase de equivalencia 5)

Morfología externa: Talos costrosos, epilíticos, de apariencia simple con granulaciones y corrugaciones, llegando a formar concrecencias pero no protuberancias. De crecimiento lobado, formando motas o continuo alrededor del sustrato. Margen casi del mismo grosor que el resto del talo, de apariencia nítida o confluyente, entero, adherido al sustrato consistentemente. Con un grosor sin descalcificar de 1 - 2 mm. Los talos se sobreponen. Las estructuras reproductoras se observan al ras de la superficie y aisladas en vista superficial.

Estructura interna: Grosor del talo descalcificado de (325-) 830 - 1091 μm , de construcción monómera y dímera pero sin células en empalizada, arreglo dorsiventral, polistromática tanto en partes vegetativas como reproductivas, corazón de filamentos basales coaxial y no coaxial; en regiones monómeras los filamentos basales corren paralelos al sustrato, de células rectangulares y subcuadradas, los filamentos curvándose hacia la superficie del talo. En regiones dímeras, las células del filamento basal no en empalizada, rectangulares con el eje mayor perpendicular al sustrato; células con un diámetro de 4 - 13.5 (-21) μm y un largo de (4-) 17 - 22 (-41) μm . Epitalo monostromático, de células redondeadas con un diámetro de 6 - 9 μm y un largo de 3 - 4 μm . Células iniciales subterminales, parecen más pequeñas que sus inmediatas inferiores. Tricocitos ausentes.

Reproducción: Solo se observaron cámaras conceptaculares tetrasporangiales, ubicadas superficialmente en el talo, con un diámetro de 178 - 250 μm y una altura de 55 - 94 μm , largo del canal de 46 - 54 μm , poros con un diámetro de (12-) 25 - 29 μm . Células del canal conceptacular paralelas con respecto a la superficie y sobresaliendo hacia el interior del canal. El techo presenta 5 - 6 capas de células de grosor, columela presente en algunos ejemplares pero no se observó en todos. Más de un tetrasporangio por conceptáculo, distribuidos a través del piso y paredes de la cámara, con un diámetro de (12-) 32 - 70 μm y una longitud de (17-) 55 - 68 μm .

Distribución en México: Estado de Nayarit (Bahía de Banderas); embarcadero hacia Isla Larga. Estado de Guerrero en las localidades de Puerto Escondido y Playa La Ropa. Estado de Oaxaca en las localidades de San Agustín, Huatulco y Santa Elena. Otras partes del mundo: probablemente ampliamente distribuido. (Aunque los registros de Europa requieren confirmación). **Australia:** Eyre en el Oeste hasta Anglesea, Victoria y en la costa Este de Tasmania. Woelkerling (1996).

Condiciones ambientales: En pozas de marea y paredes de riscos en zonas de la intermareal media y baja, sometidas a arrastre ligero del agua y con exposición directa o

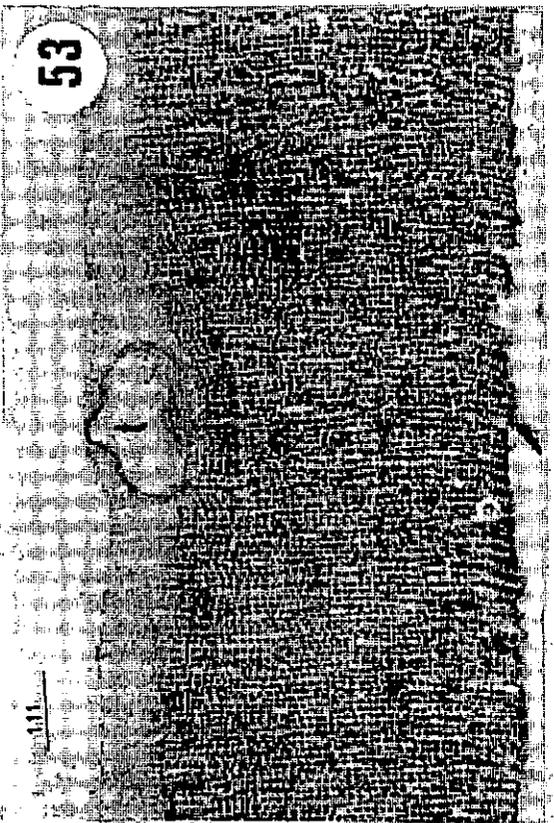
indirecta a la insolación durante la bajamar. También se registraron en plataformas sumergidas y en zonas sublitorales colectadas entre 3-6 m de profundidad, sobre rocas o en áreas de ripios¹

Comentarios: ver discusión de *Lithophyllum* aff. *frondosum*.

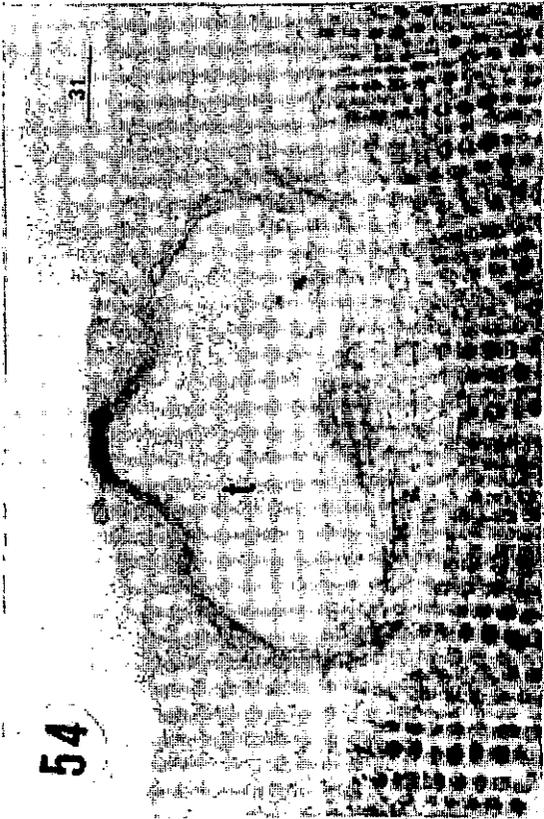
Ejemplares revisados: Nayarit: PTM 3351, 3376, 3390, 3392.
Guerrero PTM 4246, 4248, 6329.
Oaxaca: PTM 5906, 6324, 4140, 6319.

Fig. 53-56. *Lithophyllum corallinae*. 53. Vista panorámica del talo, crecimiento dímero, células de la región basal subcuadradas, no en empalizada (b). Se observa una cámara conceptacular tetrasporangial (t). 54. Acercamiento de la cámara conceptacular tetrasporangial. 55. Vista panorámica de otro talo, donde podemos comparar la variación anatómica y de las cámaras conceptaculares esporangiales. 56. Se observan las células alargadas y protruyentes hacia el canal del conceptáculo (flecha) y los esporangios (es).

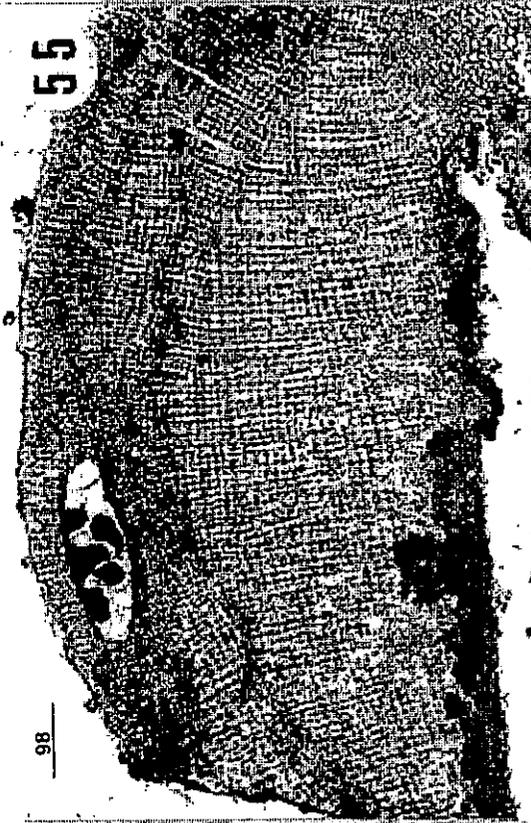
¹ Existen áreas con "parches" de pedacería de coral, llamados ripios, restringidos a bahías rocosas someras donde abundan bancos extensos de rodolitos, como en el caso de varias localidades en Oaxaca, como Bahía Chahué, San Agustín, La Entrega, entre otras (León-Tejera, 1996).



53



54



55



56

Lithophyllum aff. *frondosum* (Dufour) Furnari, Cormaci et Alongi (1997)

Basónimo: *Melobesia frondosa* Dufour

= *Lithophyllum bermudense* Foslie y Howe

Dermatolithon bermudense (Foslie y Howe) Adey

Titanoderma bermudense (Foslie y Howe) Woelkerling et al.

Figs. 57-60

(clase de equivalencia 6)

Morfología externa: Talo costroso, epilítico, simple, de crecimiento continuo al rededor del sustrato, márgenes casi del mismo grosor que el resto de la costra, de apariencia nítida o confluentes. Adherido al sustrato consistentemente o formando rodolitos protuberantes. Grosor del talo sin descalcificar de 1 - 5 mm, las estructuras reproductoras se observan al ras de la superficie y parecen escasas a simple vista.

Estructura interna: El talo presenta sobrecrecimiento. Grosor de las costras individuales de 192 - 581 μm , grosor de los talos sobrecrecidos de 452 - 773 μm . Construcción monómero y dímero, no presentando células en empalizada, de arreglo dorsiventral, corazón de filamentos subcentral o ventral, paralelos al sustrato, de arreglo coaxial o no coaxial, que se curvan hacia la superficie del talo. En regiones monómeras las células son rectangulares o subcuadradas, con un diámetro de (5-) 6 - 10 (-14) μm y un largo de (6.4-) 11 - 18 (-22) μm . En regiones dímeras las células del filamento basal con un largo de 6 - 10 (-14.5) μm y una altura de 6 - 18 (-22) μm , las células de la región media con un diámetro de (5-) 6 - 13 μm y un largo de 5 - 11 (-14) μm . Una sola capa de células epitaliales, subcuadradas o aplanadas, con un diámetro de 7-9 μm y un largo de 3-4 μm . Tricocitos ausentes.

Reproducción: Se observaron estructuras reproductoras espermatangiales y tetrasporangiales. Cámaras conceptaculares tetrasporangiales con un diámetro de 286 - 347 μm y una altura de (59-) 74 - 107 (-116) μm . Poro conceptacular con un diámetro de 24 - 28 μm , canal conceptacular con un largo de 28 - 30 μm . Células del canal conceptacular paralelas con respecto a la superficie y sobresaliendo hacia el interior del canal. Techo de la cámara formado por 6-7 capas de células. Columela presente. Varios tetrasporangios por conceptáculo, distribuidos en las paredes, con un diámetro de 43 - 49 μm y una altura de 63 - 70 μm .

Distribución en México: Estado de Oaxaca en las localidades de Santa Elena y San Agustín.

Otras partes del mundo: Florida, E.U.; Bermuda; Islas Caribe; Isla Juan Fernández; de manera inespecífica se cita para el Mar mediterráneo; parte Oeste de Australia: Eagle Bluff, Shark Bay a New Port, N.S.W. y en el norte y oeste de las costas de Tasmania. (Woelkerling 1996).

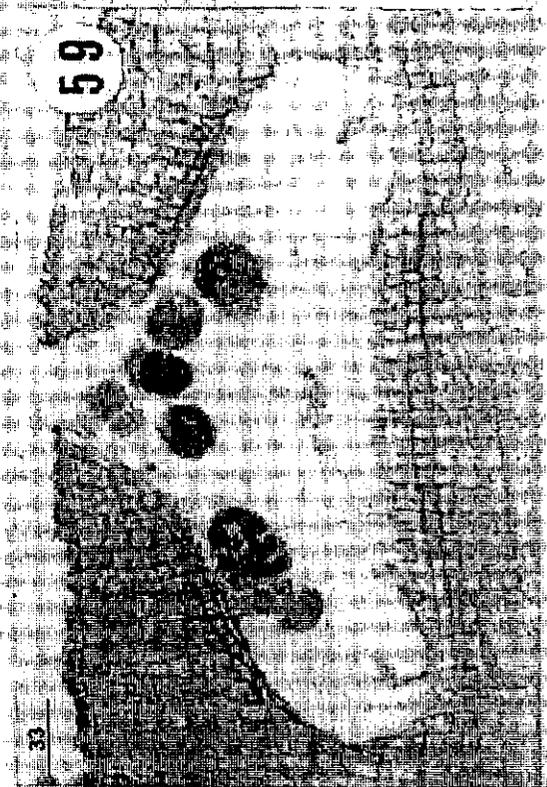
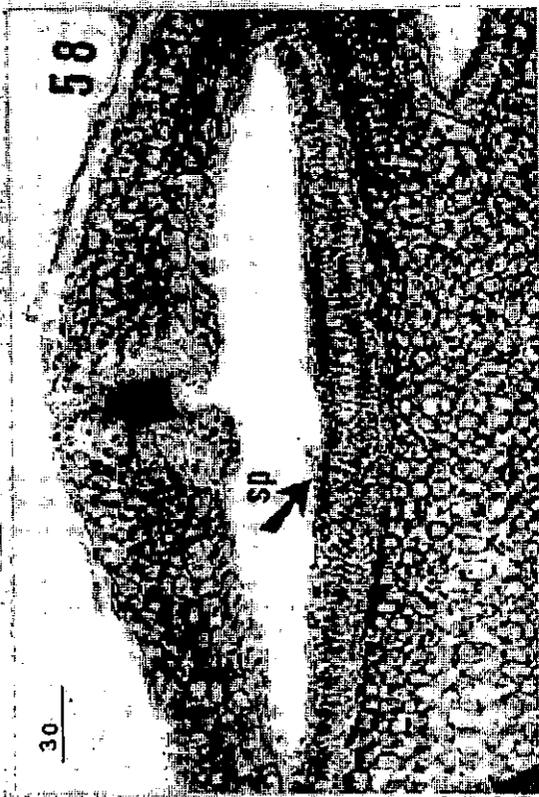
Condiciones ambientales: Se registró en pozas de marea en la zona intermareal y en la sublitoral en áreas de ripios

Comentarios: Para las costas de Australia, Woelkerling (1996) reporta para *L. frondosum* un intervalo de tallas para el diámetro de las cámaras conceptaculares tetrasporangiales de: (255-) 320 - 410 (-445) μm y para *L. corallinae* de: (155-) 190 - 235 (-280). Todos los

ejemplares revisados para este estudio, concuerdan más con las características que da Woelkerling para *L. corallinae*, sólo que en algunos ejemplares las tallas de las cámaras conceptaculares tetrasporangiales se sobreponen con las dimensiones de *L. frondosum*, por lo que se decidió asignar a todos los ejemplares con tallas mayores de 280 μm de diámetro, a la especie *L. frondosum*. Por otra parte, Woelkerling (1996) menciona que *L. corallinae*, presenta talos más delgados que *L. frondosum*, sin embargo, los ejemplares revisados presentaron grosores similares; por tanto es necesario llevar a cabo estudios en poblaciones para establecer los intervalos comunes de variación en los diferentes caracteres y decidir si se trata de una o dos especies.

Ejemplares revisados: Oaxaca: PTM 4181, 6325, SA10 (colección particular Dra. Hilda León).
Guerrero: 002A (colección particular M.C. Carlos Candelaria Silva).

Fig. 57-60. *Lithophyllum aff. frondosum*. 57,59 y 60 talo tetrasporangial, 57 y 59 presentando variación en la forma y arreglo de las células del talo y de las cámaras conceptaculares, se observan algunas conexiones de orificio secundarias (flecha). 58. Cámara conceptacular espermatangial, con los espermacios (sp) distribuidos en el piso de la cámara.



Lithophyllum sp.

Figs.61-62
(clase de equivalencia 7)

Morfología externa: Talo costroso; epizoico y epífita; simple; de crecimiento continuo al rededor del sustrato. Los márgenes se observan adelgazados con respecto al grosor de la costra, son enteros y difusos, de 51 μm de grosor. Talo adherido al sustrato consistentemente, sobre todo en ejemplares epizoicos. Menos de 0.5 mm sin descalcificar. El grosor del talo descalcificado es de (74-) 176 - 220 (-304) μm . Conceptáculos en vista superficial, al ras de la superficie o un poco protuberantes.

Estructura interna: Talos dorsiventrales, de construcción dímera, con células en empalizada, formados por una a 3 capas de células, de forma rectangular y subcuadrada, con un diámetro de (5.6-) 8 - 12 (-20.5) μm y una altura de (15-) 20 - 61 (-93) μm . Epitalo monostromático, células de forma redondeada o triangular, con un largo de 3 - 6 μm y un diámetro de 8 - 11 μm .

Reproducción: Estructuras reproductoras observadas tanto masculinas como femeninas y carposporangiales, no se registraron conceptáculos esporangiales. Cámaras conceptaculares espermatangiales de 236 - 366 μm de diámetro y 49 - 60 μm de altura. Espermatangios distribuidos en el piso. Cámaras conceptaculares carpogoniales con un diámetro de 101 μm y 31 μm de alto, techos formados por dos capas de células de forma subcuadrada y redondeada y una capa de células epitaliales. Cámaras carposporangiales de 212 - 242 μm de diámetro y 87 - 108 μm de altura.

Distribución en México: Estado de Oaxaca en las localidades de: Santa Elena, Estado de Guerrero, en la localidad de Puerto Escondido.

Condiciones ambientales: Riscos en la zona intermareal, epizoica y epífita.

Comentarios: Las características de los talos revisados, son notablemente diferentes a las descripciones de las especies de *Lithophyllum* anteriormente mencionadas. En primer lugar, es notorio la construcción del talo dímero y la presencia de células en empalizada, las cuales no se encontraron en ningún otro ejemplar asignado a las especies anteriores. La presencia de estas células hizo pensar a Woelkerling *et al.* (1985), que se trataba del género *Titanoderma*, más tarde, Campbell y Woelkerling (1990), reconocieron que se trataba de variantes anatómicas del género *Lithophyllum*. Para saber que se trata de una especie distinta a las mencionadas anteriormente, es necesario observar los caracteres relacionados con estructuras esporangiales, las cuales no fueron registradas en los ejemplares analizados.

Ejemplares revisados: Guerrero: PTM 4246; Oaxaca: PTM 2882, 4467.

SUBFAMILIA MASTOPHOROIDEAE SETCHELL *SENSU* WOELKERLING (1996)

Características vegetativas: talo parcialmente no consolidado a encostrante, postrado, simple y liso a verrugoso o protuberante no ramificado, lamelado, folioso o arborescente; parcialmente endofítico, epígeno o no adherido y de vida libre como rodolito. Estructura pseudoparenquimatosa de construcción monómera, dímera o ambas; o algunas veces parcialmente filamentosa de construcción difusa. Células de los filamentos adyacentes unidos por fusiones celulares, conexiones de orificio secundarias ausentes o raras.

Reproducción: reproducción vegetativa por fragmentación del talo o por formación de propágulos. Gametangios, carposporangios, tetrasporangios y bisporangios desarrollándose en conceptáculos uniporados. Talos gametangiales monoicos o dioicos; carpogonios y espermatangios producidos en conceptáculos separados o raramente en el mismo conceptáculo. Filamentos carpogoniales de 2-3 células, surgiendo del piso de la cámara conceptacular femenina. Carposporofito desarrollándose en el conceptáculo femenino después de la cariogamia, constituido de carposporangios terminales de un filamento gonimoblástico corto que surge de una fusión celular central conspicua de forma irregular, que puede parecer discontinua en corte. Filamentos espermatangiales no ramificados, confinados al piso de la cámara conceptacular masculina o más raramente producidos tanto en el piso como en el techo. Tetrasporangios y bisporangios careciendo de un tapón apical; tetrasporangios y bisporangios usualmente con esporas de arreglo zonado. Techo de los conceptáculos formado de filamentos que quedan intercalados y que rodean el área donde se desarrollan los esporangios o solamente de filamentos periféricos a esta área.

La subfamilia Mastophoroideae incluye los siguientes géneros:

| | |
|---------------------------------------|---|
| Género <i>Fosliella</i> Howe | <i>Metamastophora</i> Setchell |
| <i>Hydrolithon</i> (Foslie) Foslie | <i>Neogoniolithon</i> Setchell et Mason |
| <i>Lesueuria</i> Woelkerling et Duker | <i>Pneophyllum</i> Kützing |
| <i>Lithophorella</i> (Foslie) Foslie | <i>Spongites</i> Kützing |
| <i>Mastophora</i> Decaisne | |

Género: *Hydrolithon* (Foslie) Foslie *sensu* Penrose en Woelkerling (1996)

Morfología externa: Talo encostrante, protuberante pero no ramificado, epilítico, epífito o epizoico y fijo por células de adhesión o no adherido y de vida libre como rodolito.

Estructura interna: talo pseudoparenquimatoso, de organización dorsiventral; construcción monómera o dímera; regiones dímeras consistiendo de un filamento basal de una sola capa de células, no en empalizada, dando lugar a filamentos unicelulares o multicelulares simples o ramificados, que surgen más o menos perpendicularmente de células basales; regiones monómeras consistiendo de un solo sistema de filamentos que colectivamente contribuyen a formar un corazón de posición ventral o central. Región periférica formada por porciones de filamentos o sus derivados que provienen del corazón, los cuales se curvan hacia arriba hasta alcanzar la superficie del talo. Los filamentos rematan en una célula epitalial cuyas paredes distales son redondeadas o aplanadas pero no flameadas. Tricocitos presentes o ausentes, cuando presentes se observan en corte, arreglados en campos horizontales, en hileras horizontales o verticales u ocurriendo aislados en la superficie del talo, algunas veces se encuentran inmersos en el tejido.

Reproducción: Filamentos carpogoniales formados por 3 células, surgiendo del piso de la cámara conceptacular femenina. Filamentos espermatangiales no ramificados formados en el piso de la cámara conceptacular masculina. Tetrasporangios y bisporangios formados a través de todo el piso de la cámara o periféricos a una columela central. Techo de los conceptáculos formado por filamentos que rodean el área fértil o quedan intercalados entre las células iniciales esporangiales.

Características de delimitación de especies:

- Construcción dímera o monómera
- Porciones dímeras no presentando células en empalizada
- Tricocitos ausentes o presentes en campos horizontales, verticales o aislados en la superficie del talo, algunas veces inmersos en el tejido.
- Células del canal conceptacular tetrasporangial diferentes al resto de las células del techo conceptacular, más grandes o más pequeñas y más o menos paralelas a las paredes del canal.
- Número de esporangios por cámara conceptacular
- Hábito

Especies registradas en este estudio:

Hydrolithon farinosum

H. onkodes

H. aff. rupestre

H. samoense

Hydrolithon farinosum (Lamouroux) Penrose et Chamberlain (1993)

Basónimo: *Melobesia farinosa* Lamouroux

Sinónimos: *Fosliella farinosa* (Lamouroux) Howe

= *Fosliella cruciata* Bressan

Figs. 63-64

(clase de equivalencia 8)

Morfología externa: Talo costroso, epífito sobre *Padina durvillae* Bory, simple, de crecimiento irregular. Margen adelgazado, de apariencia difusa, entero o irregular, adherido al hospedero de manera más o menos firmemente. Las estructuras reproductoras se observan a simple vista formando pequeñas protuberancias.

Estructura interna: Talo vegetativo de 3 capas de células de grosor, de construcción dímera, pero no presentando células en empalizada, con una sola capa de células basales, de forma rectangular o subcuadrada, con un diámetro de 6 - 14 μm y una altura de 5.14 - 21.8 μm , epitalo monostromático, de células subcuadradas a aplanadas, no se observaron tricocitos.

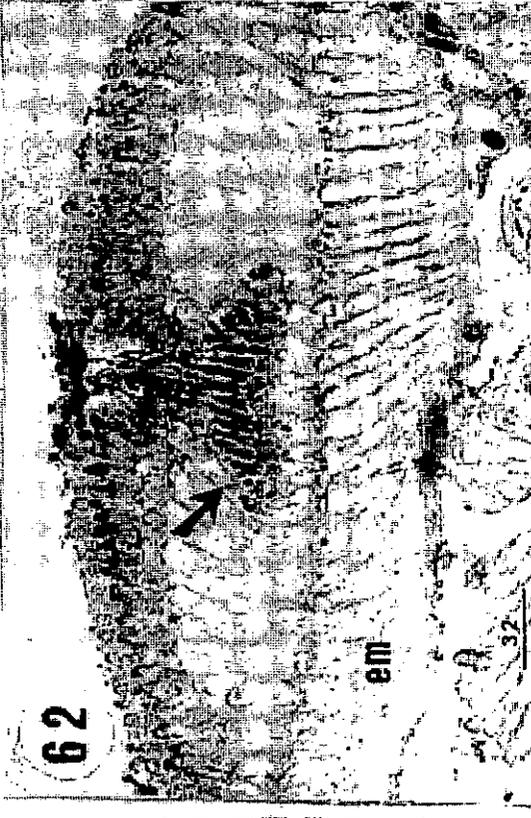
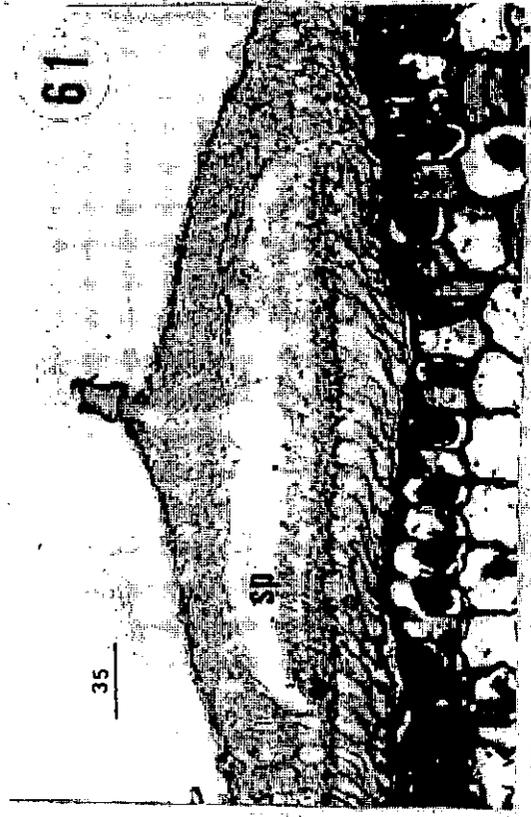
Reproducción: Techo de la cámara conceptacular tetrasporangial formada por 3 capas de células de grosor; con un diámetro de 109 - 172 μm y una altura de 55 - 79.5 μm . Poro con un diámetro de 12 - 15 μm y largo del canal conceptacular de 25 - 28 μm . Éste, flanqueado por sendas células perpendiculares a la superficie y grandes. Varios tetrasporangios desarrollándose en el piso de la cámara, con un diámetro de 11 μm y un largo de 51 μm .

Distribución en México: Estado de Oaxaca en la localidad de Santa Elena. Otras partes del mundo: Florida, E.U.; Islas Británicas; Francia; España; Grecia; Indonesia; Kenya; Golfo Pérsico; Mar Rojo; Sudáfrica; Oeste y Sur de Australia de Point Westall hasta Sorrento, Victoria (Woelkerling, 1996).

Condiciones ambientales: Pozas de marea y en riscos en la zona intermareal media, humectada constantemente, en zonas sombreadas o indirectamente insoladas.

Ejemplares revisados: Oaxaca: PTM 4547

Fig. 61-62. *Lithophyllum* sp. Talo dímero, células basales en empalizada (em). 61. Cámara espermatangial, espermacios (sp) distribuidos en el piso. 62. Cámara carpogonial, carpogonios señalados con la flecha. Células en empalizada (em). Fig. 63-64. *Hydrolithon farinosum*. Talo epífito. 63. Cámara tetrasporangial, se observan las células sinclinales del canal conceptacular (flecha). 64. Talo vegetativo de construcción dímera, formado por 3 capas de células. Células basales (b), células epitaliales (e).



***Hydrolithon onkodes* (Heydrich) Penrose et Woelkerling (1992)**

Basónimo: *Lithothamnion onkodes* Heydrich
= *Goniolithon onkodes* (Heydrich) Foslie
Lithophyllum onkodes (Heydrich) Heydrich
Porolithon onkodes (Heydrich) Foslie
Spongites onkodes (Heydrich) Penrose et Woelkerling

Figs. 65-67
(clase de equivalencia 9)

Morfología externa: Talo costroso, epilítico, de apariencia simple con corrugaciones debidas al sustrato, pero no desarrollando concrecencias ni protuberancias, de crecimiento continuo al rededor del sustrato, margen más o menos del mismo grosor que el resto de la costra, o adelgazándose, difuso, costra adherida consistentemente al sustrato; grosor del talo sin descalcificar de 1.0 mm; grosor del talo descalcificado de 108 - 136 (-930) μm , no se observó sobrecrecimiento de los talos. Estructuras reproductoras al ras de la superficie, poco protuberantes.

Estructura interna: Construcción del talo monómero principalmente y en algunas regiones dímero, de arreglo dorsiventral, polistromático tanto en regiones vegetativas como reproductivas. En regiones dímeras, las células basales no en empalizada; en regiones monómeras, los filamentos de la región basal paralelos al sustrato, curvándose hacia la superficie del talo, las células de forma de barril, subesférica, redondeada, cilíndricas y rectangulares, con un diámetro de (2.5) 4 - 12 μm y un largo de 4 - 10 (-27) μm . Epitalo monostromático, de células redondeadas a aplanadas, con un diámetro de 4 - 6 μm y un largo de 4 - 6 μm . Tricocitos presentes, agrupados, formando cúmulos en la parte terminal de los filamentos, observándose como filas horizontales, terminales, en corte longitudinal, con un diámetro de 4 - 19 μm y un largo de 13 - 31 μm .

Reproducción: Se observaron tanto conceptáculos gametangiales masculinos como tetrasporangiales. Cámaras conceptaculares masculinas con un diámetro de 130 - 220 μm y una altura de 50 - 60 μm . Espermatangios simples, desarrollándose en el piso. Cámaras conceptaculares tetrasporangiales con un diámetro de 125 - 131 (218) μm y un largo de 109 - 118 μm , diámetro del poro conceptacular 27 μm . Células del canal del poro diferentes al resto de las células del techo y son perpendiculares a la superficie del talo, no sobresalientes hacia la luz del canal. No se observó columela. El techo conceptacular constituido por mas de 4 capas de células. Tetrasporangios con un diámetro de 15 - 28 μm y una longitud de 25 - 68 μm .

Distribución en México: Estado de Guerrero en la localidad de Puerto Escondido. Estado de Oaxaca en las localidades de San Agustín y Santa Elena.

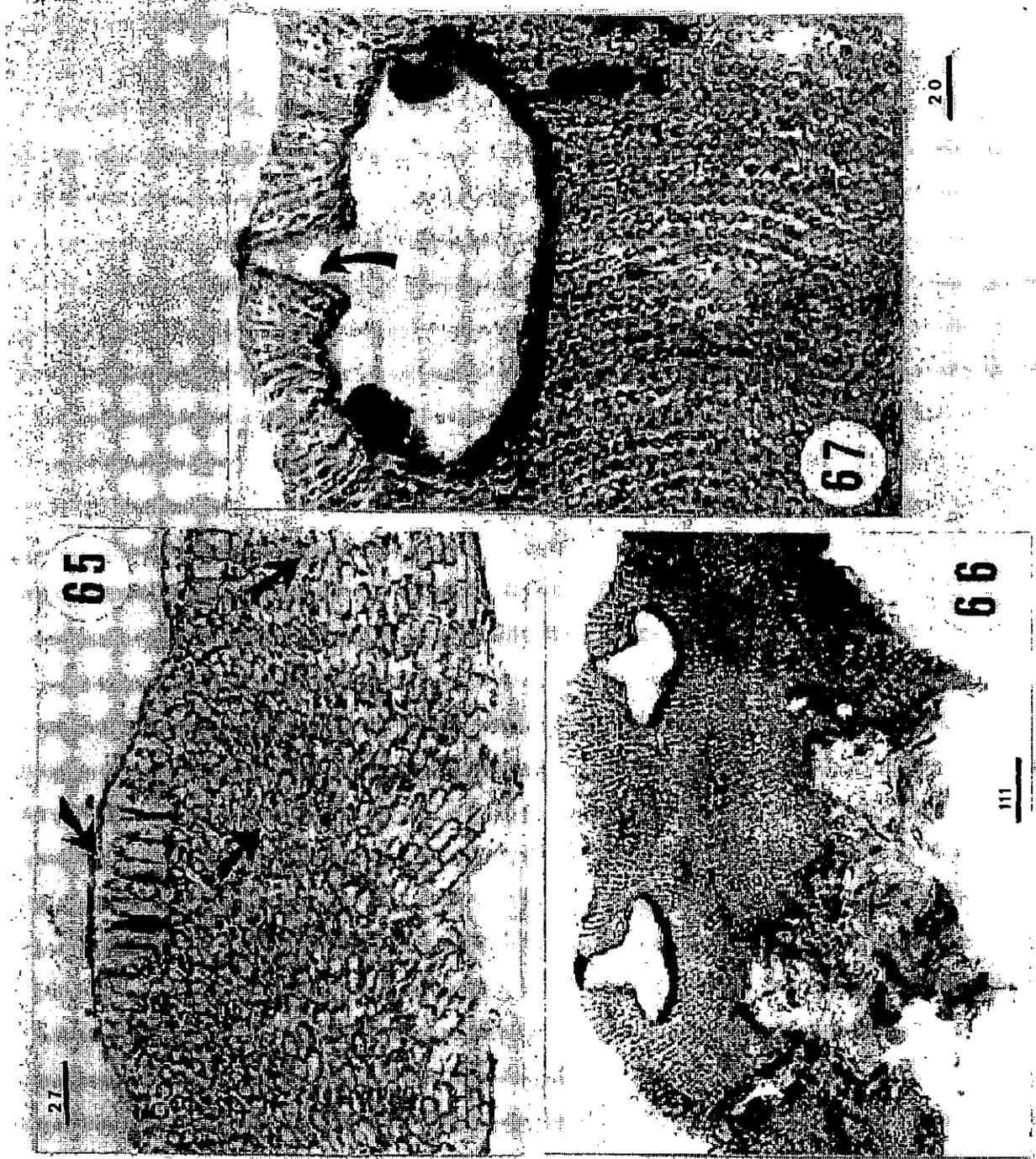
Otras partes del mundo: ampliamente distribuida en zonas subtropicales y tropicales: Cuba, Costa Rica. Chile, Hawaii, Tahiti, Atolon Bikini, se menciona para el Atlántico Norte sin especificar, Islas Canarias, Islas Ellice, Océano Indico, China, Filipinas, Mar Rojo, Islas Salomón, Oeste de África, Sri Lanka, Kenya, Nueva Guinea, Norte y Oeste tropical y subtropical de Australia (Woelkerling 1996).

Condiciones ambientales: Creciendo sobre riscos, en zonas sombreadas y constantemente humectadas.

Comentarios: Los caracteres observados en nuestros ejemplares concuerdan bastante bien con aquellos que menciona la literatura, excepto por la presencia de columela, que no fue observada.

Ejemplares revisados: Guerrero: PTM 4216, 4250. Oaxaca: PTM 6323, 2802. SA 009 (colección particular, Dra. Hilda León).

Fig. 65-67. *Hydrolithon onkodes*. Talo polistromático de construcción monómera, de arreglo dorsiventral. 65. Región vegetativa del talo con tricocitos (tr) en la superficie del talo, arreglados en hileras horizontales, característicos de esta especie. Fusiones celulares (flecha). 66. Vista panorámica del talo reproductivo esporangial. 67. Detalle de la cámara conceptacular tetrasporangial, observese el arreglo de las células sinclinales del canal conceptacular (flecha).



***Hydrolithon* aff. *rupestre* (Foslie) Penrose en Woelkerling (1996)**

Basónimo: *Lithophyllum rupestre* Foslie
= *Mesophyllum rupestre* (Foslie) Adey

Figs. 68-69
(clase de equivalencia 10)

Morfología externa: Talo costroso, epilítico, simple, formando motas o creciendo de manera continua alrededor del sustrato, consistentemente adherido, márgenes adelgazados, nítidos, enteros. Grosor del talo descalcificado de 329-546 μm , no se observó sobrecrecimiento. Las estructuras reproductoras se observan a simple vista al ras de la superficie formando cúmulos y en otras ocasiones no se observan.

Estructura interna: Talo de construcción monómera de arreglo dorsiventral, polistromático tanto en porciones vegetativas como reproductivas. Se observa un corazón subcentral de filamentos que se curvan tanto hacia arriba como hacia abajo y algunos se ramifican. Las células son de forma rectangular, ovalada y subcuadrada, con un diámetro de 2.5-11.5 μm y un largo de 2.5-23 (35) μm . Epitalo monostromático, de células redondeadas, subcuadradas, aplanadas, con un diámetro de 4.5-6 (8) μm y un largo de 5-7 (8) μm . Células iniciales subepiteliales, siendo tan o un poco más largas que las inmediatas inferiores. No se observaron tricocitos.

Reproducción: Se observaron solamente cámaras conceptaculares tetrasporangiales, la mayor parte de ellas inmersas en el tejido, redondeadas con un diámetro de 109-197 μm y una altura de (40) 70-113 (123) μm , poros con un diámetro de 17-41 μm y 30-40 μm de largo del canal. No se observó columela. Con 4-5 capas de células formando el techo conceptacular. Varios tetrasporangios distribuidos en el piso del conceptáculo, con un diámetro de 14-25 (31) μm y un largo de 32-56 μm .

Distribución en México: Estado de Guerrero en la localidad de Playa La Ropa, Zihuatanejo.

Estado de Oaxaca en las localidades de Santa Elena.

Otras partes del mundo: Lucky Bay al oeste de Australia, Eastwards a I. Philip, Vic. y de Cape Green al sur de N.S.W. (Woelkerling 1996)

Condiciones ambientales: En plataformas rocosas y riscos en la zona intermareal y en la zona sublitoral de 2-4 m de profundidad.

Comentarios: Los ejemplares revisados no concuerdan con las dimensiones de las cámaras conceptaculares registrados para esta especie, siendo más similares a *Hydrolithon minutum*. Sin embargo, en este estudio se decidió asignar a todos los ejemplares a la especie *H. rupestre*, dado que, a excepción del dato anterior, el resto de las características concuerda con ella, por lo que es necesario realizar un estudio más detallado de las poblaciones.

Ejemplares revisados: Guerrero: PTM 4246d, 4250b, 6328; Oaxaca: PTM 3463a, 4532a, 4807, 5883, 6323.

***Hydrolithon samoense* (Foslie) Keats et Chamberlain (1994)**

Basónimo: *Lithophyllum samoense* Foslie
= *Pseudolithophyllum samoense* (Foslie) Adey
Lithophyllum illitus (Lemoine)
Neogoniolithon illitus (Lemoine) Afonso-Carrillo
Spongites wildpretii Afonso-Carrillo

Figs. 70-71
(clase de equivalencia 11)

Morfología externa: Talos costrosos, epilíticos, simples. Grosor del talo descalcificado de 163-242 μm ,

Estructura interna: Construcción monómera de arreglo dorsiventral, células de forma rectangular, subcuadrada, ovalada y redondeadas, con un diámetro de 3-7 μm y un largo de 4-12 μm . Epitalo monostromático, de células redondeadas. Tricocitos presentes en hileras en la parte superficial del talo, con un diámetro de 5-10 μm y un largo de 12-16 μm .

Reproducción: Cámaras conceptaculares tetrasporangiales, con una sola capa de células alargadas formando el techo; con un diámetro de 93 - 102 μm y una altura de 37 - 66 μm . No se observó la columela. Tetrasporangios distribuidos sobre el piso de la cámara, con un diámetro de 8 - 14.5 μm y un largo de 18 - 40.6 μm .

Distribución en México: Estado de Nayarit en la localidad de Playa Los Muertos. Otras partes del Mundo: Islas Canarias, España, Francia, Islas Británicas, Tahití, Hawaii. Sudáfrica: Sodwana Bay a Yzerfontein (Keats y Chamberlain 1994).

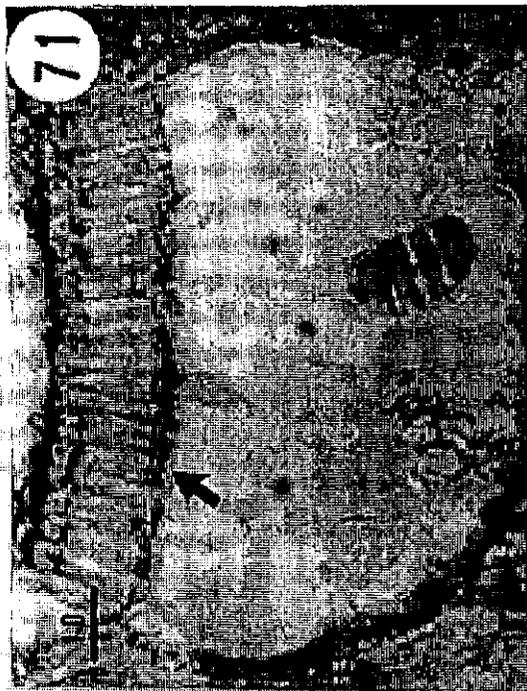
Condiciones ambientales: Común en pozas de marea y partes verticales de riscos desde la zona intermareal a la sublitoral.

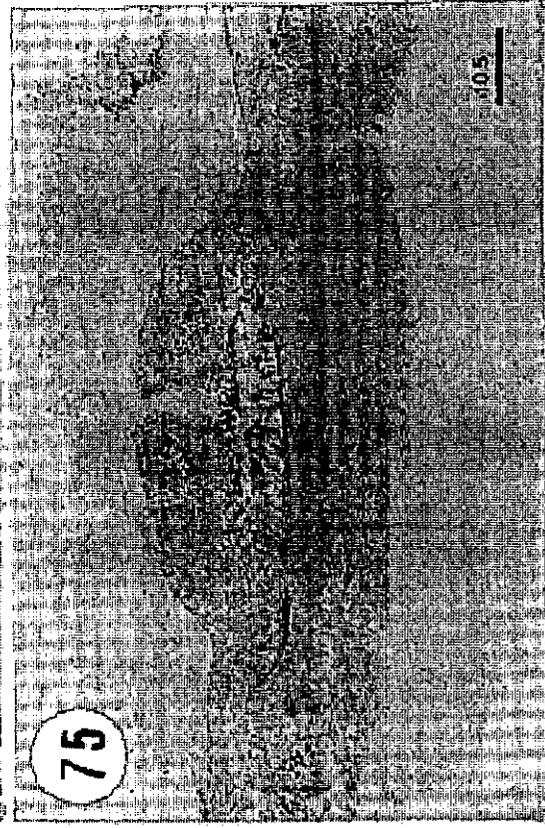
Comentarios: El material revisado concuerda con la descripción y figuras proporcionadas por Keats y Chamberlain (1994). En ese trabajo, los autores mencionan que parte del material (no mencionan específicamente que especie) que reporta Dawson (1960), pertenece a la especie *Hydrolithon samoense*, sin embargo, no refieren haber revisado algún material de colección de ejemplares que Dawson colectó en México.

Haciendo una revisión del trabajo citado de Dawson, nos encontramos que la mayoría de las descripciones no tienen el dato de número de células del techo conceptacular tetrasporangial, excepto *Litholepis sonorensis*, que posee, de acuerdo con el autor, de 1-3 capas celulares, pero el esquema que representa las características de la cámara no se parece a lo que nosotros reconocimos como *Hydrolithon samoense*, por lo que habría que tomar con precaución el comentario de Keats y Chamberlain (*op. cit.*) y hacer una revisión del material de Dawson.

Ejemplares revisados: Nayarit: PTM 3567

Fig. 68-69. *Hydrolithon aff. rupestre*. 68. Panorámica del talo reproductivo tetrasporangial, en los ejemplares revisados se observaron la mayor parte de los conceptáculos inmersos en el talo. 69. Cámara conceptacular tetrasporangial, esporangios (es). Fig. 70-71. *Hydrolithon samoense*. 70. Vista panorámica del talo y de una cámara tetrasporangial, se observa el techo del conceptáculo constituido por una sola capa de células. 71. Detalle del techo unicelular (flecha) de la cámara.





Género: *Spongites* Kützing *sensu* Penrose en Woelkerling (1996)

Morfología externa: Talo costroso, concrecente a protuberante, epilitico o epizoico y fijo al sustrato por células de adhesión, o no adherido y de vida libre como rodolitos.

Estructura interna: talo pseudoparenquimatoso, organización dorsiventral en porciones costrosas y radial en ramas y protuberancias; construcción monómera, consistiendo de un sistema de filamentos ramificados que colectivamente contribuyen a formar un corazón central o ventral, la región periférica formada por filamentos del corazón que derivan de él y se curvan hacia arriba, hacia la superficie del talo; los filamentos presentan de 1-7 capas de células epitaliales, cuyas paredes distales son redondeadas o aplanadas, pero no flamiformes. Tricocitos presentes o ausentes, si presentes, en corte se observan arreglados en horizontalmente, formando hileras horizontales o verticales, o aislados en la superficie del talo, algunas veces inmersas en el tejido.

Reproducción: La multiplicación vegetativa está poco documentada, cuando se ha observado es a través de fragmentación del talo. Diferentes estructuras reproductoras formadas según el patrón descrito en la subfamilia. Filamentos carpogoniales de 3 células, surgiendo del piso de la cámara conceptacular femenina. Carposporofito como en la subfamilia. Filamentos espermatangiales no ramificados formados exclusivamente sobre el piso de la cámara conceptacular masculina. Tetrasporangios y bisporangios formados a través del piso de la cámara o alrededor de una columela central. Techo conceptacular esporangial formado por filamentos que rodean el área fértil o que quedan intercalados entre ella. Poros del canal conceptacular esporangial con o sin una corona de filamentos alrededor.

Características de delimitación de especies:

- Construcción del talo monómera.
- Región ventral no presentando células en empalizada.
- Tricocitos presentes o ausentes en campos, hileras horizontales, verticales o aisladas en la superficie del talo, algunas veces inmersas en el tejido.
- Conceptáculos masculinos con espermatangios simples restringidos al piso de la cámara.
- Tetrasporangios formados en el piso de la cámara o alrededor de una columela central.
- Formación del techo conceptacular esporangial por filamentos que rodean el área fértil
- Células del canal conceptacular esporangial con arreglo paralelo a la superficie del talo y sobresaliendo dentro del canal.
- Poros del canal conceptacular esporangial con o sin una corona de filamentos alrededor.

Especies registradas en este estudio

Spongites aff. *fruticulosus*

S. aff. *yendoi*

Spongites aff. fruticosus Kützing *sensu* Woelkerling (1985)= *Lithothamnion fruticosum* (Kützing) Foslie*Melobesia fruticulosa* (Kützing) Decaisne*Paraspora fruticulosa* (Kützing) Heydrich*Lithothamnion fasciculatum* f. *fruticosum* (Kützing) Hauk*Lithothamnion aculeiferum**Goniolithon verrucosum* Foslie

Figs. 75-77

(clase de equivalencia 15)

Morfología externa: Talo epilítico o de vida libre formando rodolitos, con ligeras concrecencias o desarrollando protuberancias conspicuas, no aglomeradas, erectas cilíndricas, no ramificadas, las cuales presentaron un diámetro de 1 - 1.5 mm y 1.5 - 3 mm de altura, con ápices redondeados, a veces presentando conceptáculos cónicos en esas áreas. Las partes costrosas con un grosor del talo sin descalcificar de 1.5 mm. Grosor del talo descalcificado de 216 - 481 μm , en algunas regiones reproductivas hasta 830 μm .

Estructura interna: Arreglo del talo dorsiventral, monómero, polistromático, los filamentos de la región ventral paralelos al sustrato, no coaxiales, con células de forma rectangular y subcuadrada, los filamentos se curvan hacia la superficie del talo. Las células de la región media de forma rectangular e isodiamétrica, de 4 - 16 μm de diámetro y 16 - 35 μm de largo. Epitalo monostromático, con células redondeadas o aplanadas, con un diámetro de 7 - 15 μm y una altura de 3 - 9 μm . Las células iniciales subepiteliales, siendo tan o más grandes que sus inmediatas inferiores. Tricocitos presentes en la parte terminal de los filamentos, solitarios, con un diámetro de 16 - 22 μm y 28 - 44 μm de largo.

Reproducción: Se observaron conceptáculos tetrasporangiales desarrollándose en la parte superficial de las porciones costrosas o en las protuberancias, en algunos casos siendo evidentes a simple vista, con un gran poro. Cámaras conceptaculares redondeadas a deprimidas dorsiventralmente, con un diámetro de 660 - 740 μm y una altura de 111 μm , poro con un diámetro de 50-80 μm , el canal conceptacular con un largo de 148 (-270) μm . Techo conceptacular con más de 10 capas de células. Varios tetrasporangios distribuidos en el piso, con un diámetro de 14 - 48 μm y un largo de 52 - 116 μm . Columela presente.

Distribución en México: En las localidades de Oaxaca en las localidades de Santa Elena y San Agustín.

Otras partes del mundo: Mar Mediterráneo; Mar Rojo; en el sur de Australia: Esperance, W. Aust. to Eagles Nest. Vic. (Woelkerling, 1996)

Condiciones ambientales: Se registraron creciendo sobre paredes de canales de corriente y formando rodolitos en zonas de ripios de 2-4 m de profundidad.

Comentarios: Los ejemplares revisados parecen concordar en algunas características con el género *Neogoniolithon*, sin embargo, no fueron asignadas a éste, porque no se encontraron estructuras reproductoras masculinas para confirmar y en los talos tetrasporangiales tampoco se observaron los tricocitos en hileras verticales y tampoco

una columela en todos los ejemplares, típicos caracteres de *Neogoniolithon*. La especie a la que más se parece por las características de las cámaras conceptaculares tetrasporangiales y arreglo y distribución de los tricocitos, es *Spongites fruticosus*, por tanto se sugiere que los ejemplares con estas características les sea asignado el nombre este nombre hasta tener un estudio más completo de las poblaciones.

Ejemplares revisados: Oaxaca: PTM 4121, 4124, 6319, 6323. SA009 (colección particular, Dra. Hilda León)

***Spongites* aff. *yendoi* (Foslie) Chamberlain**

= *Goniolithon yendoi* Foslie
Lithophyllum yendoi (Foslie) Foslie
Lithophyllum natalense Foslie

Fig. 78
(clase de equivalencia 16)

Morfología externa: Talo costroso, epizoico sobre *Fissurella* sp., simple, margen más o menos del mismo grosor que el talo, de apariencia nítida y entero. Crecimiento continuo alrededor del sustrato, con un grosor del talo sin descalcificar hasta de 0.5 mm. Las estructuras reproductoras se observan a simple vista como granulaciones abundantes en la superficie. Grosor del talo descalcificado de 200 - 230 (-593) μm , no se observó sobrecrecimiento.

Estructura interna: Construcción del talo monómero de arreglo dorsiventral. Los filamentos de la región ventral paralelos al sustrato, no coaxiales, que se curvan hacia la superficie. Las células pequeñas de forma redondeada a alargada, las de la parte media del talo lucen esbeltas, con un diámetro de 2.5 - 8 μm y un largo de 4 - 23 μm . Epitalo monostromático, de células redondeadas, con un diámetro de 9 - 14 μm y una altura de 4 - 6 μm . No se observaron tricocitos en los ejemplares revisados.

Reproducción: Se observaron estructuras reproductoras tetrasporangiales. Cámaras tetrasporangiales redondeadas-complanadas, con un diámetro de 175 - 178 μm y una altura de 80 - 83 μm ; el poro con un diámetro de 13 - 20 μm y el canal con un largo de 26 - 47 μm y células que sobresalen ligeramente hacia el canal, más o menos paralelas a la superficie del talo. Techos con 4 - 5 capas de células de grosor. Varios tetrasporangios por cámara, con un diámetro de 20 - 26 μm y una altura de 48 - 50 μm . No se observó columela.

Distribución en México En el estado de Guerrero en la localidad de Playa La Ropa, Zihuatanejo.

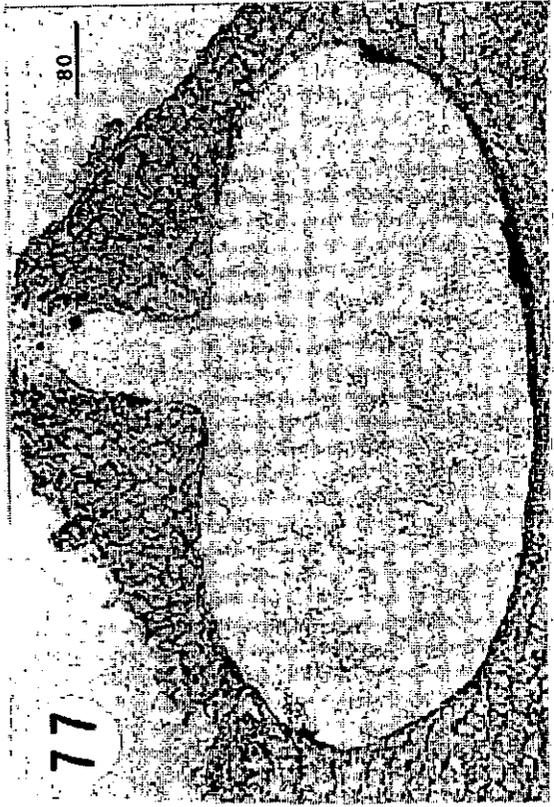
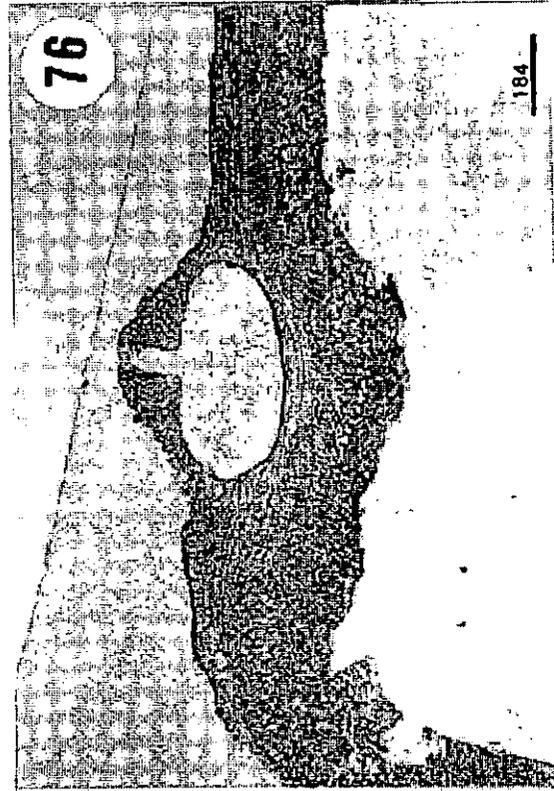
Otras partes del mundo: Japón, Sudáfrica, y en el sur de Australia: Lorne, Vic. (Woelkerling, 1996).

Condiciones Ambientales: De la zona intermareal a la sublitoral alta.

Comentarios: Las características del material revisado concuerda con la descripción dada por Woelkerling (1996), aunque no se observó una columela en las cámaras tetrasporangiales, por lo que es necesario hacer un estudio más profundo sobre las poblaciones de esta especie, para corroborar la presencia o ausencia de columela, así como de tricocitos y de las células sobresalientes del canal.

Ejemplares revisados: Guerrero: PTM 6330

Fig. 76-77. *Spongites aff. fruticosus*. 76. Vista panorámica del talo reproductivo tetrasporangial. 77. Detalle de la cámara tetrasporangial. Fig. 78. *Spongites aff. yendoi*. Detalle de la cámara tetrasporangial. Observense las células del canal conceptacular (flecha). 79. *Lithothamnion pacificum*. Vista panorámica, talos sobrecrecidos (s), cámara tetrasporangial multiporada, con tapones esporangiales.



***Pneophyllum* aff. *fragile* Kützing sensu Chamberlain en Irvin y Chamberlain (1994)**
= *Melobesia pruinosa* Kützing
Melobesia lejolisii
Heteroderma lejolisii
Pneophyllum lejolisii (Rosanoff) Chamberlain

Figs. 72-74
(clase de equivalencia 14)

Morfología externa: Talo costroso epífito sobre *Padina* sp., simple, de crecimiento irregular o continuo alrededor del sustrato; margen adelgazado, difuso, entero o irregular, más o menos firmemente adherido a su hospedero.

Estructura interna: Talo dorsiventral, dímero, de una sola capa de células de grosor en regiones vegetativas, no empalizada y 3 - 5 capas de células en regiones reproductivas. Células con un diámetro de 8 - 13.6 μm y una altura de 5 - 22 μm . Células epitaliales de forma triangular. Tricocitos desarrollándose del filamento basal.

Reproducción: Se observaron conceptáculos tetrasporangiales, con el techo formado por 3 - 4 capas de células, con un diámetro de la cámara conceptacular de 141 - 164 μm y una altura de 27 - 82 μm , poro conceptacular con un diámetro de 25 μm y largo del canal de 63 μm . Varios tetrasporangios por conceptáculo, con un diámetro de 12 - 21 μm y una altura de 37 - 64 μm , distribuidos en el piso, no se observó columela.

Distribución en México: Estado de Oaxaca, en la localidad de Santa Elena.

Otras partes del mundo: Canadá; E.U.A., Caribe; Europa; Islas Británicas; Mar Mediterráneo, parte subtropical o tropical del oeste de Australia. (Woelkerling 1996).

Condiciones Ambientales: Se ha encontrado epifitando a *Laurencia* spp, *Padina durvillae* Bory, sobre otras coralinas y sobre pastos marinos. En la zona intermareal sobre riscos.

Comentarios: Las características observadas en el material revisado, concuerdan con la descripción proporcionada por Chamberlain (1983) e Irvin y Chamberlain (1994), sin embargo, Woelkerling en su trabajo de 1996, menciona la presencia de columela, la cual no se observó en nuestros ejemplares, por lo que tal característica puede ser y hasta no revisar más material podrá hacerse una discusión más precisa sobre tal punto.

Ejemplares revisados: Oaxaca: PTM 2882.

Fig. 72-74. *Pneophyllum* aff. *fragile*. Talo dímero, epífito. 72. Talo formado por 2-3 capas de células. Células basales subcuadradas y cuadradas (b). Tricocitos presentes, desarrollando un fino pelo en la parte superficial de la célula (p), células epitaliales triangulares (e). 73. Talo reproductivo tetrasporangial, se observan varias capas de células y los tetrasporangios (t). 74. Detalle de las células del canal conceptacular (flecha). Fig. 75. *Spongites* aff. *fruticulosus*. Vista panorámica del talo reproductivo tetrasporangial.

Género: *Pneophyllum* Kützing *sensu* Penrose en Woelkerling (1996)

Morfología externa: Talo costroso, epifito y fijo al sustrato por células de adhesión.

Estructura interna: talo pseudoparenquimatoso, de organización dorsiventral; construcción dímica, consistiendo de un filamento ventral formado por una sola capa de células no en empalizada, el filamento ramifica hacia la parte superior, más o menos perpendicularmente, los filamentos rematan en una célula epitalial terminal, cuyas paredes distales pueden ser redondeadas o aplanadas pero no flameadas. Tricocitos presentes o ausentes, cuando presentes usualmente aislados en la superficie del talo, no inmersos en el talo.

Reproducción: Reproducción vegetativa desconocida. Características de los diferentes tipos de conceptáculos y de los talos gametangiales como en la Subfamilia, sin embargo, los filamentos carpogoniales constituidos por 3 células, surgiendo del piso de la cámara conceptacular femenina. Carposporofito desarrollándose en conceptáculos femeninos viejos, después de la cariogamia, cuando maduros constituidos de una gran fusión celular y un filamento gonimoblástico portando carposporangios terminales. Poros de la cámara conceptacular esporangial puede presentar una corona de filamentos, o estos estar al ras de la superficie del talo o ligeramente hundidos respecto a la superficie de éste. Tetrasporangios desarrollándose en el piso de la cámara o alrededor de una columela central. Techo de la cámara conceptacular tetrasporangial / bisporangial formada por filamentos que rodean el área fértil, o filamentos que quedan intercalados entre las estructuras reproductoras.

Características de delimitación de especies:

- Construcción dímica
- Capa ventral de filamentos formado por células no en empalizada
- Talo monostromático o polistromático
- Tricocitos ausentes o presentes en la superficie del talo, aislados, no inmersos en el tejido.
- Espermatangios simples, desarrollándose en el piso de la cámara conceptacular.
- Tetrasporangios desarrollándose en el piso de la cámara o al rededor de una columela central.
- Techo de la cámara conceptacular tetrasporangial/bisporangial formada por filamentos que rodean el área fértil, o filamentos que quedan intercalados entre las estructuras reproductoras.
- Poros de la cámara conceptacular esporangial puede presentar una corona de filamentos, estar al ras de la superficie del talo o ligeramente hundidos respecto a la superficie del talo.

Especies registradas en este estudio:

Pneophyllum aff. *fragile*

SUBFAMILIA MELOBESIOIDEAE BIZZOZERO SENSU WOELKERLING (1988)

Características vegetativas: Genículas ausentes. Talo costroso, simple liso a concrecente, protuberante, formando láminas o folioso o arborescente, postrado o erecto; parcialmente endofítico, epígeno o no adherido y de vida libre como rodolitos. Talo pseudoparenquimatoso de construcción monómera o dímera. Células de los filamentos adyacentes unidos por fusiones celulares, conexiones de orificio secundarias ausentes. Células epitaliales rematando en la parte terminal de los filamentos en la superficie del talo, con las paredes distales redondeadas o aplanadas o flameadas. Tricocitos presentes o ausentes.

Reproducción: Reproducción vegetativa por fragmentación del talo. Estructuras gametangiales formadas en conceptáculos uniporados. Tetrasporangios y bisporangios desarrollados en conceptáculos multiporados. Talos gametangiales monoicos o dioicos; carpogonios y espermatangios producidos en conceptáculos separados o raramente en el mismo conceptáculo. Filamentos carpogoniales en su mayoría formados por 2-4 células, desarrolladas del piso de la cámara conceptacular femenina. Carposporofitos desarrollándose en el conceptáculo femenino después de la cariogamia, las carposporas terminales, desarrolladas de un filamento gonimoblástico corto que se forma de una fusión celular central o más comúnmente de una fusión de forma irregular que puede parecer discontinua en corte, o de una fusión celular compleja o surgiendo no de una fusión celular evidente. Filamentos espermatangiales ramificados o no, confinados al piso de la cámara conceptacular o más comúnmente producidos tanto en el piso como en el techo. Tetrasporangios presentando tapones apicales que bloquean el poro de salida previamente a la liberación de las esporas. Cada esporangio conteniendo cuatro esporas de arreglo zonado. Cada bisporangio conteniendo dos bisporas. Techo de los conceptáculos formados por filamentos que rodean y quedan intercalados entre las estructuras reproductoras.

La subfamilia Melobesioideae incluye los siguientes géneros:

- Género *Clathromorphum* Foslie
- Exilicrusta* Chamberlain
- Kvaleya* Adey et Sperapani
- Lithothamnion* Heydrich
- Mastophoropsis* Woelkerling
- Melobesia* Lamouroux
- Mesophyllum* Lemoine
- Phymatolithon* Foslie
- Synarthrophyton* Townsend

Género: *Lithothamnion* Heydrich *sensu* Woelkerling (1988)

Morfología externa: Talos costrosos, concrecentes a protuberantes pero no ramificados, epígenos y parcial a completamente fijos por células de adhesión o no adheridos y libres como rodolitos.

Estructura interna: talo pseudoparenquimatoso, de organización dorsiventral en porciones costrosas pero radial en las protuberancias y ramas; construcción monómera consistiendo de un solo sistema de filamentos lateralmente coherentes, los cuales colectivamente contribuyen a formar una estructura central o ventral formando un corazón, tales filamentos y sus derivados se curvan hacia arriba, hacia la superficie del talo, dando lugar a una zona periférica al corazón. La elongación celular ocurriendo principalmente en células subepiteliales iniciales que son usualmente tan largas o más largas que sus inmediatas inferiores a las que dan lugar. Fusiones celulares presentes. Células epiteliales terminales en la mayoría de las partes terminales de los filamentos, cuyas paredes distales usualmente son aplanadas y flameadas, tricocitos ocasionales en algunas especies.

Reproducción: Como en la subfamilia. Tetrasporangios y bisporangios desarrollándose en conceptáculos multiporados que aparentemente surgen de grupos de células iniciales subepiteliales. Filamentos carpogoniales de 2-3 células surgiendo del piso de la cámara conceptacular femenina. Carposporofitos maduros aparentemente careciendo de una fusión celular central y constituida de un filamento gonimoblástico corto que forma carposporangios terminales. Filamentos espermatangiales tanto ramificados como no ramificados, desarrollándose en el piso, paredes y techo de la cámara conceptacular masculina. Tetrasporangios y bisporangios desarrollándose a través del piso de la cámara conceptacular. Techo formado por filamentos que quedan intercalados y que rodean las células iniciales esporangiales, Techo de la cámara esporangial, formada por filamentos que quedan intercalados entre las estructuras reproductoras, cada esporangio maduro zonadamente dividido o formando bisporas, los cuales forman un tapón que bloquea el poro de salida antes que las esporas sean liberadas.

Características de delimitación de especies:

- Talo monómero
- Células epiteliales con las paredes distales aplanadas, siendo esta región más ancha que la basal, dando la apariencia de una flama: células flameadas.
- Tricocitos ocasionales en algunas especies
- Estructuras espermatangiales siendo ramificados o simples, desarrollándose en el piso o en piso, paredes y techo de la cámara conceptacular.
- Techo de la cámara esporangial, formada por filamentos que quedan intercalados entre las estructuras reproductoras.
- Presencia de un tapones esporangiales que bloquean el poro de salida del conceptáculo

Especies registradas en este estudio: *Lithothamnion pacificum*

Lithothamnion pacificum (Foslie) Foslie ampl.

= *Lithothamnion sonderi* Hauck f. *pacificum* Foslie
Lithothamnion pacificum (Foslie) Foslie f. *typicum* Foslie

Figs. 79-81
(clase de equivalencia 12)

Morfología externa: Talos costrosos, epilíticos, simples a ligeramente protuberantes, presentando algunas concrecencias. Márgenes casi del mismo grosor de la costra, de apariencia nítida, recubriendo el sustrato y adherido consistentemente. El grosor del talo descalcificado de 546 - 1129 μm , presentando sobrecrecimiento, el grosor de los talos individuales es de 182 - 448 μm .

Estructura interna: Arreglo del talo dorsiventral, monómero, polistromático tanto en porciones vegetativas como reproductivas. Los filamentos basales paralelos al sustrato, no coaxiales, que se curvan hacia la superficie del talo. Las células son de forma rectangular a ovalada o isodiamétrica, modificándose según se den una o más fusiones celulares, con un diámetro de 4 - 9 μm y un largo de 6 - 16 μm . Epitalo monostromático con las paredes distales de las células aplanadas, dando la forma de flama: células flamiformes, con un diámetro de 5 - 8 μm y un largo de 2 - 7.5 μm . Células iniciales subepiteliales, tan o un poco más grandes que sus inmediatas inferiores. Tricocitos ausentes.

Reproducción: Se observaron conceptáculos tetrasporangiales desarrollándose en la parte superficial del talo. Cámaras conceptaculares multiporadas, con un diámetro de 519 (-593) μm y una altura de 243 - 251 μm . Techo conceptacular constituido por 4 - 5 capas de células. Tetrasporangios con un diámetro 50 - 56 μm y un largo de 102 - 109 μm , cada uno presenta un tapón esporangial y se observan separados por algunos filamentos intercalados entre ellos.

Distribución en México: Estado de Nayarit (Bahía de Banderas) en la localidad de Playa Los Muertos.

Dawson sugiere que se ha colectado en Isla Grande Guerrero, sin embargo pone en duda la identidad del espécimen.

Otras partes del mundo: Sooke Inlet, Vancouver Island, British Columbia, a La Jolla, San Diego County, California. (Dawson 1960)

Condiciones ambientales: Registrados en la parte baja de riscos en la zona intermareal, sometidos a turbulencia y arrastre del agua.

Comentarios: Fueron revisadas las laminillas elaboradas por Lebednik (1978), del isotipo, depositada en el Herbario de la Universidad de Berkeley, UC Berkeley #737625. Las características de este material concuerdan con las del material revisado y con la descripción de Mason (1953) y Dawson (1960).

Ejemplares revisados: Nayarit PTM 3567, Isotipo: UC Berkeley #737625.

Género: *Melobesia* Lamouroux *sensu* Woelkerling (1988)

Morfología externa: Talos costrosos, simples, lisos, epígenos y completamente fijos al sustrato por células de adhesión.

Estructura interna: Talo pseudoparenquimatoso de organización dorsiventral. Construcción dímera, consistiendo de dos grupos distintos de filamentos. Un solo filamento ventral de una capa de células en empalizada o no en empalizada y secundariamente células epitaliales o filamentos multicelulares surgiendo dorsalmente y más o menos perpendicularmente de las células de la capa ventral, características de la elongación celular inciertas, filamentos terminando en una célula epitalial en la superficie del talo, cuyas paredes distales pueden ser redondeadas, aplanadas pero no flameadas.

Reproducción: Propagación vegetativa por fragmentación del talo, características de los gametangios y carposporangios, igual que en la subfamilia. Tetrasporangios y bisporangios naciendo en conceptáculos multiporados que aparentemente surgen de grupos de células subepitaliales iniciales. Talos gametangiales monoicos o dioicos; carpogonios y espermatangios producidos en conceptáculos separados. Carpogonios terminales a un filamento de 2-3 células que surge del piso de la cámara conceptacular femenina. Los carposporofitos surgiendo de una inconspicua fusión celular, varias fusiones celulares o careciendo de ella. Filamento gonimoblástico formado por algunas células con carposporangios terminales. Filamentos espermatangiales no ramificados, desarrollados sobre el piso, paredes y techo de la cámara conceptacular femenina. Tetrasporangios y bisporangios desarrollados a través de todo el piso de la cámara conceptacular. Techos formados por filamentos intercalados entre las células esporangiales iniciales o rodeándolas. Cada esporangio maduro formado por esporas de arreglo zonado o dos bisporas que poseen un tapón esporangial que bloquea el poro de salida del conceptáculo antes que la espora sea liberada.

Características de delimitación de especies:

- Construcción dímera
- Filamento basal constituido por células en empalizada o no.
- Espermatangios no ramificados, desarrollándose en el piso, paredes y techo de la cámara conceptacular.
- Techo de la cámara esporangial, formada por filamentos que quedan intercalados entre las estructuras reproductoras.
- Presencia de tapones esporangiales que bloquean en poro de salida del conceptáculo.

Especies registradas en este estudio:

Melobesia membranacea

***Melobesia membranacea* (Esper) Lamouroux sensu Chamberlain et Irvin en Irvin et Chamberlain (1994)**

= *Corallina membranacea* Esper
Epilithon membranaceum (Esper) Heydrich
Lithothamnion membranaceum (Esper) Foslie
Melobesia corticiformis Kützing

Figs. 14-15; 82-83
(clase de equivalencia 13)

Morfología externa: Talo costroso, epifito, simple, sobre *Chaetomorpha antennina* (Bory) Kützing, cubriendo cada filamento, de la punta hacia la base. Las estructuras reproductoras se observan a simple vista como pequeñas granulaciones en la superficie. Los márgenes no se distinguen.

Estructura interna: Talos de construcción dímica, de arreglo dorsiventral, no se encuentran células en empalizada. Talos de 8 a 10 capas de células. Grosor del talo en regiones vegetativas de 24 - 44 μm y de 55 - 72 μm y hasta 90 μm en regiones reproductivas, células con un diámetro de 2-6 μm y un largo de hasta 10 μm . Células del filamento basal de forma redondeada o subcuadradas.

Reproducción: Se observaron estructuras reproductoras gametangiales masculinas, carposporangiales y tetrasporangiales. Cámaras conceptaculares masculinas redondeadas, con un diámetro de 55 - 82 μm de diámetro y 27 - 41 μm de largo. Espermatangios simples, desarrollándose en piso, paredes y techo del conceptáculo. Conceptáculos carposporangiales desarrollándose en el mismo talo que los masculinos, forma de botella, con un diámetro de 51 μm y una altura de 27 μm , Carposporas surgiendo aparentemente, de un filamento gonimoblástico muy corto, con un diámetro de 15 - 18 μm . Conceptáculos tetrasporangiales redondeados, con varios poros y tapones esporangiales, con un diámetro de 69 - 82 μm y un largo de 41 - 55 μm . Tetrasporangios con un diámetro de 13 - 18 μm y una altura de 20 - 25 μm .

Distribución en México: Pacífico de Baja California: Sobre *Chaetomorpha*, en Cabeza Ballena, cerca de San Lucas.

Islas Revillagigedo: sobre *Chaetomorpha* en Isla San Benedicto;

Estado de Guerrero en las localidades de Puerto Escondido, también sobre *Chaetomorpha*.

Otras partes del mundo: Costas de Europa y la costa oeste de Francia, de donde proviene el ejemplar tipo. (Dawson 1960).

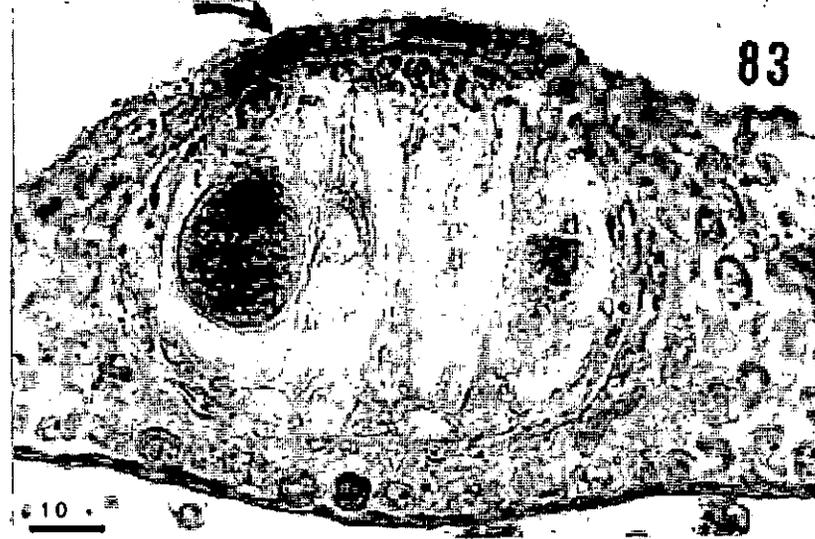
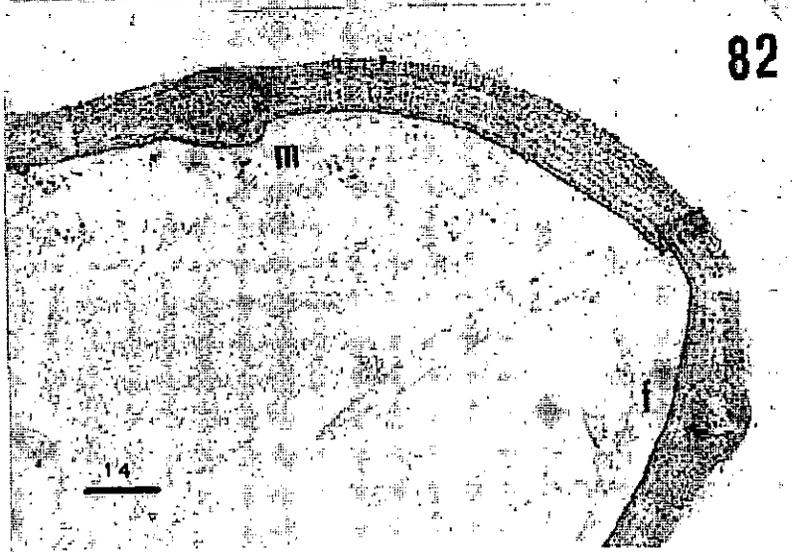
Condiciones ambientales: Creciendo sobre *Chaetomorpha*, en zona de riscos en la intermareal media y alta.

Comentarios: Las características observadas concuerdan con la descripción dada por Woelkerling (1996). Aunque Dawson (1960) describe esta especie y la reporta para la localidad de Cabeza Ballena en Baja California e Isla San Benedicto, de las Islas Revillagigedo, creciendo sobre *Chaetomorpha*, las características relacionadas con

dimensiones, tanto celulares como de estructuras reproductoras, son más grandes que las registradas en este estudio; por otra parte, los esquemas que proporciona concuerdan con las características observadas.

Ejemplares revisados: Guerrero: B1 (colección particular de M.C. Carlos F. Candelaria Silva).

Fig. 80-81. *Lithothamnion pacificum*. Detalle de las células epitaliales flamiformes (e). 81. Detalle del interior de la cámara, se observan los tapones esporangiales (flecha) y un tetrasporangio (t). Fig. 82-83. *Melobesia membranacea*. Talo dímero, polistromático. 82. Talo gametangial dioico, donde se desarrollan tanto conceptáculos femeninos (f), como masculinos (m). En este caso se ha llevado a cabo la fecundación y se observa el carposporofito en el interior del conceptáculo femenino. 83. Cámara conceptacular tetrasporangial, tapones esporangiales (flecha) y tetrasporangios (t).



V.8. INFORMACIÓN DOCUMENTAL DE LAS ESPECIES REGISTRADAS

De las especies determinadas pudimos evidenciar que 4 especies: *Lithophyllum* aff. *frondosum*, *Hydrolithon* aff. *rupestre*, *Spongites* aff. *yendoi* y *S.* aff. *fruticulosus* son nuevos registros documentados para costas Mexicanas. En el caso de *S.* aff. *yendoi*, como ya se mencionó previamente, Chamberlain (1993) sugirió que las fotos que aparecen bajo el nombre de *Lithophyllum decipiens* en el trabajo de Dawson (1960) corresponden con la especie *S. yendoi*, sin embargo, no hace mención de haber revisado el material mexicano, ni el material tipo y considerando la problemática de la concepción y caracterización de los taxones hecha por Dawson, planteada en este trabajo, consideramos que los comentarios de Chamberlain son insuficientes para establecer una sinonimia y que se requiere un estudio detallado del material tipo de *L. decipiens* o del material al que Dawson le asignó ese epíteto para determinar si existe alguna mala determinación y confirmar los comentarios de Chamberlain.

En el caso de *Spongites* aff. *fruticulosus*, aunque uno de sus sinónimos es *Lithothamnion fruticosum*, en este estudio le dimos mucho más peso a la descripción y a las notas que de los ejemplares hace Dawson en su trabajo, sobre que los ejemplares que revisó son multiporados, por lo cual hay que proceder a hacer una revisión de ese material para corroborar caracteres de género y especie.

Por otra parte, tenemos un nuevo reporte para la región, *Hydrolithon samoense*, éste había sido registrado para costas de México (lo cual hay que corroborar) pero no para el PTM.

Respecto a la distribución de las especies tenemos que, los estados de Oaxaca y Guerrero fueron los que presentaron mayor número de especies, pues en ambos se registraron 7, de las cuales comparten 3, entre ellas *Lithophyllum* sp., *Lithophyllum corallinae*, *Hydrolithon* aff. *rupestre* e *Hydrolithon onkodes*. Solamente para el estado de Oaxaca se registraron las especies *Hydrolithon farinosum*, *Lithophyllum* aff. *frondosum* y *Spongites* aff. *fruticulosus*, para el estado de Guerrero: *Melobesia membranacea*, *Pneophyllum fragile* y *Spongites* aff. *yendoi*. Para las costas de Bahía de Banderas se registraron las especies: *Lithothamnion pacificum* e *Hydrolithon samoense*, las especies que parecen tener una amplia distribución son: *L. corallinae* e *H. onkodes*, sin embargo estos datos deben tomarse con reserva, dado el número de ejemplares y localidades considerados para el trabajo.

Respecto del resto del material revisado, el cual no se pudo determinar a nivel de especie y en algunos casos no tenemos la certeza del género al que pertenece,

debido a la falta de información, principalmente de las etapas reproductivas tetrasporangiales, podemos aventurarnos a decir, sujetándonos a probarlo en trabajos posteriores, que muchos de los ejemplares pertenecen a especies de los géneros *Lithophyllum*, *Hydrolithon* y *Spongites*, y que son de amplia distribución, ya que se registraron en material tanto de Bahía de Banderas, como de Guerrero y de Oaxaca. Por ahora esto queda como una nueva hipótesis de trabajo a probar, sin embargo los resultados que obtuvimos con el poco material determinado apuntan en esa dirección.

V.8. CLAVE DE DETERMINACIÓN

Se generó una clave de determinación dicotómica jerárquica, para subfamilia, género y especie de los taxones registrados en esta tesis, considerando primeramente, la información de nuestros ejemplares y complementándola, cuando fue necesario, con los trabajos de Woelkerling (1988, 1996), para la mayoría de las especies; Keats y Chamberlain (1994), para *Hydrolithon samoense*, Mason (1953) y Dawson (1960) para *Lithothamnion pacificum*.

CLAVE DE DETERMINACIÓN DE SUBFAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

1. Tipo de interconexiones celulares:

- Conexiones de orificio secundarias 2 (Subfam. Lithophylloideae
Género: *Lithophyllum*)
Fusiones celulares 3

2. Talla y forma de los conceptáculos esporangiales

- Conceptáculos de forma redondeada, con el piso convexo
o no (fig. 53), con un diámetro hasta de 250 μm *Lithophyllum corallinae*
Conceptáculos siempre deprimidos dorsoventralmente,
con el piso convexo (forma de cacahuate fig. 57),
con un diámetro mayor a 280 μm *Lithophyllum* aff.
*frondosum*¹

3. Número de poros en conceptáculos tetrasporangiales:

- uno 4 (Subfam.
Mastophoroideae)
más de uno 10 (Subfam.
Melobesioideae)

4. Características de la cámara conceptacular esporangial:

- Células del canal del poro, alineadas paralelamente a la
superficie del talo y sobresaliendo hacia la luz del canal 5

¹ Ver discusión para esta especie en el apartado de descripción de especies.

- Células del canal del poro, alineadas perpendicularmente a la superficie del talo, siendo característicamente distintas al resto de las células del techo y no sobresaliendo hacia la luz del canal 7 (*Hydrolithon*)
5. Características del talo:
 Talos de una capa de células de grosor, en partes vegetativas, y hasta 4 en regiones reproductivas; epífitos *Pneophyllum* aff. *fragile*
- Talos con más de 10 capas de células de grosor en regiones vegetativas y reproductivas; epilíticos o de vida libre (rodolitos) 6 (*Spongites*)
6. Talla de conceptáculos esporangiales y hábito: (para las especies registradas en este estudio)
- Cavidades conceptaculares mayores a 500 µm de diámetro, desarrollándose en porciones costrosas o en las protuberancias, muy evidentes *Spongites* aff. *fruticulosus*
- Cavidades conceptaculares menores de 250 µm de diámetro, no desarrollándose en protuberancias *Spongites* aff. *yedoi*
7. Características del talo
- Talo de una capa de células en partes vegetativas y 2-4 capas de células de grosor en áreas reproductivas; epífitos *Hydrolithon farinosum*
- Talo de más de 10 capas de células tanto en talos vegetativos como reproductivos; epizoico o epilítico 8
8. Características de la cámara conceptacular esporangial:
- Techo de la cámara conceptacular esporangial constituida por una sola capa de células alargadas *Hydrolithon samoese*
- Techo de la cámara conceptacular esporangial constituida por más de 3 capas de células 9
9. Características de los tricocitos en el talo y posición de las cámaras conceptaculares esporangiales

Tricocitos comunes en la superficie del talo, en forma de botella;
las cámaras conceptaculares esporangiales siempre superficiales

..... *Hydrolithon onkodes*

Talos raramente presentando tricocitos en la superficie del talo;
las cámaras conceptaculares inmersas en el tejido

*Hydrolithon aff.
rupestre*

10. Características vegetativas del talo:

Talo dímero, hasta 10 capas de células de grosor, células
epitales flamiformes no presentes; epífito

*Melobesia
membranacea*

Talo monómero, con más de 7 capas de células de grosor del talo,
células epitales flamiformes presentes

*Lithothamnion
pacificum*

VI. CONCLUSIONES

VI. 1. ANÁLISIS, SISTEMATIZACIÓN E INTEGRACIÓN DE LITERATURA SOBRE CORALINAS NO GENICULADAS

Aunque en algunas partes del mundo se ha avanzado considerablemente en el estudio de las coralinas no geniculadas, existen áreas geográficas en donde no se ha tenido interés en su estudio, particularmente las costas de México, por otra parte, pocas especies son conocidas en términos de su biología, es decir, su desarrollo ontogenético, relaciones ambientales, intervalos de variación, distribución, reproducción, etc., según se deriva de la revisión de la literatura especializada.

El estudio de las coralinas no geniculadas en la región del Pacífico americano y particularmente en México necesita ser revisado a la luz de los nuevos conceptos taxonómicos y nomenclaturales, ese trabajo se inicia con esta tesis y tiene como antecedente único el trabajo de Riosmena (1997).

En esta tesis se reconoce el valor de los trabajos realizados por los especialistas a lo largo de la historia, sin embargo, fue necesario determinar la utilidad de algunas fuentes de tipo florístico-taxonómico, analizadas a la luz de los avances en el conocimiento del grupo y de la taxonomía en general, las cuales han sido ampliamente usadas en la última mitad de siglo en los trabajos inventariales realizados en México.

Hasta 1991 se tenían 36 trabajos publicados, de tipo inventarial, que incluyen registros de coralinas no geniculadas para las costas de México. La mayor parte de la información contenida en ellos, concuerda con el esquema taxonómico de Mason (1953) y el trabajo florístico de Dawson (1960), por lo que revisada a la luz de los conocimientos generados a partir del estudio de coralinas, principalmente en regiones subtropicales, llevados a cabo durante las últimas tres décadas, resulta insuficiente para la determinación de especies en ésta región. Por otra parte, la literatura de tipo florístico-taxonómico es inexistente para la región del Pacífico Tropical.

Del análisis comparativo de la información obtenida de la literatura realizada por los especialistas (Johansen, 1981, Cabioc, 1972, 1988, Chamberlain, 1983, Woelkerling, 1988, Irvin y Chamberlain 1994), así como de los trabajos, principalmente florísticos, realizados para costas americanas (Taylor, 1945,

Hamel y Lemoine, 1952, Mason, 1953, Dawson, 1944, 1960, Masaki y Tokida 1960a,b, Setchell y Gardner, 1967, Norris, 1975, Abbott y Hollenberg, 1976) se evidenciaron los siguientes problemas:

Respecto del inventario de especies de coralinas no geniculadas, que es el tema sobre el que más se ha publicado en nuestro país, es evidente que está basado en malas determinaciones debido a confusiones generadas por tres tipos de problemas distintos:

a) Mala definición de caracteres. Como se mencionó en su momento, existe a nivel mundial una basta cantidad de información, principalmente de tipo morfológico, generada por diferentes autores en diferentes momentos históricos, que se ha traducido en múltiples elementos de descripción - caracteres- muchos de los cuales han sido asignados bajo diferentes nombres cuando hacen referencia a las mismas estructuras; por el contrario, en otras ocasiones se usan los mismos descriptores para referirse a estructuras distintas. El problema se hace más grave porque no hay aclaraciones ni precisiones sobre cómo se usan los caracteres o se modifica su uso o se aplican en los diferentes estudios.

b) Multiplicidad de esquemas taxonómicos: La información existente es analizada bajo diferentes criterios de definición y delimitación, lo que da como resultado propuestas de clasificación distintas. Es decir, del total de caracteres, se seleccionan, caracterizan y ponderan diferentes conjuntos, y por lo tanto, el significado taxonómico que adquieren éstos, varía según el contexto en el que están siendo analizados y reconocidos, además esta ponderación de caracteres se produce de manera descontextualizada respecto de la expresión espacio-temporal del organismo en su conjunto, como por ejemplo el momento del ciclo de vida en el que se encuentra. Y aunque este problema es común dentro de los diferentes grupos algales, el caso de las coralinas resulta "espectacular", como intentamos mostrar a lo largo del trabajo y que a continuación resumimos brevemente.

El criterio más antiguo usado para segregar a las coralinas es el morfológico, el cual ponderaba como caracteres de segregación primaria, la presencia/ausencia de genículas dando lugar a dos familias, las Corallinoideae (articuladas) y las Melobesioideae (no articuladas) (Areschoug, 1852, Foslie, 1908, citados por Cabioch, 1972). Dentro de estas dos grandes agrupaciones la segregación en taxones inferiores está dada por diferencias vegetativas en la estructura de la genícula (Corallinoideae) o en las estructuras vegetativas y reproductoras en los organismos costrosos (Melobesioideae), principalmente de talos adultos.

Este esquema estuvo vigente durante varias décadas, con algunas modificaciones de autor a autor, como las de Mason (1953).

Posteriormente, se produce una modificación en cuanto a la delimitación y definición de esos criterios (Johansen, 1969a, 1981), casi imperceptible en apariencia, pero que ha producido un reordenamiento de taxones principalmente a nivel de género y especie, y en una nueva definición de las categorías de subfamilia y familia. Es decir, los mismos caracteres que usó Mason (*op cit*), más muchos otros incluidos en esa oportunidad, fueron analizados en conjunto sin ninguna ponderación *a priori*. Por lo tanto, la segregación de grupos fue establecida por la recurrencia de aparición de los caracteres en cada taxón, dando como resultado una propuesta taxonómica distinta, planteada primeramente por Johansen (*op. cit.*) y ampliada por Woelkerling (1988).

El elemento básico de segregación que se ha venido arrastrando desde el siglo pasado, no presenta modificación evidente, en esta última propuesta. Es decir, la presencia-ausencia de genículas se mantiene como el carácter inicial de separación dentro del orden, aún cuando han sido incorporados elementos innovadores asociando a las genículas con otros caracteres tales como tipo de uniones intercelulares entre filamentos del talo y número de poros conceptaculares, principalmente, que aparentemente tienen el mismo valor, pero que en la práctica son subordinados a la presencia o ausencia de la genícula. Asimismo, otra contribución fundamental ha sido la de una mejor definición y delimitación de los caracteres, al acotar su reconocimiento y uso a momentos precisos del desarrollo ontogenético de los organismos; en la mayoría de los casos los caracteres son exclusivos de talos adultos, pero en algunas ocasiones se hace referencia a distintas etapas de desarrollo de las estructuras conceptaculares, principalmente.

El resultado de tales modificaciones ha sido todo un proceso de sucesivos rearrreglos de los taxones, que inició con la sectorización del orden en 1 familia (Corallinaceae) que incluía 7 subfamilias: Amphiroideae, Choreonematoideae, Corallinoideae, Lithophylloideae, Mastophoroideae, Metagoniolithoideae, Melobesioideae) y que actualmente, a partir de una definición aún más fina de los caracteres, va en 2 familias (Corallinaceae y Sporolithaceae) y 8 subfamilias: las mismas mencionadas anteriormente, más Austrolithoideae.

Estas modificaciones han cambiado el concepto de los taxa supragenéricos, genéricos y específicos, respecto de los esquemas previos.

En contraposición a la lógica taxonómica establecida a partir del uso de las genículas como elemento básico de segregación, el esquema de Cabioch (1972,1988) basado en el análisis de las relaciones ontogenéticas y morfogenéticas de caracteres vegetativos y reproductivos, tales como uniones celulares entre los filamentos del talo, patrón de desarrollo de la estructura del talo, origen y desarrollo de las estructuras reproductoras esporangiales, patrones de germinación, entre otras, tanto de corallinas geniculadas como de aquellas no geniculadas, dio como resultado una agrupación de taxones de ambos tipos en una misma categoría supragenérica, es decir, ella propone que la familia Corallinaceae, del entonces orden Cryptonemiales (1972), es monofilética y que especies tanto geniculadas como no geniculadas están relacionadas filogenéticamente, reconociendo 5 subfamilias: Schmitzielloideae, Sporolithoideae, Lithothamnioideae, Corallinoideae, Lithophylloideae; en este esquema, las tribus Neogoniolitheae, Corallinae y Dermatolitheae incluyen géneros tanto geniculados como no geniculados.

Evidentemente esta propuesta modifica radicalmente la concepción del orden y produce un esquema esencialmente diferente a los anteriores, pero curiosamente, en él se pueden detectar algunas similitudes en la caracterización de algunos taxones propuestos por Johansen-Woelkerling, que sugieren un contenido filogenético inexplorado, por lo menos tácitamente, por dichos autores en aquellos caracteres que los han sustentado.

c) Mezcla de esquemas: La tercera causa de confusión en el reconocimiento de especies, es debido fundamentalmente al uso simultáneo de los diferentes esquemas (inciso b) y en consecuencia de la aplicación indiscriminada de los diferentes criterios de definición de caracteres (inciso a), según convenga en función de las características particulares del material que se esté determinando, resultando en una inevitable confusión de taxones (frankensteins). Esto es, de acuerdo con el inciso b) ocurre que, un mismo nombre tiene diferente contenido, según cada esquema, y en la práctica estos contenidos se usan indiscriminadamente en las determinaciones, como si fueran información complementaria, cuando en realidad dicha información no es compatible, a veces ni equivalente, y en los casos extremos hasta contradictoria, como el caso del concepto de *Lithophyllum* de Mason (1953), el de Woelkerling *et al.* (1985) y el de Campbell y Woelkerling (1990).

Esta mala práctica, conduce a errores de la magnitud de arrastrar géneros como sinónimos de géneros redefinidos a partir sólo de algunas especies, como el caso de *Dermatolithon* Foslie. Las especies que Woelkerling analizó las incluyó primeramente como parte del género *Titanoderma* Nägeli, posteriormente cuando incluyó a *Titanoderma* como parte del género *Lithophyllum* Philippi, automáticamente todas las especies que había analizado de *Dermatolithon* pasaron a *Lithophyllum*.

En México, sin un estudio del material tipo o de colección de los registros de especies de *Dermatolithon*, descritos para las costas del Pacífico mexicano, fueron todos sinonimizados como *Titanoderma* en el trabajo de Dreckmann (1991) y algunas de las especies en el de León-Alvarez y González-González, (1993). Los cuales podrían ser errores de citación, pero que producen, de cualquier forma, confusión.

A esta problemática hay que sumar que las coralinas, son organismos que metodológicamente son complejos de trabajar, desde su colecta, ya que en el campo, por el tipo de crecimiento que presentan (radial), es en la mayoría de las veces complicado reconocer "individuos", en este caso particular se aplica más correctamente el concepto de semaforontes, dado que en ocasiones tienen límites difusos, o se sobrelapan y es difícil reconocer si estamos ante un crecimiento de un semaforonte o varios, de una misma especie o de varias. Metodológicamente, el procesamiento histológico necesario para obtención de información taxonómica es laborioso.

Definidos los problemas, deficiencias y limitaciones que en términos generales conllevan todas las determinaciones realizadas para las costas mexicanas (incisos a, b y c, concluimos que se requiere la reelaboración del inventario, en lo cual se avanzó, resolviendo o contribuyendo a la resolución previa de la problemática de la siguiente manera:

Se analizó el esquema de Mason (1953) que dominó el trabajo florístico en México, así como el de Dawson (1960) y se hizo una amplia recopilación bibliográfica sobre las más recientes investigaciones del grupo, con lo cual se pudo definir y delimitar el conjunto de caracteres necesarios para la obtención de información específica, de alto contenido informativo en términos taxonómicos y de campo, que sirvió como base y antecedente para la reelaboración del inventario a través de la producción de trabajos florísticos, revisiones y monografías sobre el grupo.

Así, fue posible el reconocimiento, registro y descripción de 11 especies de coralinas costrosas, presentes en varias localidades en las costas del PTM, así como la información documental disponible, y aunque no se cumplió cabalmente

el objetivo del reconocimiento de la expresión y los intervalos de variación de las especies en las costas tropicales del Pacífico mexicano, dado el tipo de material con el que se trabajó, si se contribuyó al entendimiento de la problemática que prevalece en el conocimiento del grupo involucrado y se avanzó en la reelaboración del inventario florístico.

Respecto a la hipótesis inicial del trabajo, de que el número de especies presentes en el PTM era menor al reportado en la literatura y que estos registros sólo representan la variación intraespecífica de los taxones, y por otra parte, que puede haber otros taxones que no han sido descritos, lo que incrementaría el número de registros, pero en un sentido distinto (las que están registradas no son, y las que probablemente son no están registradas) aún no podemos corroborarla y se hace indispensable el estudio de material de campo, de colecciones y de material tipo. Con los antecedentes que se generaron en este trabajo, sólo podemos aventurar una hipótesis más, tal que las especies más importantes por su amplia distribución en gradiente de condiciones ambientales a lo largo de la costa objeto de estudio, pertenecen a los géneros *Lithophyllum*, *Hydrolithon* y *Spongites*.

Una hipótesis más que se plantea es un poco una visión contraria a lo que se ha manejado, es decir, se habla mucho de la enorme diversidad de las coralinas no geniculadas y aunque existen más de 50 descriptores relacionados con su estructura, resulta que siempre encontramos sobrelapamiento de caracteres entre especies del mismo género o con géneros relacionados, lo cual me lleva a pensar que más que diversidad, existe una gran homogeneidad morfológica y estructural del grupo, y que tienen una tendencia a conservar ciertas cualidades, o tal vez que éstas han tenido lugar varias veces a lo largo de la historia de los linajes, como resultado de las condiciones donde se han desarrollado desde, prácticamente, su aparición como linaje. Esta hipótesis de trabajo, sobre descubrir si es diversidad o unidad lo que vemos en las coralinas no geniculadas es una tarea a largo plazo, que seguramente se irá construyendo conforme se avance en otros trabajos más precisos, es decir, continuando con trabajos florísticos, taxonómicos y sistemáticos.

Para lo anterior, ahora si aplica de manera más clara, la propuesta que seguimos como parte del marco teórico con el que inició esta tesis, que sugiere que si manejamos el concepto de especie que teóricamente contemple a) tanto las variaciones a nivel individual, las cuales incluyen los cambios que se suceden a lo largo del desarrollo de los individuos, b) las variaciones a nivel orgánico, las cuales están relacionadas con los cambios ontogenéticos y las alteraciones que puedan promoverse como parte del tipo de ciclo de vida propio de ellos, en relación a c) la variación provocada por la interacción con otros individuos de su misma especie y con los de otras, en estrecha vinculación con los factores

ambientales, es decir, de las relaciones poblacionales y de la comunidad donde se desarrollan; d) confrontar la información de los rubros anteriores con la de poblaciones de otras áreas biogeográficas y e) a partir de la información de los rubros anteriores inferir los límites de las especies y la relación entre linajes, conformando las unidades holísticas, tal como lo propone González-González (1991). Así, estaremos en posibilidad de darle un valor de importancia más natural, a las similitudes y variación de los caracteres para conformar un patrón que permita reconocer en todo momento, que las similitudes entre las diferentes especies no son más que resultado de la continuidad del patrón estructural básico del linaje al que pertenecen y que sus diferencias son las adquisiciones particulares que les dan unidad como entidades aisladas de otras. Este mismo patrón permitirá, posteriormente formular hipótesis sobre a) los procesos de distribución de los taxones tanto en gradiente de condiciones como en las diferentes regiones biogeográficas, b) proponer esquemas taxonómicos robustos, en los cuales puedan incluirse nuevos taxones o modificar el estatus jerárquico de algunos de ellos, si es necesario, sin que se vea modificada su estructura general y por otra parte, se facilitará hacer una evaluación sistemática de los caracteres para que nuestro esquema, no sólo sea una ordenación fenética, sino que nos hable de la ordenación natural de los grupos involucrados y que nos permita ir construyendo una hipótesis evolutiva a través de la sistematización de los caracteres en términos filogenéticos para obtener una aproximación más natural a este objeto de estudio.

En este trabajo se ha dado sólo el primer paso siguiendo esta metodología, incluyendo sólo caracteres morfológicos, pero consideramos que debe incluirse información de otros aspectos biológicos, tal como la que se incluye en la tabla 16.

| Conformación de Unidades holísticas |
|--|
| Caracteres estructurales: de adultos (etapas reproductivas) y juveniles. |
| Caracteres propios del ciclo de vida: ontogenéticos y morfogenéticos |
| Caracteres citológicos: bandeo cromosómico, forma cromosómica, número cromosómico |
| Caracteres bioquímicos: sustancias atrayentes, alelopáticos |
| Caracteres moleculares: secuenciación de genes |
| Caracteres ecológicos: hábitat, ocurrencia estacional |
| Caracteres corológicos: distribución en el espacio |
| Caracteres paleontológicos: distribución en el tiempo |
| Caracteres de interacción de comunidades: relaciones de simbiosis con otros organismos vegetales (algas o angiospermas marinas) y animales (invertebrados, moluscos, peces). |

Tabla 16. Tipos de caracteres necesarios para reconstruir unidades holísticas (modificado de Ball, 1994)

VI.2. MATERIAL DE HERBARIO Y EL VALOR DE LOS ESPECÍMENES TIPO COMO AYUDA EN LA CERTIFICACIÓN DE ESPECIES.

Los ejemplares de coralinas no geniculadas, depositados en la colección del Herbario (FCME), útiles como material de referencia y consulta y como elemento representativo de la región geográfica del PTM, son escasos.

De las 150 muestras revisadas, el 75% se encontró en estado vegetativo o en estado reproductivo gametangial y solamente el 24% en estado reproductivo tetrasporangial; primordial en la determinación de taxones. Considerando que por el momento, sólo es posible llevar a cabo las determinaciones con talos en estado esporangial, el material biológico de la colección que reúne las características necesarias para ser determinado a especie resulta escaso, y escaso también en términos de la representatividad de localidades y variación de condiciones ambientales. Por lo que el material de herbario de coralinas costrosas, de la colección de macroalgas del PTM, sirvió exclusivamente como material de registro, porque las muestras no están representadas en la cantidad suficiente como para poder obtener material histológico para su determinación y que simultáneamente haya material de respaldo en exsiccatas o en líquido, donde sea posible hacer observaciones de las características morfológicas externas.

La revisión del material tipo, del herbario de Berkeley proporcionado por el Dr. P.C. Silva, entre los que se incluían ejemplares de *Lithophyllum*, *Heteroderma* y *Lithothamnion*, pudimos percatarnos que algunas de las características por las cuales hoy se reconocen dichos géneros, no las poseen los ejemplares tipo, principalmente si nos referimos al tipo de uniones celulares asociadas a caracteres reproductivos, además de que en las laminillas donde se registraron cámaras conceptaculares esporangiales, según las anotaciones de los autores, no se observaron los esporangios (están vacías), y los cortes son lo suficientemente gruesos como para impedir el reconocimiento de características asociadas con dichos conceptáculos, particularmente refiriéndonos a los ejemplares del género *Lithophyllum*.

El material tipo perteneciente a la tribu Melobesieae (*sensu* Mason, 1954) que se revisó, incluyó exclusivamente especies *Lithothamnion*, en el cual, no fueron observados muchos de los caracteres para delimitación de este género (*sensu* Woelkerling), dado que la mayoría de las laminillas de los ejemplares, son cortes de tejido vegetativo, o aún siendo del reproductivo, el plano de orientación no permite distinguir las estructuras. Sin embargo, pudimos constatar para la mayoría de los ejemplares, la presencia de fusiones celulares y conceptáculos multiporados, con lo cual podríamos asignarlas a la familia Melobesioideae, pero no fueron evidentes caracteres que permitieran delimitar claramente los taxones, excepto en el caso de *Lithothamnion pacificum* FOSLIE, en donde se observaron

varios poros, tapones esporangiales y células en forma de copa (flared). En el resto de los ejemplares revisados no hubo evidencia de los caracteres reproductores, solamente fueron evidentes caracteres vegetativos del talo y las fusiones celulares, por lo que consideramos que es necesario una revisión más precisa de esos ejemplares, pero sobre todo, consideramos que hay que poner especial énfasis en aquellas especies descritas originalmente para las costas mexicanas y corroborar que efectivamente se trate de taxones distintos, no descritos.

Desgraciadamente, el análisis detallado del material tipo, quedó un poco fuera de los alcances de esta tesis, sin embargo, las observaciones hechas al material disponible son muy valiosas y nos hacen tomar con mucha precaución la información de las descripciones, respecto de la que nos puede proporcionar el material tipo.

Por lo que se hace necesario implementar una colección de herbario de coralinas para las costas del Pacífico mexicano, que cuente con los diferentes tipos de referencias, tales como exsiccatas, muestras en líquido, laminillas histológicas y fotografías, además de la información documental asociada a cada uno de esos diferentes tipos de referencias.

Por lo que el concepto de ejemplar de herbario que proponemos, no es aquel que se ha venido manejando comúnmente a lo largo de la historia (ejemplar tipo: que considerando el Código de Nomenclatura Botánica, es sólo la referencia que valida un nombre), particularmente en las algas coralinas, dado que estos ejemplares (referencias nomenclaturales) poco tienen que ver, en la mayoría de los casos, con los intervalos de variación de los caracteres en especies de un mismo género (v.gr. *Lithophyllum* (Woelkerling et al. 1985 y Campbell y Woelkerling, 1990). Por lo que nuestros ejemplares de referencia de la especie, así como todo el material relacionado con éste (laminillas histológicas, fotos, descripciones) tendrían que reflejar esta variación.

V1.3. UNIDADES MERÍSTICAS Y CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES HOLISTICAS

Del análisis de las gráficas de radar de los caracteres cuantitativos de las 11 especies reconocidas en las costas de las localidades del PTM, pudimos reconocer patrones diferentes entre especies y entre géneros. El análisis en los diagramas de dos ejes nos mostró que los valores cuantitativos en todas las especies tienen una distribución muy similar, que aunque hay caracteres que tienen intervalos de variación distintos, no pueden ser considerados de manera aislada para delimitar especies.

Respecto de esto, queda en duda la presencia de una de las dos especies de *Lithophyllum*, *L. corallinae* o *L. frondosum* en nuestras determinaciones.

En la mayoría de los casos fueron muy pocos los ejemplares revisados, representativos de cada especie, sin embargo, en el caso de la figuras correspondientes a la especie *L. corallinae* (unidad holística 5), *L. frondosum* (unidad holística 6) e *Hydrolithon* aff. *rupestre* (unidad holística 10), podemos encontrar algunas líneas (que corresponden a ejemplares o datos de unidades merísticas), que se salen un poco del patrón general del dibujo. Considerando la problemática que se planteó respecto a las especies de *Lithophyllum* y que los caracteres cuantitativos en su mayoría se consideran elementos variables o dependientes de las condiciones del medio, es necesario llevar a cabo un muestreo más representativo para cada una de ellas, para determinar si esas variaciones en el patrón general de la gráfica son debidas a variaciones poblacionales o a variación específica.

Respecto a las relaciones de similitud entre caracteres cualitativos y cuantitativos cabe aclarar que fueron obtenidos de los patrones reconocidos en las representaciones gráficas de nuestras especies, pero sobre todo por la confrontación con la información obtenida de las descripciones que elaboramos, y certificándola con información bibliográfica, pues recordemos que de las gráficas fueron eliminados varios datos, pero sobre todo, que las interpretaciones no son automáticas de ninguna representación gráfica, y que éstas sólo se usaron para hacer evidentes los patrones que hacen diferentes a los taxones.

Ahora bien, la propuesta de tener un conjunto de caracteres únicos (tabla 15) a partir de los cuales se obtengan datos específicos de los ejemplares y el conformar el patrón de variación de los mismos, es con el fin de conocer el comportamiento de los mismos en cada especie. El listado propuesto trató de incluir los caracteres que pueden ser requeridos para la descripción de corallinas no geniculadas de las subfamilias de la familia Corallinaceae, lo cual significa que siempre habrá elementos descriptivos de esa tabla que no requeriremos, pues nuestros ejemplares no los presentaran, dada su naturaleza taxonómica. Por ejemplo, *Pneophyllum* aff. *fragile*, (unidad holística 14), que aún siendo de la familia Mastophoroideae, no presenta una similitud marcada en el patrón de líneas de la gráfica de caracteres cualitativos, con los géneros *Spongites* e *Hydrolithon*, ya que requiere de pocos caracteres de los propuestos para su definición y aún menos para su delimitación, pues es reconocible fácilmente por su talo monostromático, con tricocitos portando un pelo característico.

Finalmente, revisando nuestros ejemplares, nos percatarnos de que hay diferencias entre los caracteres vegetativos de cada especie y aunque en este momento resulta difícil especificar que caracteres y en que intervalo de variación

son útiles para reconocer una especie de otra o más bien, una población de otra, podemos aventurarnos a decir que existe una correlación entre cierto conjunto de caracteres vegetativos y aquellos caracteres reproductivos que nos permiten reconocer con certeza los taxones. Por lo que se hace necesario llevar a cabo estudios de campo locales y construir el abanico de posibilidades de expresión de los diferentes conjuntos de caracteres, tanto vegetativos como reproductivos para asociarlos y poder establecer correctamente la correlación que fue evidente en nuestro material de estudio. Si esto es cierto, una vez elaborado el patrón de correlación, podremos reconocer o acercarnos a la determinación de especies, contando con caracteres vegetativos.

VII. PERSPECTIVAS

Para la resolución de la problemática de evaluación taxonómica de los caracteres que describen a las coralinas no geniculadas y en general a las coralinas, además elaborar un planteamiento que vaya más allá de lo taxonómico y que involucre una propuesta filogenética (para lo cual habría que analizar la controversia entre el esquema filogenético de Cabioch, 1972, 1988 y Johansen, 1981-Woelkerling, 1988) se necesita tener un marco de referencia único que nos permita generar información de las especies en nuestras costas y simultáneamente para reelaborar el inventario florístico bajo un esquema único, para ello podríamos optar por:

Hacer los estudios florísticos y taxonómicos en las costas del Pacífico y en las regiones tropicales poco estudiadas, adoptando el esquema de clasificación de Johansen-Woelkerling. Lo cual implica el análisis de las poblaciones de especies presentes en nuestras costas, aplicando la "fórmula" de caracteres establecida por dichos autores.

Este procedimiento constituye un trabajo rutinario, técnico, de reconocimiento diagnóstico y determinación de ejemplares, el cual es muy importante y necesario, pero que no resuelve la problemática taxonómica de un grupo relacionado filogenéticamente (según la propuesta de Cabioch, 1972, 1988 y los análisis moleculares de Bailey y Chapman, 1996 que la avalan) y sólo ordenado fenéticamente, como es el de las coralinas.

La propuesta por lo tanto, es contribuir a la reformulación del esquema de clasificación del orden, dado que considero que las contradicciones entre ambos esquemas están dadas por el manejo de la misma información bajo diferentes criterios, con distintos límites. Desde mi punto de vista, puede existir una complementareidad en cuanto a la información que ambos autores usan, la cual es necesario hacerla evidente, interpretándola desde otra perspectiva, revalorando la información. Seguramente ésto modificará la estructura jerárquica de los taxones y sobre todo el contenido y extensión de las categorías de familia y subfamilia.

Esto quiere decir que si las relaciones filogenéticas existen dentro del orden, tanto los caracteres de las estructuras vegetativas y reproductivas propuestos como diagnósticos en el esquema de Woelkerling (1988, 1996) para coralinas no geniculadas, están expresadas en las especies geniculadas. Asimismo, es de esperar que los caracteres morfo-ontogenéticos descritos para especies

geniculadas y no geniculadas en el esquema de Cabioch (1972, 1988) serán recononocibles en aquellos taxones redefinidos por Woelkerling.

Lo anterior abre varias líneas de investigación sobre este grupo:

a) El estudio sobre la variación poblacional de los caracteres que se propusieron en este estudio, para la validación de aquellos que se han propuesto como diagnósticos pero que falta documentarlos con trabajo experimental, ya sea de campo o laboratorio, todo ello acorde con el sistema taxonómico elegido para contribuir al conocimiento y la delimitación taxonómica del grupo en esta región del mundo.

b) El estudio por áreas biogeográficas particulares o subregiones bien delimitadas dentro de las costas del PTM. Lo cual significa implementar la metodología tanto de campo como de laboratorio, la cual ya ha sido planteada previamente en otros trabajos, sintetizada en la propuesta de González-González (1992a), adecuarla a las condiciones particulares de nuestras localidades y nuestro objeto de estudio y recabar información sobre las especies distribuidas en esa costa.

c) Como parte del trabajo florístico se hace necesaria la revisión de material tipo y de algunas de las colecciones donde están representados los ejemplares de las especies registradas, con el fin de certificar nuestras determinaciones, ya que dadas las malas identificaciones existentes y el uso indebido y cruzado de términos, conceptos y nomenclatura, podría ser necesaria la redefinición de algunas especies y en todos los casos la elaboración de material de referencia y consulta.

Como resultado de los puntos a, b y c, se pueden generar trabajos monográficos que cuenten con información confiable y con fuentes de determinación, lo cual contribuirá grandemente al conocimiento de biodiversidad algal en México y en particular en la región del PTM, para lo cual haría falta generar trabajos ecológicos, relacionados con:

d) Distribución y abundancia de géneros / especies, (dinámica de poblaciones) y relaciones con otros organismos (dinámica de comunidades).

Una vez teniendo conocimiento sobre que especies están representadas en la región se pueden desarrollar estudios vinculados con otros aspectos, fuente de información taxonómica, tales como:

e) Investigación bioquímica de las coralinas no geniculadas, relacionadas con producción de sustancias que permiten el reconocimiento de estructuras reproductoras; el establecimiento sobre los talos costrosos de esporas o

propágulos de otras algas (para dar lugar a una comunidad de macroalgas frondosas, que comúnmente se desarrollan sobre ellas), sustancias específicas para el establecimiento de larvas animales, producción de alelopáticos, etc.

f) Estudios moleculares sobre secuenciación de ADN, que nos aporte información sobre la variación génica, a través del estudio de genes conservados y genes variables.

g) Estudio de fósiles y establecimiento de sus relaciones filogenéticas con los grupos holocenos (estudios que se han iniciado con las investigaciones de Riosmena, *com. pers.*)

Una vez generada esa información, se requerirá hacer las determinaciones sobre que caracteres son primitivos (plesiomórficos) y cuales derivados (sinapomórficos), enfrentarnos a problemáticas de analogías por paralelismo y convergencia (homoplasias) y así ir dilucidando las relaciones de parentesco entre el orden Corallinales, establecer o plantear sus posibles relaciones al interior y con grupos cercanos dentro de las mismas rodofitas; todo lo cual nos posibilitará elaborar una clasificación filogenética y esclarecer las relaciones genealógicas del grupo.

f) Finalmente, una vez teniendo una hipótesis filogenética, podrán hacerse estudios biogeográficos y reconstruir los procesos que probablemente, dieron origen a la amplia distribución de estos organismos.

Existen otras vertientes en el estudio de las coralinas no geniculadas. El conocimiento de la diversidad de este grupo, su distribución, abundancia y patrones de crecimiento estacional o anual, características anatómicas, procesos de calcificación, entre otros procesos metabólicos, pueden ser de gran utilidad para otros estudios de tipo biológico, ecofisiológico y aún en el médico o industrial.

En Brasil se están llevando a cabo investigaciones con coralinas para estudiar el efecto de almacenamiento de CO₂, como parte del metabolismo de calcificación relacionado con los procesos fotosintéticos (Keats, 1998).

Por otra parte, en el Departamento de materiales metálicos y cerámicos, del Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM, se ha iniciado una investigación sobre la obtención de hidroxihapatita, a partir de especies de coralinas no geniculadas, con el afán de utilizar esta materia prima en la fabricación de implantes óseos o para facilitar la regeneración de hueso, material que actualmente se obtiene de algunas especies de coral. (Dra. Piña, Coordinadora del Laboratorio, *com. pers.* 1997).

VIII. EPILOGO

En este trabajo se abordó principalmente el aspecto florístico y taxonómico de las algas coralinas no geniculadas, sin embargo consideramos necesario incluir información general sobre otros aspectos de estos organismos, con el fin de resaltar su importancia biológica, como elemento de la naturaleza y como recurso para el hombre.

DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA

La distribución biogeográfica de estas algas es impresionante, se desarrollan en aguas frías, templadas y tropicales, resultando uno de los componentes bentónicos mas importantes. En algunas áreas biogeográficas forman extensos depósitos de rodolitos, algunos de los cuales han cobrado gran importancia geológica. Se ha registrado que la mayor diversidad de especies de algas coralinas no geniculadas se encuentra en la región tropical y disminuye hacia las regiones polares de ambos hemisferios (Steneck 1986). Adey (1970) propone un patrón de distribución taxonómica muy general, en la cual describe una dominancia marcada de especies pertenecientes a la subfamilia Mastophoroideae en los trópicos, de la subfamilia Melobesioideae hacia las altas latitudes y de la subfamilia Lithophylloideae que no presenta una distribución marcada.

En términos de su distribución vertical, se desarrollan desde la zona intermareal alta hasta la sublitoral y por ende, en multitud de condiciones microambientales particulares como plataformas costeras, pozas de marea, sustratos expuestos como riscos, peñascos, y paredes de acantilados, principalmente en sus partes humectadas y sombreadas hasta la submareal a través de toda la zona eufótica béntica y en algunos sitios hasta 250 m de profundidad. (Littler y Littler 1988).

La distribución geográfica que se ha descrito, parece estar mediada además de la luz y la profundidad, por la temperatura, composición química del agua y la dinámica del agua marina (referida a intensidad del oleaje) Steneck (1986).

ECOLOGÍA

A principios de éste siglo se enfatizó la importancia de las coralinas no geniculadas como de otras algas coralinas en la formación de arrecifes, Adey y MacIntyre (1973). Más tarde se realizaron estudios con un enfoque ecológico en

algunas islas tropicales, Littler (1971,1973a,b), registrando que las algas coralinas costrosas cubren un 39% o más de la superficie del arrecife, porcentaje que excede la cobertura de otros organismos; por ello es considerado como el elemento principal de consolidación del arrecife de acuerdo con Littler *et al.* (1987). Un área donde las coralinas no geniculadas son particularmente importantes en la construcción de la estructura arrecifal es en la cima, la cual se caracteriza por ser golpeada por la rompiente, ahí forman una barrera de protección en contra del oleaje persistente y fuerte así como de la erosión del viento, lo cual favorece que no se deteriore el arrecife y otras especies puedan desarrollarse en él. Así mismo, estas barreras arrecifales formadas por las coralinas ayudan a prevenir la erosión costera.

Muchas coralinas producen sustancias químicas, las cuales promueven el establecimiento de larvas de ciertos herbívoros invertebrados, particularmente moluscos, lo cual resulta en una interacción benéfica para ambos. Los herbívoros remueven las epífitas que de otro modo asfixian a la costra, además de que impiden el paso de luz. Las coralinas parecen promover la metamorfosis y la sobrevivencia larvaria a través del periodo crítico del establecimiento, lo cual tiene gran significado a nivel de la comunidad, dado que la presencia de herbívoros asociados con coralinas pueden generar parches o crecimientos diferenciales en la sobrevivencia de estados juveniles de macroalgas dominantes. (Keats, 1998)

Algunas coralinas se descaman, es decir, se desprenden de la o las capas de células superficiales, lo cual puede ser interpretado como un mecanismo de limpieza de la superficie, o como un mecanismo de deshacerse de las células cuya función metabólica ha llegado a ser deficiente. En las costas de Sudáfrica se ha registrado que *Spongites yendoi*, una coralina que habita la zona intermareal, pierde en el proceso de descamación aproximadamente 50% de su grosor dos veces al año. Esta descamación masiva es un mecanismo energéticamente costoso para la costra y probablemente tiene algún efecto sobre el reclutamiento de macroalgas en la dinámica de la comunidad. La superficie de estas algas es comúnmente limpiada por los herbívoros, particularmente por la lapa *Patella cochlear*. La descamación en este caso es probablemente un mecanismo de deshacerse de las estructuras reproductoras viejas y de las células superficiales dañadas por pastoreo, además de reducir la probabilidad de penetración superficial de organismos oportunistas. (Keats, 1998)

Algunas algas coralinas desarrollan una gruesa costra de superficie irregular que provee una gran variedad de microhábitats, para una gran variedad de invertebrados, tales como erizos de mar, quitones y lapas, de los cuales se ha registrado que en el este de Canadá sufren una mortalidad del 100% debido a la depredación por peces, a menos que estén protegidos o resguardados por las protuberancias, recovecos e irregularidades de las coralinas no geniculadas.

Esto, seguramente es un importante factor que afecta el pastoreo y distribución de los herbívoros en las comunidades marinas. (Keats, 1998).

IMPORTANCIA ECONÓMICA

Económicamente, estas algas se han utilizado desde el siglo XVIII, en Francia y Gran Bretaña como acondicionadores de suelos, para ello se estima que se extrae de los yacimientos de rodolitos aproximadamente 300 000 ton/año, siendo las principales especies explotadas *Phymatolithon calcareum* y *Lithothamnion coralloides* (Keats, 1998)

Existen algunos cientos de kilómetros de camas de rodolitos en las costas de Brasil constituidas de especies indeterminadas de *Lithophyllum* y *Lithothamnion* que han sido objeto de muy baja explotación. En Viena eran utilizados como material para construcción de edificios. Los rodolitos son utilizados también como aditivos alimenticios para ganado vacuno y porcino, además de utilizarse en la fabricación de filtros para purificación de aguas ácidas. (Keats 1998)

En términos médicos las coralinas han sido fuente de sustancias vermífugas, obtenidas principalmente de especies de *Jania* y *Corallina*. Sin embargo este recurso dejó de usarse a finales del siglo XVIII. Recientemente las coralinas se han usado como materia prima en la fabricación de implantes dentales para la regeneración de tejido óseo. (Keats, 1998).

Dada la capacidad que tienen las coralinas de depositar carbonato de calcio son de suma importancia para la industria petrolera dado que por esa propiedad son marcadores estratigráficos naturales.

De acuerdo con el registro fósil, las coralinas no geniculadas son uno de los grupos de los que se tienen registros fósiles desde el Cámbrico y han estado presentes como linaje, de manera continua a lo largo del resto de las edades geológicas hasta el presente (Wray, 1977). Al grupo de coralinas costrosas fósiles se les segrega en la Familia Solenoporaceae y se estima que se han descrito a nivel específico e infraespecífico, aproximadamente 1600 taxones, entre organismos fósiles y actuales. (Woelkerling, 1988).

LITERATURA CITADA

- Abbott I.A. and G.J. Hollenberg. 1976. Cryptonemiales, Corallinaceae. en: *Marine Algae of California*. Stanford University Press, Calif. pp. 379-400.
- Abbott I.A. and North W.J. 1972. Temperature influences on floral composition in California Coastal waters. *Proceedings of the International seaweed Symposium 7*: 72-79.
- Adey W.H. 1964. The genus *Phymatolithon* in the Gulf of Maine. *Hydrobiologia* **24**: 377-420.
- Adey W.H. 1966. The genera *Lithothamnium*, *Leptophytum* (nov. gen.) and *Phandmatolithon* in the Gulf of Maine. *Hydrobiologia* **28**: 321-370.
- Adey W.H. 1970. The effects of light and temperature on growth rates in boreal-subarctic crustose corallines. *Journal of Phycology* **6**: 269-276.
- Adey W.H. and H.W. Johansen. 1972. Morphology and taxonomy of Corallinaceae with special reference to *Clathromorphum*, *Mesophyllum*, and *Neopolyporolithon* gen. nov. (Rhodophyceae, Cryptonemiales). *Phycologia* **11**: 159-180.
- Adey W.H. and I.G. MacIntyre. 1973. Crustose coralline algae: a re-evaluation in the geological sciences. *Geological Society of America Bulletin* **84**: 883-904.
- Afonso-Carrillo J. 1984. Estudios en las algas Corallinaceae (Rhodophyta) de las Islas Canarias. II. Notas Taxonómicas. *Vieraea* **13**: 127-144.
- Afonso-Carrillo J. 1988. Structure and reproduction of *Spongites wildpretii* sp. nov. (Corallinaceae, rhodophyta) from the Canary Islands, with observations and comments on *Spongites absimile* comb. nov. *British Phycological Journal* **23**: 89-102.
- Afonso-Carrillo J., Chacana M. and M. Sanson. 1993. Morphology and anatomy of *Spongites africanum* comb. nov. (Corallinaceae, Rhodophyta) from the Cape Verde Islands. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* **159**: 133-137.
- Afonso-Carrillo J., Gil-Rodríguez M.C. y de la Torre W. Wildpret. 1985. Algunas consideraciones florísticas, corológicas y ecológicas sobre las algas corallinaceae (Rhodophyta) de las Islas Canarias. *Anales de Biología* **2**: 23-37.
- Aguilar-Rosas L., V.E. Baltazar y R.I. Pacheco. 1985. Las algas marinas bentónicas de la rada portuaria de Ensenada, Baja California. *Ciencias Marinas* **11**(3): 121-126.
- Aguilar-Rosas R., R.I. Pacheco y R.L. Aguilar. 1990. Algas marinas de las Islas Todos Santos, Baja California, México. *Ciencias Marinas* **16**(2): 117-129.
- Bailey J.C. and R.L. Chapman. Evolutionary relationships among Coralline red algae (Corallinaceae, Rhodophyta) inferred from 18s rRNA gene sequence analysis. en: *Cytology, Genetics and Molecular Biology of Algae*. B.R. Chaudhary and S.B. (Eds.) Agrawal. Academic Publishing. Amsterdam. pp. 363-376.
- Ball G. 1994. Nociones actuales acerca de la sistemática y la clasificación de los insectos. en: *Taxonomía Biológica*. J. Llorente-Bousquets e I. Luna-Vega (comp.). Ediciones Científicas Universitarias. Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica. México. pp. 39-52.

- Bosence D.W.J. 1985. The morphology and ecology of a mound-building coralline alga (*Neogoniolithon strictum*) from the Florida Keys. *Palaeontology* 28:189-206.
- Cabioch J. 1970. Sur l'importance des phénomènes cytologiques pour la systématique et la phylogénie des Corallinacées (Rhodophycées, Cryptonemiales). *Compte Rendu Hebdomadaire des Séances de l'Académie des Sciences Paris* 271(D): 296-299.
- Cabioch J. 1971. Étude sur les Corallinacées. I. Caractères généraux de la Cytologie. *Cahiers de Biologie Marine* 12: 121-186.
- Cabioch J. 1972. Étude sur les Corallinacées. II. La morphogénèse; conséquences Systématiques et phylogénétiques. *Cahiers de Biologie Marine* 13:137-288 .
- Cabioch J. 1988. Morphogenesis and generic concepts in coralline algae - a reappraisal. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 42: 493-509.
- Cabioch J. and G. Giraud. 1978. Compartiment cellulaire au cours de la régénération directe chez le *Mesophyllum lichenoides* (Ellis) Lemoine (Rhodophycées, Corallinacées). *Compte Rendu Hebdomadaire des Séances de l'Académie des Sciences Paris* 286(D): 1783-1785.
- Campbell S.J. and W.J. Woelkerling. 1990. Are *Titanoderma* and *Lithophyllum* (Corallinaceae, Rhodophyta) distinct genera? *Phycologia* 29: 114-125.
- Campa de Guzmán S. de la. 1965. Notas preliminares sobre un reconocimiento de la flora marina del estado de Veracruz. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas y Pesqueras* 1: 849.
- Chamberlain Y.M. 1983. Studies in the Corallinaceae with special reference to *Fosliella* and *Pneophyllum* in the British Isles. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Botany Series* 11: 291-463.
- Chamberlain Y.M. 1985. Trichocyte occurrence and phenology in four species of *Pneophyllum* (Rhodophyta, Corallinaceae) from the British Isles. *British Phycological Journal* 20: 375-379.
- Chamberlain Y.M. 1990. The genus *Leptophytum* (Rhodophyta, Corallinaceae) in the British Isles with descriptions of *Leptophytum borneti*, *L. elatum* sp. nov. and *L. laeve*. *British Phycological Journal* 25: 179-199.
- Chamberlain Y.M. 1993. Observations on the crustose coralline red algae *Spongites yendoi* (Fosl) comb. nov. in South Africa and its relationship to *S. decipiens* (Foslie) com.nov. and *Lithophyllum natalense* Foslie. *Phycologia* 32(2): 100-115.
- Chávez M.L. 1972. Estudio de la flora marina de la Bahía de Zihuatanejo y lugares adyacentes. *Memorias del IV Congreso Nacional de Oceanografía México* 265-271.
- Curtis P.J. 1986. *Microtécnica Vegetal*. Trillas, México 106 pp.
- Davidson, J.F. 1947. The polygonal graph for simultaneous portrayal of several variables in population analysis. *Madroño*. 9: 105-110.
- Dawson E.Y. 1944. The marine algae of the Gulf of California. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 3: 189-454.

- Dawson E.Y. 1946. Lista de las algas marinas de la costa Pacífica de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 7: 167-215.
- Dawson E.Y. 1949. Contributions toward a marine flora of the southern Californian Channel Islands, I-III. *Occasional Papers of the Allan Hancock Foundation of the University of Southern California* 8:1-57.
- Dawson E.Y. 1953. Marine red algae of Pacific Mexico. Part I. Bangiales to Corallinaceae subf. Corallinoideae. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 17(1):1-171, pl.1-33.
- Dawson E.Y. 1960. Marine Red Algae of Pacific Mexico, Part. 3. Cryptonemiales, Corallinaceae subf. Melobesioideae. *Pacific Naturalist* 2: 1-61.
- Dawson E.Y. 1959. Marine algae from the 1958 Cruise of the *Stella Polaris* in the Gulf of California. *Los Angeles County Museum Contributions in Science* 27:1-37.
- Dawson E.Y. 1961. A guide to the literature and distributions of Pacific benthic algae from Alaska to the Galapagos Islands. *Pacific Science* 15: 370-461.
- Dawson E.Y., C. Acleto and N. Foldvik. 1964. The seaweeds of Peru. *Beihefte zur Nova Hedwigia* 13: 1-111.
- De la Mora, de la M. I. 1996. Dinámica de la comunidad algal de un ambiente mixto (rocoso-arenoso) en Playa Las Cuatas, Gro. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 97 pp.
- Dixon P.S. 1973. *Biology of the Rhodophyta*. Hafner Press, New York. xiii + 285 pp.
- Dreckmann K.E. 1987. Algas marinas bénticas de Playa San Telmo, Michoacán, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México 170 pp.
- Dreckmann K.E. 1991. Géneros de algas calcificadas de México. I. nomenclatura y sistemática. *Hidrobiológica* 1: 29-39.
- Düwel L., and S. Wegeberg 1996. The typification and status of *Leptophytum* (Corallinaceae, Rhodophyta). *Phycologia* 35(5): 470-483.
- Etcheverry H. 1986. Algas marinas bentónicas de Chile. UNESCO. Regional Office of Sciences and Technology for Latin America and the Caribbean, Montevideo 379 pp.
- Flores D.J.G. 1975. Estudio florístico estacional de las algas marinas macroscópicas en los alrededores de Playa Paraíso, Veracruz. Tesis Profesional. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Veracruzana, México 77 pp.
- Fernández E.A., A. Gallegos y J. Zavala 1993. Oceanografía física de México. *Ciencia y Desarrollo*. CONACYT. 18 (108): 25-35.
- Furnari G., M. Cormaci and G. Alongi. 1997. *Lithophyllum frondosum* (Dufour) comb. nov. (Corallinaceae, Rhodophyta): the species to which Mediterranean '*Pseudolithophyllum expansum*' should be referred. *Eur. J. Phycol.* 31: 117-122.

- Gabrielson P.W. and D. Garbary. 1986. Systematics of the red algae (Rhodophyta). CRC Critical Reviews in *Plant Sciences* 3: 325-366.
- Garza-Barrientos M.A. 1976. Primeras consideraciones referentes a la flora marina del sureste de la República mexicana, *Memorias de la I reunión Latinoamericana de Ciencia y Tecnología Oceanográfica*. (México) pp. 210-239.
- Garza-Barrientos M.A., L.S. Martínez y C.M.A. Escalante. 1984. Contribución al conocimiento de las algas marinas bentónicas de Ciudad Madero, Tamaulipas. México. *Phycol. Lat. amer.* 2: 103-125.
- Gómez P.A. 1987. Taxonomía y variaciones espacio-temporales de las algas marinas bentónicas de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, México. 65 pp.
- González-González J. 1991. Los procesos transformados y los procesos alterados. Fundamentos para una teoría procesual del conocimiento biológico. México. *Uroborus* 1(2): 45-90.
- González-González J. 1992a. Estudio florístico ecológico de ambientes y comunidades algales del litoral rocoso del Pacífico Tropical mexicano. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México 117 pp.
- González-González J. 1992b. Flora ficológica de México: concepciones y estrategias para la integración de una ficoflora ficológica nacional. México, *Ciencias* 6: 13-33
- González-González J., M. Gold-Morgan H. León-Tejera, C. Canelaria, D. León-Alvarez, E. Serviere-Zaragoza y D. Fragoso. 1996. Catálogo onomástico (Nomenclátor) y Bibliografía indexada de las algas Bentónicas Marinas de México. *Cuadernos del Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 29. 492 pp.
- González L.J. 1979. Ficoflora de la región de Ensenada, Baja California. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México 179 pp.
- Guzmán del Prío S.A., S. de la Campa de Guzmán y B.J. Pineda. 1972. Flora macroscópica asociada a los bancos de Abulón (*Haliotis spp.*) en algunas áreas de la costa occidental de Baja California. *Memorias del IV Congreso Nacional de Oceanografía*. México 257-263.
- Hamel G. and M. Lemoine. 1953. Corallinacées de France et d'Afrique du Nord. *Archives du Museum National d'Histoire Naturelle, Ser. 7, 1*: 15-136.
- Harvey A.S. & W.J. Woelkerling. 1995. An account of *Austrolithon intumescens* gen. et sp. nov. and *Boreolithon van-eurckii* (Heydrich) gen. et comb. nov. (Australithoideae subfam. nov., Corallinaceae, Rhodophyta). *Phycologia* 34:362-382.
- Hennig W. 1968. *Elementos de una sistemática filogenética*. Manuales EUDEBA, Buenos Aires.
- Huerta M.L. 1960. Lista preliminar de las algas marinas del litoral del estado de Veracruz. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 25:39-45.
- Huerta M.L. 1961. Flora marina de los alrededores de la Isla Pérez, Arrecife Alacranes, Sonda de Campeche, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. México 10(1-4): 11-22.

- Huerta M.L. 1978. Vegetación marina litoral. en: Rzedowski J. (Ed). *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México pp. 328-340.
- Huerta M.L y M.A. Garza-Barrientos. 1964. Algas marinas de la Barra de Tuxpan y de los arrecifes Blanquilla y Lobos. *Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. México 13: 5-21.
- Huerta M.L y M.A. Garza-Barrientos. 1966. Algas marinas del litoral del estado de Campeche. *Ciencia*. México 24(5-6): 193-200.
- Huerta M.L y M.A. Garza-Barrientos. 1975. Contribución al conocimiento de la flora de las Islas Socorro y San Benedicto del Archipiélago de Revillagigedo, Colima, Méx. Universidad de Guadalajara, Esc. Nal. de Agricultura. *Boletín Informativo del Instituto de Botánica* 16 pp.
- Huerta M.L y M.A. Garza-Barrientos. 1980. Contribución al conocimiento de la flora marina de la zona sur del litoral de Quintana Roo, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. México 23: 25-44.
- Huerta M.L., C. Mendoza-González y L.E. Mateo-Cid. 1987. Avance sobre un estudio de las algas marinas de la Península de Yucatán. *Phytologia* 62(1): 23-53.
- Huerta M.L y L.J. Tirado. 1970. Estudio florístico-Ecológico de las algas marinas del Golfo de la costa de Tehuantepec, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 31: 115-137.
- Irvine L.M. and Y.M. Chamberlain. 1994. *Seaweeds of the British Isles*. Rhodophyta: Corallinales, Hildenbrandiales. HMSO, London vii + frontispiece + 276.
- Jensen W.A. 1962. *Botanical Histochemistry. Principles and Practice*. W.H. Freeman and Company, San Francisco 408 pp.
- Johansen D.A. 1940. *Plant microtechnique*. McGraw-Hill. Publications in the Botanical Sciences, N.Y. 523 pp.
- Johansen H.W. 1969. Morphology and systematics of coralline algae with special reference to *Calliarthron*. *University of California. Berkeley. Publications Botanical* 49 pp.
- Johansen H.W. 1976. Current status of generic concepts in coralline algae (Rhodophyta). *Phycologia* 15: 221
- Johansen H. W. 1981. *Coralline Algae: A First Synthesis*. CRC Press, Boca Raton. vii+ 239 p.
- Johnson J.H. 1961. Limestone building algae and algal limestones. Golden, Colorado.
- Jones P.L. and W. J. Woelkerling. 1984. An analysis of trichocyte and spore germination attributes as taxonomic characters in the *Pneophyllum-Fosliella* complex (Corallinales, Rhodophyta) *Phycologia* 23: 183-194.
- Jordán E., Angot M. y R. de la Torre. 1978. Prospección biológica de la Laguna de Nichupté (Cancún), Q. Roo, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Nacional Autónoma de México 5(1): 179-188.

- Keats D.W. 1995. *Lithophyllum cuneatum* sp. nov. (Corallinaceae, Rhodophyta), a new species of non geniculate coralline alga semi-endophytic in *Hydrolithon onkodes* and *Neogoniolithon* sp. from Fiji, South Pacific. *Phycological Research* 43: 151-160.
- Keats, D.W. 1998. <http://www.botany.uwc.ac.za>
- Keats D.W., A. Groener and Y.M. Chamberlain. 1993. Cell sloughing in the littoral zone coralline alga, *Spongites yendoi* (Foslie) Chamberlain (Corallinales, Rhodophyta). *Phycologia* 32: 143-150.
- Keats D.W. and Y.M. Chamberlain. 1994. Three species of *Hydrolithon* (Rhodophyta, Corallinaceae): *Hydrolithon onkodes* (Heydrich) Penrose and Woelkerling, *H. superficiale* sp. nov., and *H. samöense* (Foslie) comb. nov. from South Africa. *South African Journal of Botany* 60: 8-21.
- Keats D.W. and Y.M. Chamberlain. 1997. The non-geniculate coralline algae *Synartrophyton eckloniae* (Foslie) comb. nov. and *S. magellanicum* (Foslie) comb. nov. (Rhodophyta) in South Africa including comparison with relevant types. *European Journal of Phycology* 32: 55-79.
- Keats D.W., Y.M. Chamberlain and Baba. 1997. *Pneophyllum conicum* (Dawson) comb. nov. (Rhodophyta, Corallinaceae), a widespread Indo-Pacific non-geniculate coralline algae that overgrows and kills live coral. *Botanica Marina* 40:263-279.
- Lebednik P.A. 1978. Development of male conceptacles in *Mesophyllum* Lemoine and other genera of the Corallinaceae (Rhodophyta). *Phycologia* 17: 388-395.
- Lee R.K.S. 1976. Taxonomy and distribution of the melobesioid algae on Rongelap Atoll, Marshall Islands. *Canadian Journal of Botany* 45: 985
- Lemoine M. 1970. Les algues floridées calcaires du Crétacé du sud de la France. *Archs Mus. natn. Hist. nat.* Paris VII, 10: 128-140.
- León-Alvarez D. 1996. Feofitas costrosas del Pacífico tropical mexicano: contribución a la flora tónica de macroalgas de la región. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México 290 pp.
- León-Alvarez D. y J. González-González. 1993. Algas costrosas del Pacífico Tropical. en: Salazar Vallejo S.I. y N.E. González (eds). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO-CIQRO, México pp. 456-474.
- León-Tejera 1996. Caracterización ficoflorística del límite sur del Pacífico tropical mexicano: El litoral rocoso de Oaxaca. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México 97 pp.
- Levring, 1960. Contributions to the marine algae flora of Chile. *Acta. Univ. Lund. N.F. Aud.2.* 56 (10): 1-185.
- Littler M.M. 1971. Standing stock measurements of crustose coralline algae (Rhodophyta) and other saxicolous organisms. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 6: 91-99.
- Littler M.M. 1973a. The population and community structure of Hawaiian fringing-reef crustose Corallinaceae (Rhodophyta, Cryptonemiales). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 11: 103-120.

- Littler M.M. 1973b. The distribution, abundance and communities of deepwater Hawaiian crustose Corallinaceae (Rhodophyta, Cryptonemiales) *Pacific Science* 27: 281-289.
- Littler M.M., D.S. Littler and P.R. Taylor. 1987. Animal-plant defense associations: effects on the distribution and abundance of tropical reef macrophytes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 105: 107-121.
- Masaki T. 1968. Studies on the Melobesioideae of Japan. *Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University* 16: 1-80.
- Masaki T. and J. Tokida. 1960a. Studies on the Melobesioideae of Japan. II. *Bulletin of the Faculty of Fisheries Hokkaido University* 10(4): 285-290.
- Masaki T. and J. Tokida. 1960b. Studies on the Melobesioideae of Japan. III. *Bulletin of the Faculty of Fisheries Hokkaido University* 11(2): 37-42.
- Mason L.R. 1953. The crustaceous coralline algae of the Pacific coast of the United States, Canada and Alaska. *University of California Publications. Botanical* 26. 313-390.
- Mateo-Cid L.E. 1986. Estudio florístico de las algas marinas bentónicas de Isla Cozumel, Quintana Roo, México. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México 115 pp.
- Mateo-Cid L.E. y A.C. Mendoza-González. 1991a. Algas marinas bénticas de la Isla Cozumel, Quintana Roo. México. *Acta Botánica de México* 16: 57-87.
- Mateo-Cid L.E. y A.C. Mendoza-González. 1991b. Estudio preliminar de las algas marinas bentónicas de la costa de Jalisco. México, IPN. México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 37: 9-15.
- Mateo-Cid L.E. y A.C. Mendoza-González. 1992. Algas marinas bentónicas de la costa sur de Nayarit, México. *Acta Botánica de México* 13: 9-30
- Mateo-Cid L.E. y A.C. Mendoza-González. 1997. Nuevos registros de algas marinas para Oaxaca, México. *Polibotánica* 4: 54-74
- May D.I. y Wm.J. Woelkerling. 1988. Studies on the genus *Synarthrophyton* (Corallinaceae, Rhodophyta) and its type species, *S. patena* (J.D. Hooker et W.H. Harvey) Townsend. *Phycologia*. 27(1): 50-71.
- Mendoza-González A.C. y L.E. Mateo-Cid. 1985a. Contribución al conocimiento de la flora bentónica de las Islas Sacrificios y Santiaguillo, Veracruz. México. *Phytología* 59(1): 9-16.
- Mendoza-González A.C. y L.E. Mateo-Cid. 1985b. Contribución al estudio florístico ficológico de la costa occidental de Baja California. México. *Phytología* 59(1): 17-33.
- Mendoza-González A.C. y L.E. Mateo-Cid. 1986. Algas marinas poco comunes e las costas mexicanas (III) *Phytología* 60(6): 437-442.
- Mendoza-González A.C. y L.E. Mateo-Cid- 1992. Estudio preliminar de las algas marinas bentónicas de la costa de Jalisco, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas IPN* 37: 9-25

- Mendoza M.L. 1974. Distribution de quelques espèces de Corallinacées articulées sur le côtes d'Argentine. *Société Phycologique de France, Bulletin* 19: 67-73.
- Mendoza M.L. 1976a. Presencia del genero *Pseudolithophyllum* (Corallinaceae) in Argentina. *Contribución Científica del Centro de Investigación de Biología marina*, (Buenos Aires) 140: 1-9.
- Mendoza M.L. 1976b. *Antarcticophyllum*, nuevo genero para las Corallinaceae. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 17: 252-261.
- Mendoza M.L. 1977. Las Corallinaceae (Rhodophyta) de Puerto Deseado, Provincia de Santa Cruz, Argentina. I. Generos *Dermatolithon* y *Mesophyllum*. *Physis (Sec. A)* 36: 21-29.
- Mendoza M.L. 1979. Presencia del genero *Hydrolithon* (Corallinaceae) en Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 17(3-4): 1-12.
- Mendoza M.L. 1988. Consideraciones biológicas y biogeográficas de las Corallinaceae (Rhodophyta) de las costas de la isla grande de Tierra del Fuego. *Gayana Botany* 45: 163-171.
- Mendoza M.L. and J. Cabioch. 1985a. Redefinition comparee de deux especes de Corallinacees d'Argentine: *Pseudolithophyllum fuegianum* (Heydrich) comb. nov. et *Hydrolithon discoideum* (Foslie) comb. nov. *Cryptogamie Algologie* 4:141-154.
- Mendoza M.L. and J. Cabioch. 1985b. Critique et comparision morphogénétique des genres *Clathromorphum* et *Antarcticophyllum* (Rhodophyta, Corallinaceae). Conséquences biogéographiques et systématiques. *Cahiers de Biologie Marine* 26: 251-266.
- Mendoza M.L. and J. Cabioch. 1986a. Affinités biologiques et biogéographiques des Corallinacées (Rhodophyta) subantarctiques des côtes Argentines et des régions voisines. *Botanica Marina* 29: 475-479.
- Mendoza M.L. and J. Cabioch. 1986b. Le genre *Hydrolithon* (Rhodophyta, Corallinaceae) sur les côtes subantarctiques et antarctiques d'Argentine et de quelques regions voisines. *Cahiers de Biologie Marine* 27: 163-191.
- Mendoza M.L. and S. Molina. 1993. Preliminary comments on a redescription of *Pseudolithophyllum fuegianum* and *Titanoderma conspectum* (Rhodophyta, Corallinales) in Tierra del Fuego, Argentina. *Hydrobiologia* 260/261: 51-56.
- Meneses I. 1993. Vertical distribution of coralline algae in the rocky intertidal of northern Chile. *Hydrobiologia* 260/261: 121-129.
- Minnery G.A., Rezak R. and T.J. Bright. 1985. Depth zonation and growth form of crustose coralline algae: Flower Garden Banks, northwestern Gulf of Mexico. en: *Paleoalgology Contemporary Research and Applications*. Toomey D.F. and M.H. Nitecki, eds. Springer-Verlag, Berlin pp. 237-246.
- Norris J.N. 1975. Marine Algae of the Northern Gulf of California. PhD. Disertation. University of California. Santa Barbara 575 pp.
- Ortega M.M. C.J. Ruiz y M.M.G. Oliva. 1986. La vegetación sumergida en la Laguna Agiabampo, Sonora-Sinaloa. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*. Universidad Nacional Autónoma de México. 57: 59-108.
- Pacheco R.I. y R.L. Aguilar. 1984. Distribución estacional de Rhodophyta en el noroeste de Baja California. *Ciencias Marinas* 8(1): 64-77.

- Papavero N. y J. Llorente-Bousquets. 1992. Un nuevo concepto en biología comparada: el 'eidofronte'. *Publ. Esp. Mus. Zool. Universidad Nacional Autónoma de México* 5: 21-29.
- Papavero N., J. Llorente-Bousquets y J.M. Abe. 1997. Fundamentos de Biología comparada. Vol. 1 de Platon a Heackel. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias, Coordinación de servicios editoriales. 301 p.
- Penrose D. 1990. Taxonomic studies on *Spongites* and *Neogoniolithon* (Corallinaceae, Rhodophyta) in Southern Australia. (Unpublished Ph.D. thesis, Department of Botany, La Trobe University, Bundoora, Victoria, Australia). 237 pp.
- Penrose D. 1991. *Spongites fruticulosus* (Corallinaceae, Rhodophyta), the type species of *Spongites*, in Southern Australia. *Phycologia* 30:(5): 438-448.
- Penrose D. 1992. *Neogoniolithon fosliei* (Corallinaceae, Rhodophyta), the type species of *Neogoniolithon* in southern Australia. *Phycologia* 31: 338-350.
- Penrose D. and Y.M. Chamberlain. 1993. *Hydrolithon farinosum* (Lamouroux) comb. nov.: implications for generic concepts in the Mastophoroideae (Corallinaceae, Rhodophyta). *Phycologia* 32: 295-303.
- Penrose D. and W.J. Woelkerling. 1992. A reappraisal of *Hydrolithon* and its relationship to *Spongites* (Corallinaceae, Rhodophyta). *Phycologia* 31: 81-88
- Pérez G. M. 1967. Algas de la Familia Corallinaceae (División Rhodophyta) de la Bahía de Zihuatanejo. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México 114 pp.
- Poignant A.F. 1977. Les algues fossiles, point de vue du géologue. *Société de Phycologie de France Bulletin* 22: 87-98.
- Pujals, C. 1963. Catálogo de Rhodophyta, citadas para la Argentina. *Revta Mus. Argentin. Ciencias Nat. Bernardino Rivadavia. Hist. Nat. Invest. Cienc. Nat. Cienc. Bot.* 3(1): 1-139.
- Riosmena-Rodríguez R. 1997. A taxonomic reassessment of Rhodolith-forming species of *Lithophyllum* (Corallinales: Rhodophyta) in the Gulf of California, México. Tesis Maestría. San José State University. 45 pp.
- Rodríguez V.D. 1989. Gelidiales-Rhodophyta: una contribución a la flora tónica del Pacífico tropical mexicano. Propuesta teórico metodológica a partir de la teoría de procesos alterados. Tesis Doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México 397 pp.
- Salcedo M.S., G. Green C.A. Gamboa y P. Gómez. 1988. Inventario de macroalgas y macroinvertebrados bénticos, presentes en áreas rocosas de la región de Zihuatanejo, Guerrero. México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 15(1): 73-96.
- Sánchez R.M.E. 1980. Ficoflora del sustrato rocoso dentro de las costas del Golfo de México. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Sao Paulo*. 29(2): 347-350.

- Serna P.J. 1996. Variación estacional de la comunidad algal de un canal de corriente en Playa las Cuatas, Gro. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México
- Serviere-Zaragoza E. 1993. Descripción y análisis de la ficoflora del litoral rocoso de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México 149 pp.
- Setchell W.A. y L.R. Mason. 1943. Goniolithon and Neogoniolithon: two genera of crustaceous coralline algae. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 29(3-4): 87-97
- Steneck R.S. 1986. The ecology of coralline algal crusts: convergent patterns and adaptive strategies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 273-303.
- Steneck R.S. and W.H. Adey. 1976. The role of environment in control of morphology in *Lithophyllum congestum*, a Caribbean ridge builder. *Botanica Marina* 19: 197
- Silva P.C. & H.W. Johansen. 1986. A reappraisal of the order Corallinales (Rhodophyceae). *British Phycological Journal* 21: 245-254.
- Sunesson S. 1937. Studien über die Entwicklungsgeschichte der Corallinaceen. Lunds Universitets Årsskrift, N.F. Avd 2, 33(2): 1-101.
- Stuessy T.F. 1990. *Plant taxonomy*. Columbia University Press. N.Y. pp. 381-406.
- Taylor W.R. 1945. Pacific marine algae of the Allan Hancock expeditions to the Galapagos Islands. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 12: 1-528.
- Taylor W.R. 1960. *Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coasts of the Americas*. U. Michigan Press, Ann Arbor. 870 pp.
- Townsend R.A. 1981. Tetrasporangial conceptacle development as a taxonomic character in the Mastophoroideae and Lithophylloideae (Rhodophyta). *Phycologia* 20: 407-414.
- Turner J.A. and W. J. Woelkerling. 1982. Studies on the *Mastophora - Lithoporella* complex (Corallinaceae, Rhodophyta). I. Meristems and thallus structure and development. *Phycologia* 21: 201-217.
- Valenzuela D.H. 1987. Contribución al conocimiento de la vegetación marina del litoral rocoso de Playa Escondida, Veracruz. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México 101 pp.
- Verheij E. 1993. The genus *Sporolithon* (Sporolithaceae fam. nov., Corallinales, Rhodophyta) from the Spermonde Archipelago, Indonesia. *Phycologia* 32(3): 184-96.
- Woelkerling Wm J. 1978. *Mastophoropsis canaliculata* (Harvey in Hooker) gen. et comb. nov. (Corallinaceae, Rhodophyta) in southern Australia. *British Phycological Journal* 13: 209-225.
- Woelkerling Wm J. 1983a. A taxonomic reassessment of *Lithothamnium Philippi* (Corallinaceae, Rhodophyta) based on studies of R.A. Philippi's original collections. *British Phycological Journal* 18:165-197.

- Woelkerling Wm J. 1983b. A taxonomic reassessment of *Lithophyllum* Philippi (Corallinaceae, Rhodophyta) based on studies of R.A. Philippi's original collections. *British Phycological Journal* 18: 299-328.
- Woelkerling Wm J. 1984. *Foslie and the Corallinaceae: an Analysis and Indexes*. Bibliotheca Phycologica J. Cramer, Vaduz 69. 142 pp.
- Woelkerling Wm J. 1985. A Taxonomic Reassessment of *Spongites* (Corallinaceae, Rhodophyta) Based on Studies of Kützing's original collections. *British Phycological Journal* 20: 123-152.
- Woelkerling Wm J. 1987. The genus *Choreonema* in southern Australia and its subfamilial classification within the Corallinaceae (Rhodophyta). *Phycologia* 26: 111-127
- Woelkerling W. J. 1988. *The Coralline Red Algae: An Analysis of the genera and Subfamilies of Nongeniculate Corallinaceae*. British Museum, Oxford University Press, London & Oxford. xi + 268 pp.
- Woelkerling W.J. 1996. Non-geniculate corallinales. en: Womersley H.B.S. 1996. *The marine benthic flora of Southern Australia: Flora of Australia*. Canberra 5:146-323 pp.
- Woelkerling Wm J. and S.J. Campbell. 1992. An account of southern Australian species of *Lithophyllum* (Corallinaceae, Rhodophyta). *Bulletin of the British Museum (Natural History, Botany)* 22: 1-107
- Woelkerling Wm J. and A.S. Harvey. 1993. An account of southern Australian species of *Mesophyllum* (Corallinaceae, Rhodophyta). *Australian Systematics Botany* 6 (6): 571-637.
- Woelkerling Wm J., Y.M. Chamberlain and P.C. Silva. 1985. A taxonomic and nomenclatural reassessment of *Tenarea*, *Titanoderma* and *Dermatolithon* (Corallinaceae, Rhodophyta) based on studies of type and other critical specimens. *Phycologia* 24: 317-337.
- Woelkerling Wm J. and L.M. Irvine. 1986. The neotypification and status of *Phymatolithon* (Corallinaceae, Rhodophyta). *British Phycological Journal* 21: 55-80.
- Woelkerling Wm J., L.M. Irvine and A.S. Harvey. 1993. Growth-forms in Non-geniculate Coralline red Algae (Corallinales, Rhodophyta). *Australian Systematics Botany* 6: 277-293.
- Woelkerling Wm J., D. Penrose and Y.M. Chamberlain. 1993. A reassessment of type collections of non-geniculate Corallinaceae (Corallinales, Rhodophyta) described by C. Montagne and L. Dufour, and of *Melobesia brassica-florida* Harvey. *Phycologia* 32(5): 323-331.
- Womersley H.B.S. and A. Bailey. 1970. Marine algae of the Solomon Islands. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B. *Biological Sciences* 259: 257-352.
- Wray J.L. 1971. Algae in reefs through time. *Procc. North America. Paleontology Conv.* 1:1358-1373.
- Wray J.L. 1977. *Calcareous Algae*. Elsevier, Amsterdam. 185 pp.
- Yamagishi, T.N. 1976. Contribução ao conhecimento do genero *Sporolithon* (Corallinaceae, Cryptonemiales) no Brasil. Tese Doutoral. Departamento de Morfologia e Sistemática Vegetais da Universidade Estadual de Campinas. Sao Paulo. Brasil. 138 pp.

APENDICES

APÉNDICE 1: MICROTECNIA VEGETAL

La técnica llevada a cabo para la obtención de laminillas de las coralinas no geniculadas, fue publicada previamente como parte de las actividades complementarias del trabajo de maestría, el cual se anexa a continuación.

En el momento de la publicación del artículo, no se había hecho la determinación correcta de los especímenes, por lo que ahora incluimos las correcciones correspondientes.

Pág. 497. Fig. 2. dice *Lithophyllum* sp. debe decir: *Hydrolithon* sp.

Fig. 3. dice *Lithophyllum* sp. debe decir: *Spongites* sp.

Pág. 498. Fig. 4. dice *Lithophyllum* sp. debe decir: *Hydrolithon* sp.

Pág. 499. Fig. 8. dice *Lithophyllum* sp. debe decir: *Spongites* sp.

Fig. 9. dice *Lithophyllum* sp. debe decir: *Spongites* sp.

Pág. 500. Fig. 10. dice *Lithophyllum* sp. debe decir *Spongites* sp.

Fig. 12. dice *Spongites* sp. debe decir *Lithophyllum* sp.

Pág. 504. Fig. 24. dice *Lithophyllum* sp. debe decir *Hydrolithon* sp.



TECNICAS DE TINCION MODIFICADAS PARA EL ESTUDIO DE ALGAS CORALINAS NO GENICULADAS (RHODOPHYTA)

MODIFIED STAINING TECHNIQUES FOR THE STUDY OF NONGENICULATE CORALLINE RED ALGAE (RHODOPHYTA)

Dalila Frágoso-Tejas
Judith Márquez-Guzmán¹
Eberto Novelo

Laboratorio de Ficología
¹Laboratorio de Citología
Departamento de Biología
Facultad de Ciencias, UNAM
Apartado postal 70-620
Coyoacán, México, D.F., 04510
México

Recibido en abril de 1994; aceptado en julio de 1994

RESUMEN

Con objeto de facilitar y mejorar la observación de características vegetativas y reproductivas de importancia taxonómica, necesarias para determinar genérica y específicamente algas coralinas no geniculadas (Corallinaceae, Rhodophyta), se probaron, evaluaron y modificaron varias técnicas de tinción aplicadas a cortes histológicos. Los resultados obtenidos con las técnicas utilizadas permitieron diferenciar éstas en cuatro grupos: a) colorantes que mostraron poca afinidad por el talo: azul de bromofenol mercúrico, azul de toluidina "O" y azul negro de naftol; b) colorantes con mayor afinidad con el talo que los del grupo anterior: rojo de rutenio y rojo "O" de aceite; c) colorantes combinados, que permitieron una mejor tinción del talo: azul negro de naftol combinado con la prueba de PAS (ácido peryódico y reactivo de Schiff) y azul de toluidina "O" con tetraborato de sodio; d) colorantes que dieron los mejores resultados: hematoxilina de Harris, hematoxilina fosfotúngstica de Mallory, permanganato de potasio (KMnO₄), prueba de PAS y safranina con verde rápido.

Palabras clave: Rhodophyta, algas coralinas no geniculadas, técnicas de tinción, colorantes.

ABSTRACT

Different staining techniques of histological slides were tested and modified in order to improve and facilitate the observation of vegetative and reproductive structures that are taxonomically important for genus and species determinations of nongeniculate coralline algae (Corallinaceae, Rhodophyta). Four groups of staining techniques were differentiated from the results: a) dyes with a low affinity for the thallus: mercuric bromophenol blue, toluidine blue "O" and naphthol blue black; b) dyes with a greater affinity for the thallus: ruthenium red and red "O" oil; c) combined dyes which allowed a better staining of the thallus: naphthol blue black combined with PAS test (Periodic Acid Schiff's reagent) and toluidine blue "O" combined with sodium tetraborate; d) the dyes that gave the best staining results were: Harris' hematoxylin, Mallory's phosphotungstic hematoxylin, potassium permanganate (KMnO₄), PAS test and safranin-fast green.

Key words: Rhodophyta, nongeniculate coralline red algae, staining techniques, dyes.

INTRODUCCION

Las algas coralinas no geniculadas (Corallinales, Rhodophyta) han sido un grupo difícil de definir a lo largo de su historia taxonómica. Originalmente, los taxa fueron caracterizados por su forma de vida y su morfología externa principalmente. Después, para reconocer subfamilias, géneros y especies, se dio mayor importancia a las características anatómicas internas, tales como arreglo y construcción del talo, forma de las células epitalliales, tipo de conexiones intercelulares (puntos de unión secundarios o fusiones celulares), número de poros conceptaculares, disposición de las estructuras reproductivas en la cámara conceptacular, y presencia de tapones esporangiales, entre otras (Mason, 1953; Cabioch, 1972; Johansen, 1981; Woelkerling e Irvine, 1986; Woelkerling, 1988, principalmente).

Sin embargo, estas algas constituyen un tipo de material biológico de difícil manipulación para su análisis estructural, debido a su parecido externo, su forma de crecimiento costrosa o protuberante de tipo radial irregular, que dificulta la precisión en la orientación de los planos de corte y la impregnación de sus paredes celulares con carbonato de calcio, por lo que requiere un tratamiento previo de descalcificación. Además, el talo algal, después de preservado y seccionado tiene muy poco contraste al observarse en el microscopio de luz. Para salvar esta dificultad, es necesario utilizar alguna técnica de tinción que permita distinguir las características celulares necesarias para el trabajo taxonómico.

Las técnicas de tinción citadas en la literatura ficológica son: hematoxilina fosfotúngstica (Suneson, 1937; Adey, 1970; Adey y Johansen, 1972; Townsend, 1981; Cambell y Woelkerling, 1990), hematoxilina de Delafield (Mason, 1953), permanganato de potasio acuoso (Woelkerling, 1978; Jones y Woelkerling, 1984; Cambell y Woelkerling, 1990), hematoxilina de Harris-Ehrlich y eosina como contrastante (Johansen, 1969; Johansen, 1970), hematoxilina-fuccina básica (Riosmena-Rodriguez, 1991), hematoxilina-eosina (Riosmena-Rodriguez, 1993), azul de anilina acuoso (Jones

INTRODUCTION

Throughout their taxonomic history, non-geniculate coralline algae (Corallinales, Rhodophyta) have been a difficult group to define. Originally, these taxa were characterized mainly by their life form and external morphology. Later on, several internal anatomical characteristics became important to determine subfamilies, genera and species: thallus array and construction, epithallial cells, different types of intercellular connections (secondary pit connections or cell fusions), number of conceptacular pores, disposition of reproductive structures in the conceptacular chamber, and the sporangial caps, among others (Mason, 1953; Cabioch, 1972; Johansen, 1981; Woelkerling and Irvine, 1986; Woelkerling, 1988, among others).

However, it is very difficult to manipulate these algae for purposes of structural analysis, mainly due to their external similarities, and their growth form which can be either crustose or protuberant. These characteristics make it difficult to orient the sections precisely and to impregnate the cellular walls with calcium carbonate, making it necessary to use a decalcification pre-treatment before dying. Further, the sections of the thallus do not show a high contrast when observed in optical microscopy. To solve this difficulty, it is important to use a dying technique that will facilitate the distinction of the different cell characteristics that are necessary for the taxonomic observations.

The dying techniques mentioned in the phycological literature are: Phosphotungstic hematoxylin (Suneson, 1937; Adey, 1970; Adey and Johansen, 1972; Townsend, 1981; Cambell and Woelkerling, 1990), Delafield's hematoxylin (Mason, 1953), aqueous potassium permanganate (Woelkerling, 1978; Jones and Woelkerling, 1984; Cambell and Woelkerling, 1990), Harris-Ehrlich's hematoxylin with a counterstain of eosin-safranin (Johansen, 1969; Johansen, 1970), acid fuchsin-hematoxylin (Riosmena-Rodriguez, 1991), hematoxylin-eosin (Riosmena-Rodriguez, 1993), aqueous aniline blue (Jones and Woelkerling, 1984), light green-hematoxylin (Suneson, 1982), Periodic Acid Schiff's reagent (PAS test) (Matty

y Woelkerling, 1984), hematoxilina verde luz (Suneson, 1982), ácido peryódico con reactivo de Schiff (prueba PAS) (Matty y Johansen, 1981; Walker y Moss, 1984), azul de toluidina "O" en tetraborato de sodio (Woelkerling y Ducker, 1987), rojo de rutenio y azul de bromofenol (Matty y Johansen, 1981). Estas técnicas han permitido observar estructuras en el talo de las algas coralinas que son utilizadas principalmente en la determinación de ejemplares en estudios de desarrollo (Cabiocch, 1972) o identificación y determinación de sustancias (Matty y Johansen, 1981). Sin embargo, en la mayor parte de los trabajos no se mencionan el tipo de resultados obtenidos con cada técnica ni por qué se prefieren unas tinciones a otras.

Por lo anterior, los propósitos de este trabajo fueron aplicar y ensayar las diversas técnicas de tinción que han sido utilizadas, varias de las cuales son de uso común en angiospermas, así como precisar sus modificaciones para el estudio de las estructuras de importancia taxonómica de las algas coralinas no geniculadas, fundamentalmente para su observación con microscopía de luz.

MATERIAL Y METODOS

El material biológico usado para el análisis histológico fue obtenido de las muestras provenientes de Santa Elena, Oaxaca, y Puerto Escondido, Guerrero, de la colección del Herbario de la Facultad de Ciencias de la UNAM (FCME). Se procesaron nueve ejemplares, pertenecientes a las muestras registradas con los números PTM 2802, PTM 3273, PTM 3351, PTM 4121, PTM 4124, PTM 4236, PTM 4246, PTM 4248 y PTM 4250, correspondientes a los géneros *Lithophyllum* sp. y *Spongites* sp., las cuales se conservan en formol glicerinado al 4%. De cada ejemplar se obtuvieron en promedio de 10 a 15 laminillas para análisis y observación.

El material procesado fue descalcificado con una solución de ácido nítrico 0.6 N (Woelkerling, 1978) de 2 a 24 h, de acuerdo con el tamaño y grosor del ejemplar. La solución fue sustituida periódicamente, y después el material se lavó en agua destilada, por 10 min.

and Johansen, 1981; Walker and Moss, 1984), toluidine blue "O" in sodium tetraborate (Woelkerling and Ducker, 1987), ruthenium red and mercuric bromophenol blue (Matty and Johansen, 1981). These dyeing techniques have allowed the observation of thallus structures of coralline red algae which are used mainly for species determination in developmental studies (Cabiocch, 1972), or in identifying different substances in the algae (Matty and Johansen, 1981). However, in the majority of the studies there is no mention of the results obtained with each technique, nor of the reasons for selecting certain dyeing techniques against others.

Considering the above, the objectives of this study were to test the different dyeing techniques mentioned in the literature, many of which are commonly used on angiosperms, as well as to specify modifications of these techniques, in order to facilitate the study of structures of nongeniculate coralline red algae which are important in taxonomy. These modified techniques make it easier to observe the algae under optical microscopy.

MATERIAL AND METHODS

The biological material used in the histological analysis was obtained from samples from Santa Elena, Oaxaca, and Puerto Escondido, Guerrero. These collections are kept at the herbarium of the *Facultad de Ciencias* (FCME), of the *Universidad Nacional Autónoma de México* (UNAM). Nine samples of species from the genera *Lithophyllum* sp. and *Spongites* sp. were processed, corresponding to collection numbers PTM 2802, PTM 3273, PTM 3351, PTM 4121, PTM 4124, PTM 4236, PTM 4246, PTM 4248 and PTM 4250. The material is preserved in a formaldehyde solution at 4%. An average of 10 to 15 slides were obtained from each sample to be analyzed.

The samples were decalcified with a solution of nitric acid 0.6 N (Woelkerling, 1978) for 2 to 24 h, depending on the size and thickness. The solution was changed periodically. Once decalcified, the samples were washed with distilled water for 10 min.

La deshidratación se realizó en una serie gradual de alcohol etílico (15, 30, 60, 90, 96 y 100°) a intervalos de 20 min, y los especímenes se pasaron luego a xilol durante 15 min. Después, los fragmentos fueron llevados a una solución de xilol y Paraplast (*Tissue embedding medium, Oxford, LABWARE, London*) en proporción de 1:1, mantenidos a 58°C por 24 h, y luego incluidos en Paraplast puro durante 24 h, a 58°C.

La inclusión en parafina se hizo según el método de Johansen (1940), con las siguientes modificaciones: el medio de inclusión fue Paraplast Plus y se omitió el paso de parafina y xilol 1:2.

Se usó un microtomo rotatorio para obtener cortes seriados de 5 a 15 μm (dependiendo de las características del material), en planos radiales longitudinal y transversal. Los cortes fueron montados utilizando el adhesivo de Haupt (Curtis, 1986), desparafinados durante una hora a 58°C e inmediatamente llevados a xilol, dos cambios por 5 min. Se rehidrataron en la serie de alcoholes graduados hasta agua destilada, a intervalos de 3 min por cada cambio.

Una vez rehidratados los cortes, se procedió con las técnicas de tinción. Después de la tinción, las preparaciones se deshidrataron nuevamente y fueron montadas en bálsamo de Canadá.

Se analizaron las laminillas en un microscopio con contraste interferencial y se fotografiaron con película Kodak T-Max. Las laminillas y fotografías se depositaron en la colección correspondiente del herbario (FCME), con los mismos números de herbario de las muestras de donde provienen los ejemplares.

Las técnicas de tinción utilizadas se listan a continuación.

Colorantes morfológicos:

Hematoxilina de Harris (Curtis, 1986), hematoxilina de Delafield (Johansen, 1940), hematoxilina fosfotúngstica de Mallory (Ramón y Cajal y de Castro, 1972), azul de toluidina "O" (Curtis, 1986), azul de anilina (Jones y Woelkerling, 1984), permanganato de potasio (Woelkerling, 1978; Curtis, 1986), azul de

Dehydration was done with a gradual series of ethyl alcohol (15, 30, 60, 90, 96 and 100°) every 20 min and finally with xylol for 15 min. After this, the sections were immersed in a xylol-Paraplast solution (*Tissue Embedding Medium, Oxford LABWARE, London*) in a 1:1 ratio, kept at 58°C during 24 h and then placed in pure Paraplast for 24 h at 58°C.

The paraffin methods used followed Johansen's technique (1940) but with the following modifications: the paraffin embedding medium was Paraplast Plus, and the paraffin-xylol 1:2 step was omitted.

A rotary microtome was used to obtain the sections, which were cut in series of 5 to 15 μm (depending on the characteristics of the samples) in longitudinal and transversal orientation. The sections were mounted with Haupt's adhesive (Curtis, 1986), removed from the paraffin for one hour at 58°C and placed immediately in xylol with two changes at 5 min intervals. Rehydration was done with a series of graduated alcohols and finally distilled water. Changes were done every 3 min.

After rehydration, the sections were dyed following the different techniques. After dying, the sections were dehydrated once more and then mounted in Canada Balsam.

The slides were analyzed with a differential interference contrast microscope and photographs were taken with Kodak T-Max film. Both the slides and photographs are now part of the collection of the herbarium (FCME), and are catalogued under the same collection numbers described above.

The following staining techniques were used.

Morphological dyes:

Harris' hematoxylin (Curtis, 1986), Delafield's hematoxylin (Johansen, 1940), Mallory's phosphotungstic hematoxylin (Ramón y Cajal and de Castro, 1972), toluidine blue "O" (Curtis, 1986), aniline blue (Jones and Woelkerling, 1984), potassium permanganate (Woelkerling, 1978; Curtis, 1986), toluidine blue "O" in sodium tetraborate (Woelkerling and Ducker, 1987) and safranin-fast green

toluidina "O" en tetraborato de sodio (Woelkerling y Duker, 1987), safranina con verde rápido (Jensen, 1962; modificada por Engleman, comunicación personal).

Colorantes histoquímicos:

Rojo de rutenio (Curtis, 1986), rojo "O" de aceite (Johansen, 1940; técnica modificada por Engleman, comunicación personal), prueba de PAS (Johansen, 1940; técnica modificada por Engleman, comunicación personal), azul de bromofenol mercúrico (Curtis, 1986), azul negro de naftol (Engleman, comunicación personal) y prueba de PAS combinada con azul negro de naftol (Engleman, comunicación personal).

Las técnicas fueron probadas de la manera original, es decir, de acuerdo con el autor de la técnica o como son descritas en los trabajos filológicos, y modificadas para este trabajo según los resultados deseados.

RESULTADOS

El manejo de las diferentes técnicas de tinción empleadas permitió valorarlas y clasificarlas de acuerdo con los resultados proporcionados por cada una.

Los colorantes que mostraron poca afinidad con el talo de las coralinas fueron el azul de bromofenol mercúrico, el azul de toluidina "O" y el azul negro de naftol, que tiñeron sólo paredes celulares y estructuras reproductoras en azul muy claro y azul verdoso, respectivamente. Con azul negro de naftol se tiñeron además las células epiteliales. Las laminillas así teñidas no son evidentes en microscopía de campo claro, por lo que es indispensable el uso de filtros o iluminación de contraste de fases o interferencial, para hacerlas evidentes.

Entre los colorantes cuya afinidad con el talo fue mayor que la del grupo anterior están el rojo de rutenio y rojo "O" de aceite, con los que se tiñeron paredes celulares, puntos de unión intercelular, granulación intracelular, estructuras reproductoras, todo en tonos de rojo pálido. Estas técnicas son observables en microscopía de campo claro y las características del tejido se

(Jensen, 1962; modified by Engleman, personal communication).

Histochemical dyes:

Ruthenium red (Curtis, 1986), red "O" oil (Johansen, 1940; modified by Engleman, personal communication), PAS test (Johansen, 1940; modified by Engleman, personal communication), mercuric bromophenol blue (Curtis, 1986), naphthol blue black (Engleman, personal communication) and PAS test combined with naphthol blue black (Engleman, personal communication).

The staining techniques were tested according to the original description or as described in phycological studies. They were also modified for the present study.

RESULTS

After using the different staining techniques, they were compared and classified according to the results.

The dyes with a low affinity for the thallus of coralline red algae were mercuric bromophenol blue, toluidine blue "O" and naphthol blue black. These dyes stained only cell walls and reproductive structures in very light blue and green blue, respectively. Naphthol blue black also stained epithelial cells. When sections are stained so lightly, it is difficult to distinguish different structures under optical microscopy, unless filters or differential interference contrast are used.

A second group included dyes with a higher affinity for the thallus: ruthenium red and red "O" oil. Cell walls, pit connections, intracellular granulation and reproductive structures were stained in light red by these dyes. With these techniques, cellular characteristics were observed with optical microscopy, and the observations were enhanced with differential interference contrast or by using different types of filters in the microscope.

The combined techniques, naphthol blue black combined with PAS test and toluidine blue "O" with sodium tetraborate, were also ef-

evidencian aun mejor con iluminación de contraste de fases o interferencial, o con el uso de filtros.

Las técnicas combinadas, como la que utiliza el azul negro de naftol con la prueba de PAS y el azul de toluidina "O" en tetraborato de sodio, tiñen bien el tejido. Sin embargo, el manejo de estas técnicas es un poco complejo, pues los resultados de tinción variaron en los diferentes ejemplares. Las pequeñas variaciones en tiempo de permanencia del tejido en el colorante pueden provocar una sobretinción y un encubrimiento de las características anatómicas. Controlada esta situación, las laminillas son fácilmente observables en microscopía de campo claro.

Ahora bien, tres de las técnicas utilizadas, KMnO_4 (procedimiento 2), la prueba de PAS y la safranina con verde rápido, tienen una reacción similar en el talo de las algas coralinas, pues tiñen tanto paredes como contenido celular, además de diferenciar el tejido en dos regiones evidentemente distintas por la cantidad de inclusiones celulares, la parte basal y la parte superior del tejido.

A continuación (tabla 1), se presentan las técnicas utilizadas, diferenciando, por un lado, colorantes morfológicos, que son todos aquéllos que reaccionan con las estructuras anatómicas y, por otro, colorantes histoquímicos, que son reactivos específicos para la identificación de sustancias tales como polisacáridos, lípidos insolubles y proteínas. En cada caso, se mencionan las modificaciones hechas, las cuales fueron, en general: tiempo de permanencia del tejido en el colorante, concentración, combinación de ellos o alguna variación en los pasos sugeridos en la técnica original. En la última columna, se señalan las estructuras que mejor resaltaron y la referencia donde se muestran.

Los mejores resultados fueron obtenidos con la hematoxilina de Harris y la hematoxilina fosfotúngstica de Mallory, que tiñeron principalmente caracteres vegetativos relacionados con paredes celulares, núcleos, cloroplastos y estructuras reproductoras, en color rojo y violeta; el KMnO_4 también tiñó paredes celulares y granulación intracelular, principalmente en tonos café pardos. Con estos colorantes, la

effective in staining the tissues. However, the use of these combined techniques is somewhat complicated, and the results differed among the samples. Small variations in permanence time of the tissue in the dyes resulted in an over-staining effect that masked the anatomical characteristics. Once this situation was controlled, the samples were easily observed with optical microscopy.

Three of the techniques tested, KMnO_4 , procedure 2, PAS test and safranine-fast green, showed a similar reaction with the thallus of coralline red algae. These dyes stained cell walls and cellular contents. Their different effects made it feasible to distinguish two regions, basal and upper part of tissue, that are evidently very different in terms of the amount of cellular inclusions.

The techniques used are described in the following pages. The morphological dyes, those which react with different anatomical structures, and physiological dyes, specific reactants for the identification of substances such as polysaccharides, insoluble lipids and proteins, were separated. In each case the modifications used are mentioned, generally permanence time in the dyes, concentration, combination of different dyes or a variation in the original technique. The last column indicates the structures that were best distinguished with the techniques used, and the figure where this is shown.

The best results were observed with Harris' hematoxylin and Mallory's phosphotungstic hematoxylin, which mainly stained vegetative characters related to cell walls, nuclei, chloroplasts and reproductive structures in red and violet. On the other hand, KMnO_4 gave the cell walls and intercellular granulation a grayish brown color. The tonality of both stains in the tissue is differential, allowing different structures to be highlighted. Their reaction with the tissues was easily observed with optical microscopy. The PAS test was one of the combined techniques which stained cell contents and granulations in intense pink, cell walls in light pink and intercellular connections in black. Cellular fusions were evident with the PAS test. Safranine-fast green stained the cell walls,

Tabla 1. Resultados de las tinciones utilizadas

| Colorantes morfológicos | Modificación a la técnica | Resultados |
|---|---|---|
| Hematoxilina de Harris | Sin modificación. | Pared celular y núcleos en rojo. Figs. 1, 2. |
| Hematoxilina de Delafield | Las laminillas permanecieron en el colorante 30 min. | Pared celular y núcleos en rojo. Fig. 3. |
| H. fosfotúngstica de Mallory ¹ | De la técnica original sólo se tomó la fórmula del colorante, se omitieron todos los pasos de la técnica de tinción sugeridos por el autor. Las laminillas permanecieron en el colorante 30 min. | Pared celular y cloroplastos en tonos morados. Figs. 4, 5. |
| Azul de toluidina "O" | El colorante se preparó con azul de toluidina O al 1%, en agua destilada. Las laminillas se tiñeron de 5 a 15 min, se enjuagaron en agua corriente y destilada, y se prosiguió con la deshidratación e inclusión. | Paredes celulares en azul claro, que presentaron apariencia de rigidez. Fig. 6. |
| Azul de anilina | Las laminillas se tiñeron en solución de anilina acuosa al 1%, de 15 a 30 min, se deshidrataron y montaron en bálsamo de Canadá. Otras laminillas se tiñeron de 5 a 15 min y se montaron en gelatina. | Paredes celulares y citoplasma teñidos muy ligeramente. |
| Permanganato de potasio (KMnO ₄) | Procedimiento 1. De acuerdo con la técnica de Woelkerling (1978), sin modificación Procedimiento 2. De acuerdo con la técnica de Curtis (1986). Las laminillas se tiñeron en solución acuosa de KMnO ₄ al 2%, durante 15 min. | Paredes celulares y estructuras reproductoras en tonos de amarillo dorado y café. Se notan muy claramente los gránulos de almidón y las conexiones celulares. Figs. 7, 8. |
| Azul de toluidina "O" en tetraborato de sodio | Las preparaciones permanecieron en el colorante de 5 a 10 min. | Paredes celulares y células epitaliales. Fig. 9. |
| Safranina con verde rápido | Se desparafinaron los cortes, se hidrataron hasta alcohol al 50%, se tiñeron en solución de safranina al 1% en alcohol al 50%, por 1 h, se lavaron en alcohol de 50 a 96%, se contrastaron con solución verde rápido al 0.03% en alcohol al 96%, por 1 min después de que se lavaron en alcohol al 96%. Se terminó la deshidratación y se montaron. | Se diferenciaron dos regiones del talo: se tiñó la parte basal de rojo, paredes celulares y núcleos, y la parte superior de verde, paredes, núcleos, cloroplastos y otras inclusiones citoplásmicas. Figs. 10 a 12. |

¹Hematoxilina fosfotúngstica de Mallory: Se preparó según la técnica original de Ramón y Cajal.

| | |
|----------------------|----------------------------|
| Hematoxilina | 0.1 g |
| Acido fosfotúngstico | 2.0 g |
| Agua destilada | 100 ml |
| KMnO ₄ | 10 ml de solución al 0.25% |

El colorante se dejó madurar durante varios meses antes de usarlo.

Tabla 1 (Cont.)

| Colorantes histoquímicos | Modificación a la técnica | Resultados |
|---|---|--|
| Rojo de rutenio | Los ejemplares se fijaron en formol cálcico ² , y los cortes permanecieron en el colorante de 60 a 90 min. | Reacción positiva. Paredes celulares y granulación en la región basal. Figs. 13, 14. |
| Rojo "O" de aceite | Los ejemplares se fijaron en formol cálcico ² . Los cortes se tiñeron de 60 a 90 min en solución de rojo "O" de aceite saturado (0.1% en 25% de n-butanol y 75% de etilenglicol). Se lavaron en alcohol al 60%, rápidamente, y después en alcohol al 50%. Se pasaron a agua destilada y se montaron en gelatina. | Reacción positiva. Paredes celulares, granulación en la región basal, estructuras reproductoras, uniones intercelulares. Figs. 15, 16. |
| Prueba de PAS | Reactivo de Schiff: fuccina básica, 0.1 g; bisulfito de sodio, 2 g; ácido acético, 2 ml; alcohol 50%, 2 ml; agua destilada, 100 ml. Ácido peryódico: ácido peryódico, 0.6 g; ácido acético al 2%, 2 ml; agua destilada, 100 ml. Después de que las laminillas se tiñeron con el reactivo de Schiff durante 15 min, se lavaron con agua corriente y por segunda vez con ácido acético al 2%, por 2 min. Posteriormente, se lavaron con agua destilada, se deshidrataron y se montaron. | Reacción positiva. Paredes celulares en tonos rosa claro e inclusiones celulares, principalmente en la región basal, en tonos de magenta. Uniones celulares en negro y fusiones celulares muy evidentes. En las estructuras reproductoras carposporangiales y tetrasporangiales se evidencia claramente el núcleo. Las fusiones celulares se distinguen muy bien. Figs. 17 a 21. |
| Azul negro de naftol | Las laminillas se tiñeron de 15 a 20 min en solución 1:1 de alcohol al 50% y colorante al 1%. | Reacción negativa. Paredes celulares y células epitaliales en tonos muy claros. Figs. 22, 23. |
| Azul de bromofenol mercúrico | Las laminillas se tiñeron durante 30 a 60 min. | Reacción negativa, Se tiñen algunos núcleos y muy tenuemente las paredes celulares. Figs. 24, 25. |
| Azul negro de naftol combinado con la prueba de PAS | Ambas técnicas sin modificaciones adicionales. | Reacción policromática: paredes celulares en azul intenso, rosa y morado; estructuras reproductoras y células epitaliales en azul verde claro; el contenido celular en tonos violeta. |

²Formol cálcico:

| | |
|----------------------------------|--------|
| Solución de formalina al 40% | 10 ml |
| Cloruro de calcio al 10% en agua | 10 ml |
| Agua destilada | 100 ml |

La solución se neutralizó con carbonato (Backer, 1946, en Jensen, 1962).

Table 1. Results with the different dying techniques.

| Morphological dyes | Modification to the technique | Results |
|--|--|---|
| Harris' hematoxylin | No modification. | Cell walls and nuclei were stained in red. Figs. 1, 2. |
| Delafield's hematoxylin | The sections remained in the dye for 30 min. | Cell walls and nuclei were stained in red. Fig. 3. |
| Mallory's phosphotungstic hematoxylin ¹ | All the staining steps suggested by the author were omitted, except the formula for the dye. The sections remained in the dye for 30 min. | Cell walls and chloroplasts were stained in purple. Figs. 4, 5. |
| Toluidine blue "O" | The dye was prepared with toluidine blue "O" to 1% in distilled water. The sections were stained during 5 to 15 min, rinsed with tap and distilled water, followed by dehydration and mounting. | Cell walls were stained in light blue. They looked quite rigid. Fig. 6. |
| Aniline blue | The sections were stained in 1% aqueous aniline solution during 15 to 30 min, then were dehydrated and mounted in Canada Balsam. Other sections were stained during 5 to 15 min and mounted in jelly. | Cell walls and cytoplasm were lightly stained. |
| Potassium permanganate (KMnO ₄) | Procedure 1. Woelkerling's technique (1978) was followed without any modification. Procedure 2. Curtis' technique (1986) was used. The sections were stained with a 2% aqueous KMnO ₄ solution during 15 min. | Cell walls and reproductive structures were stained in golden yellow and brown. Starch granulation and cell connections were clearly distinguishable. Figs. 7, 8. |
| Toluidine blue "O" in sodium tetraborate | The sections remained in the dye during 5 to 10 min. | Cell walls and epithelial cells. Fig. 9. |
| Safranine-fast green | The paraffin was removed from sections, then dehydrated to 50% alcohol and stained in a 1% safranine solution in 50% alcohol for 1 h. Then they were washed in 50 to 96% alcohol and contrasted in 0.03% fast green in alcohol at 96% during 1 min after they were washed in 96% alcohol. The dehydration procedure continued and the sections were mounted. | The basal part of the thallus was stained in red; cell walls, nuclei and the upper part of the thallus in green. Cell walls, nuclei, chloroplasts and other cytoplasmic inclusions were also stained. Figs. 10, 12. |

¹Mallory's phosphotungstic hematoxylin: Prepared according to the original technique by Ramón y Cajal:

| | |
|-------------------------------------|--------|
| Hematoxylin | 0.1 g |
| Phosphotungstic acid | 2.0 g |
| Distilled water | 100 ml |
| KMnO ₄ solution at 0.25% | 10 ml |

The dye was matured during several months before it was used.

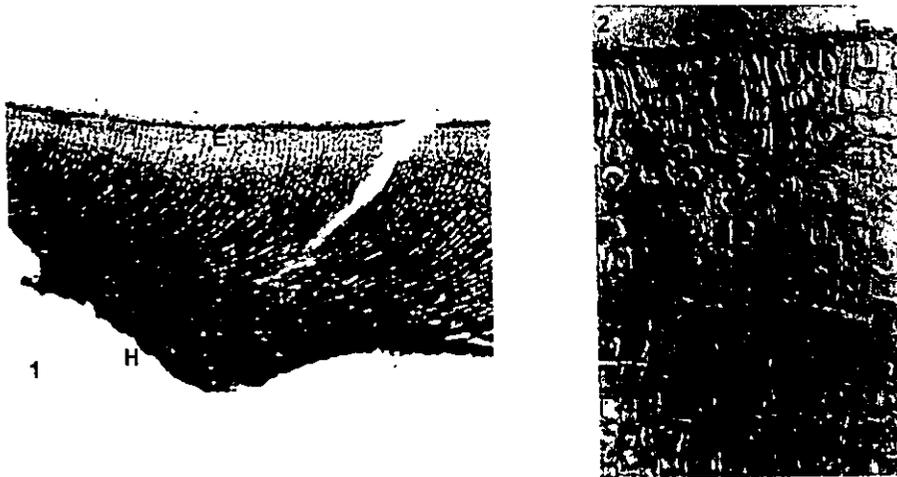
Table 1 (Cont.)

| Histochemical dyes | Modification to the technique | Results |
|--|--|--|
| Ruthenium red | The samples were calcic formaldehyde ² fixed and the sections remained in the dye during 60 to 90 min. | Positive reaction. Cell walls and granulation in the basal region were observed. Figs. 13, 14. |
| Red "O" oil | The samples were calcic formaldehyde ² fixed. The sections were dyed during 60 to 90 min in a red "O" oil saturated solution (0.1% in 25% n-butanol and 75% ethylenglycol). They were quickly washed in alcohol at 60% and then in alcohol at 50%. They were transferred to distilled water and mounted in jelly. | Positive reaction. Cell walls, granulation in the basal region, reproductive structures and cell connections were observed. Figs. 15, 16. |
| PAS test | Schiff's reagent: 0.1 g basic fuccine; 2 g sodium bisulphite; 2 ml acetic acid; 2 ml 50% alcohol; 100 ml distilled water. Periodic acid: 0.6 g periodic acid; 2 ml 2% acetic acid; 100 ml distilled water. After the sections were stained in Schiff's reagent during 15 min, they were washed with tap water and with 2% acetic acid during 2 min. Afterwards, they were washed with distilled water, dehydrated and mounted. | Positive reaction. Cell walls were stained in light pink; cellular inclusions, mainly in the basal region, in magenta tones, and cell connections in black. Cell fusions were obvious. The nuclei were clearly visible in both the carposporangial and tetrasporangial reproductive structures. Cell fusions were clearly distinguishable. Figs. 17 to 21. |
| Naphthol blue black | The sections were stained during 15 to 20 min in a 1:1 solution of 50% alcohol and 1% dye. | Negative reaction. Cell walls and epithallial cells were lightly colored. Figs. 22, 23. |
| Mercuric bromophenol blue | The sections were stained during 30 to 60 min . | Negative reaction. Some nuclei were stained and the cell walls were lightly colored. Figs. 24, 25. |
| Naphthol blue black combined with PAS test | Both techniques were used without any additional modification | Polychromatic reaction. Cell walls in intense blue, pink and purple; reproductive structures and epithallial cells in light green blue; cellular contents in different shades of violet. |

²Calcic Formaldehyde:

Formaldehyde solution at 40% 10 ml
Calcium chloride at 10% 10 ml
Distilled water 100 ml

The solution was neutralized with carbonate (Backer, 1946, in Jensen, 1962).



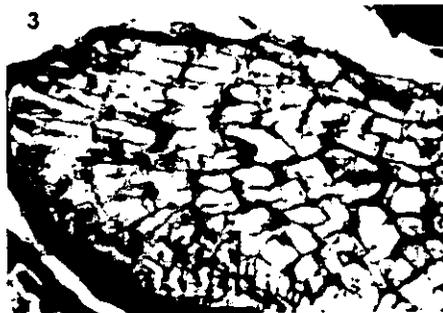
Hematoxilina de Harris/Harris' Hematoxylin

Figura 1. *Lithophyllum* sp. Arreglo general del talo. Nótese la diferencia en tamaño, forma y arreglo celular de la región basal (H) contrastada con la región superficial (E) (10x, campo claro).

Figure 1. *Lithophyllum* sp. General characteristics of thallus. Note the difference in cellular array, size, and shape in the basal region (H) contrasted with the upper region (E) (10x, bright field).

Figura 2. *Lithophyllum* sp. Vista de la zona peritalial (P) y epitalial (E) del talo. Megacélula (MG). (40x, campo claro).

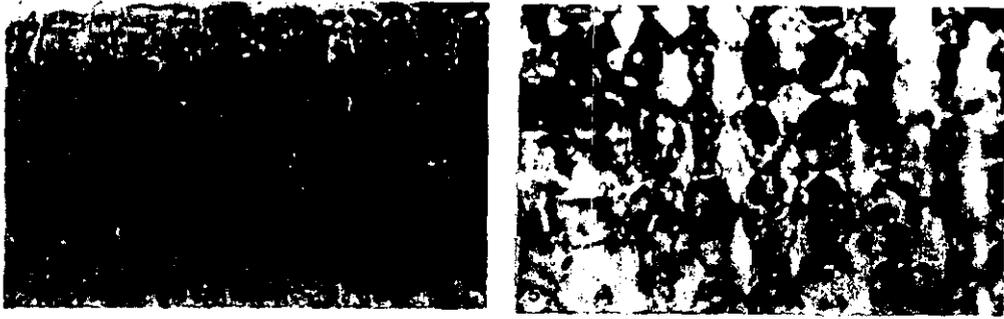
Figure 2. *Lithophyllum* sp. Perithallial (P) epithallial (E) zone of the thallus. Megacells (MG) (40x, bright field).



Hematoxilina de Delafield/Delafield's Hematoxylin

Figura 3. *Lithophyllum* sp. Parte marginal del talo (40x, campo claro).

Figure 3. *Lithophyllum* sp. Margin of the thallus (40x, bright field).



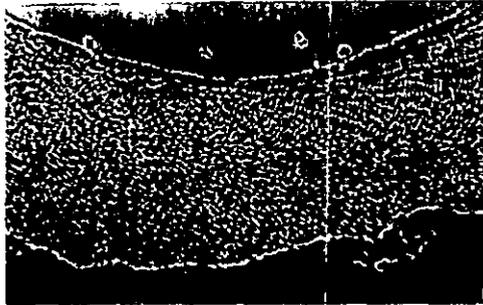
Hematoxilina fosfotúngstica de Mallory/Mallory's phosphotungstic hematoxylin

Figura 4. *Lithophyllum* sp. Peritalo (P) y epitalo (E) (100x, campo claro).

Figure 4. *Lithophyllum* sp. Perithallus (P) and epithallus (E) (100x, bright field).

Figura 5. *Lithophyllum* sp. Células de la región peritalial (100x, campo claro), donde se señalan los puntos de unión primarios y secundarios.

Figure 5. *Lithophyllum* sp. Perithallial region showing the primary and secondary pit connections (100x, bright field).



Azul de toluidina "O"/Toluidine blue "O"

Figura 6. *Spongites* sp. Arreglo general del talo (10x, contraste interferencial).

Figure 6. *Spongites* sp. General characteristics of the thallus (10x, differential interference contrast).



Permanganato de potasio/Potassium permanganate

Figura 7. *Lithophyllum* sp. Vista de la región peritallial (40x, contraste interferencial).

Figure 7. *Lithophyllum* sp. Upper perithallial region (40x, differential interference contrast).

Figura 8. *Lithophyllum* sp. Conceptáculo carposporangial, filamento gonimoblástico (flecha) y carposporas (C) (40x, contraste interferencial).

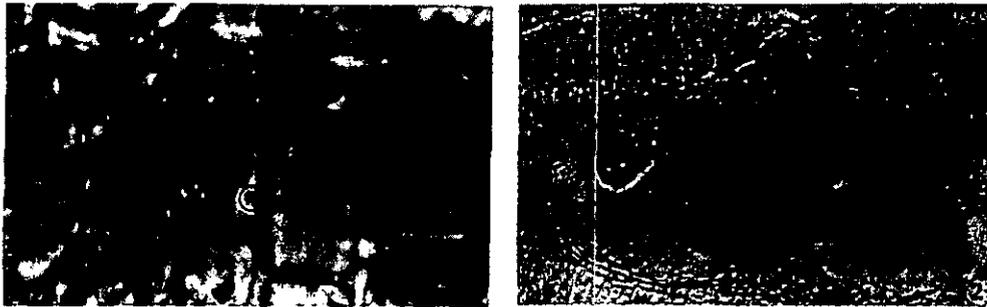
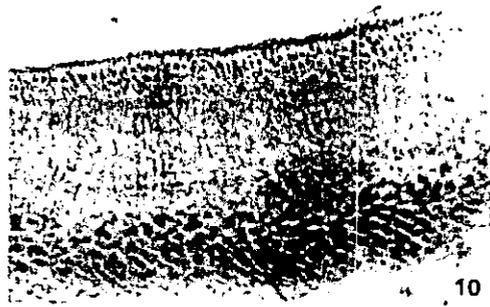
Figure 8. *Lithophyllum* sp. Carposporangial conceptacle, gonimoblast filaments (arrow) and carpospores (C) (40x, differential interference contrast).



Azul de toluidina "O" en tetraborato de sodio/Toluidine blue "O" in sodium tetraborate

Figura 9. *Lithophyllum* sp. Conceptáculo tetrasporangial (10x, contraste interferencial).

Figure 9. *Lithophyllum* sp. Tetrasporangial conceptacle (10x, differential interference contrast).



Safranina con verde rápido/Safranine-fast green

Figura 10. *Lithophyllum* sp. Arreglo general del talo. Obsérvese la acumulación de gránulos de almidón en la región hipotalial (H) (10x, contraste interferencial).

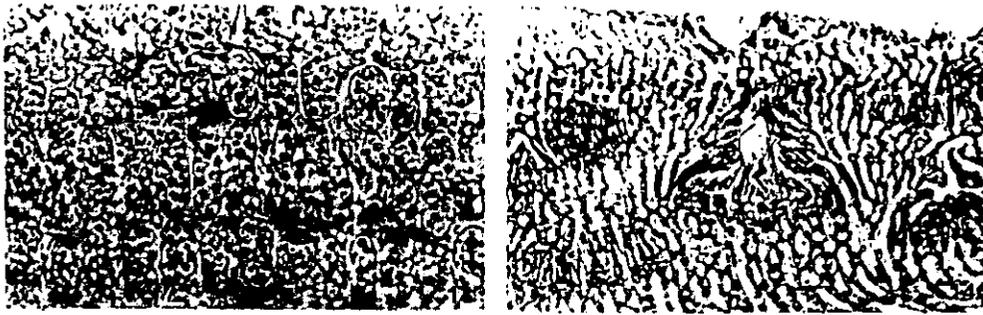
Figure 10. *Lithophyllum* sp. General characteristics of thallus. Note the granulation of polysaccharides in the basal region (H) (10x, differential interference contrast).

Figura 11. *Lithophyllum* sp. Células hipotaliales, donde se señalan las conexiones celulares secundarias (100x, contraste interferencial).

Figure 11. *Lithophyllum* sp. Hypothallial cells showing the secondary pit connections (100x, differential interference contrast).

Figura 12. *Spongites* sp. Conceptáculo tetrasporangial. En los tetrasporangios se distinguen los núcleos de las esporas (40x, contraste interferencial).

Figure 12. *Spongites* sp. Tetrasporangial conceptacle. The nuclei are evident in the tetrasporangial cells (40x, differential interference contrast).



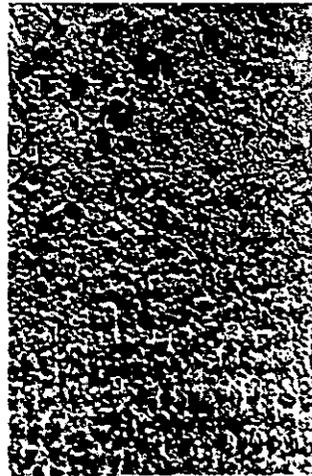
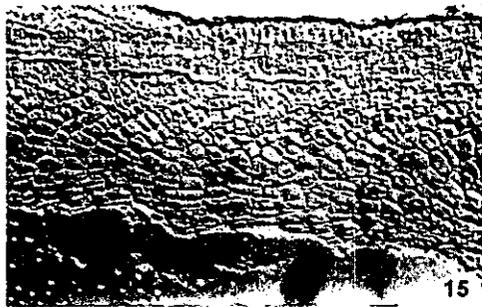
Rojo de rutenio/Ruthenium red

Figura 13. *Lithophyllum* sp. Células de la región hipotalial que muestran gran concentración de gránulos de almidón (100x, contraste interferencial).

Figure 13. *Lithophyllum* sp. Hypothallial cells showing starch granulation in high concentration (100x, differential interference contrast).

Figura 14. *Spongites* sp. Vista de la región peritalial, donde se señala una estructura reproductora carpogonial (al centro). Se evidencian las fusiones celulares (40x, contraste interferencial).

Figure 14. *Spongites* sp. Perithallial region showing a carpogonia structure (center). The cellular fusions are evident (40x, differential interference contrast).



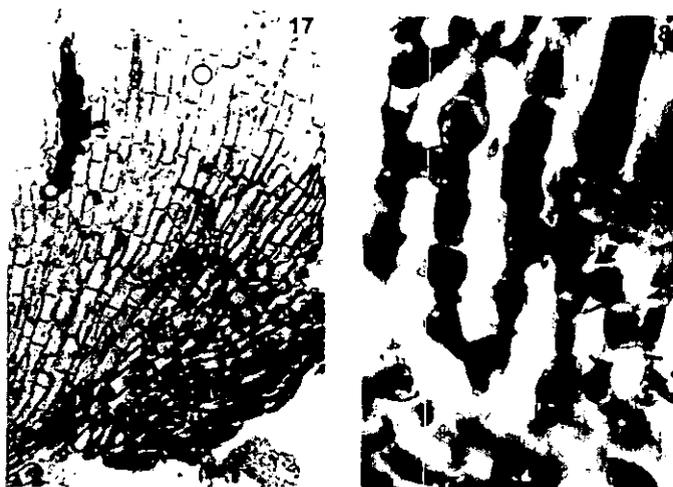
Rojo "O" de aceite/Red "O" oil

Figura 15. *Lithophyllum* sp. Vista panorámica (10x, contraste interferencial). Arreglo general del talo.

Figure 15. *Lithophyllum* sp. General characteristics of the thallus (10x, differential interference contrast).

Figura 16. *Lithophyllum* sp. Región hipotalial (H). Observe la alta concentración de inclusiones granulares de almidón (40x, contrasté interferencial).

Figure 16. *Lithophyllum* sp. Hypothallial region (H). Note the high concentration of starch granulation (40x, differential interference contrast).



Prueba de PAS/PAS test

Figura 17. *Lithophyllum* sp. Región hipotalial, donde se evidencian las conexiones celulares secundarias en las caras laterales de las células (40x, campo claro).

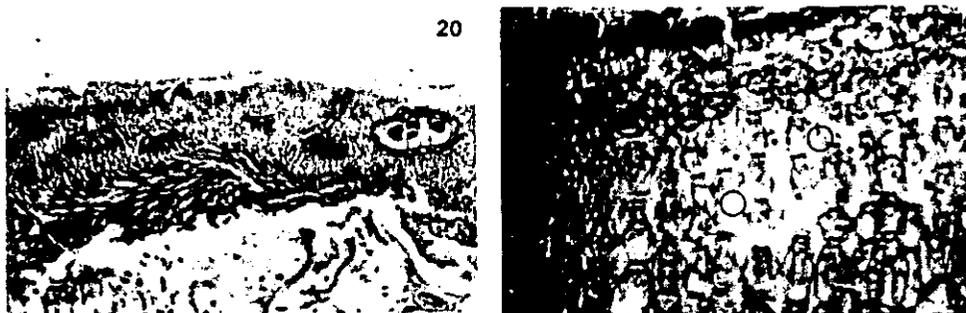
Figure 17. *Lithophyllum* sp. Hypothallial region showing the secondary pit connections in the lateral walls (40x, bright field).

Figura 18. *Spongites* sp. Se señalan conexiones celulares primarias a lo largo de un filamento y las fusiones celulares entre filamentos (flecha) (100x, campo claro).

Figure 18. *Spongites* sp. Note the primary pit connections in the filaments and the cellular fusions between the filaments (arrow) (100x, bright field).

Figura 19. *Spongites* sp. Conceptáculo carposporangial. Se observa el filamento gonimoblástico (flecha) desarrollado lateralmente (40x, campo claro).

Figure 19. *Spongites* sp. Carposporangial conceptacle. Note the laterally developed gonimoblast filament (arrow) (40x, bright field).



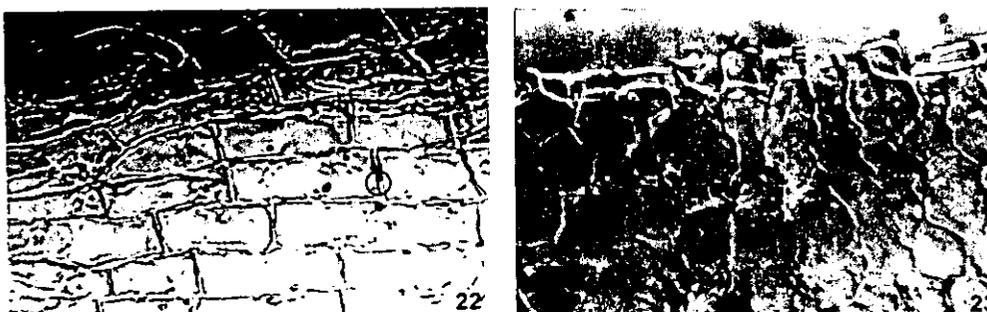
Prueba de PAS/PAS test

Figura 20. *Spongites* sp. Panorámica del talo, donde se presentan dos tipos de estructuras reproductoras, los carpogonios (CG) y los carposporangios (CP).

Figure 20. *Spongites* sp. General characteristics of the thallus showing two types of reproductive structures, carpogonia (CG) and carposporangia (CP).

Figura 21. *Lithophyllum* sp. Células peritalliales. Se señalan las conexiones celulares primarias y secundarias (100x, campo claro).

Figure 21. *Lithophyllum* sp. Perithallial cells. Note the primary and secondary pit connections (100x, bright field).



Azul negro de naftol/Naphthol blue black

Figura 22. *Lithophyllum* sp. células hipotaliales. Se observan conexiones intercelulares primarias (en círculos) (10x, contraste interferencial).

Figure 22. *Lithophyllum* sp. Hypothallial cells. Note the primary pit connections (circles) (10x, differential interference contrast).

Figura 23. *Lithophyllum* sp. células epitaliales (E) (100x, contraste interferencial).

Figure 23. *Lithophyllum* sp. Epithallial cells (E) (100x, differential interference contrast).



Azul de bromofenol mercúrico/Mercuric bromophenol blue

Figura 24. *Lithophyllum* sp. Grupo de megacélulas (flecha) en la región epitalial.

Figure 24. *Lithophyllum* sp. Epithallial region showing megacells (arrow).

Figura 25. *Lithophyllum* sp. Vista general del hipotalo (40x, contraste interferencial).

Figure 25. *Lithophyllum* sp. General view of the hypothallus (40x, differential interference contrast).

tinción de estructuras en el talo es complementaria, por lo cual se resaltan diferentes estructuras. Su reacción con el tejido es fácilmente observable en microscopía de luz. Entre las técnicas combinadas estuvieron la prueba de PAS, que tiñó contenido celular y granulaciones en tonos de rosa intenso, paredes celulares en tonos rosa claro y uniones intercelulares en negro, haciendo evidentes las fusiones celulares, y la safranina con verde rápido, que tiñó paredes celulares, núcleos, cloroplastos, puntos de unión intercelular, estructuras reproductoras y granulación interna. Las laminillas teñidas con los colorantes de este grupo fueron fácilmente observables en microscopía de luz.

DISCUSION

Varias de las técnicas de coloración utilizadas para este estudio sólo se han aplicado a plantas vasculares, y se apreció que producen resultados distintos en el talo de las algas coralinas no geniculadas. Sin embargo, cuando se varió la concentración de los colorantes, combinándolos o cambiando el tiempo de permanencia del tejido en ellos, se obtuvieron resultados favorables que contrastaron y remarcaron las estructuras celulares de interés taxonómico, tanto vegetativo como reproductivo, útiles para la identificación genérica y específica, lo cual fue el objetivo central del trabajo.

Por otra parte, estos resultados diferenciales debidos a la diversidad anatómica y citológica existente en los tejidos vegetales (talos algales y plantas vasculares) hacen evidente una diversidad fisiológica y bioquímica, que en este estudio se describe sólo en función de los resultados obtenidos con cada tinción.

A continuación se discuten algunos de los resultados.

Colorantes morfológicos

La hematoxilina, de acuerdo con Jensen (1962), es un colorante de acción progresiva que, en plantas vasculares, tiñe de rojo las paredes celulósicas, cromatina, nucléolo, mitocondrias y otras inclusiones celulares, y es un buen colorante nuclear para algas y hongos. En el

nuclei, chloroplasts, pit connections, reproductive structures and inside granulation. The sections stained with dyes from this group were easily observed under optical microscopy.

DISCUSSION

Several of the staining techniques that were used in this study had only been used in vascular plants, and gave different results when applied to nongeniculate coralline red algae. These dyes, however, were able to stain and give contrast to different cell structures, both vegetative and reproductive, that are of taxonomic interest in terms of species and genus identification.

The great variability in anatomical and cytological characteristics of plant tissues (both in vascular plants and in algae) observed with the different staining methods, is a result of biochemical and physiological diversity. This diversity is discussed based on the results observed with each technique.

The results are discussed in the following paragraphs.

Morphological dyes

According to Jensen (1962), hematoxylin is a progressive dye which in vascular plants stains the cellulosic walls, chromatin, nuclei, mitochondria and other cell inclusions in red. This author mentions that hematoxylin is a good dye for the nuclei in algae and fungi. Adey (1966) on the other hand, mentions in his taxonomical study that all the sporangial caps of the Lithothamnicae are strongly stained with Delafield's hematoxylin, and adds that the intensity of the color represents the developmental stages of the reproductive structures.

Johansen (1969) mentions that Harris' and Erlich's hematoxylin, at times contrasted with eosin, stain the inside layer of the cell wall, but not the outside layer or the middle lamellae. Thus, only the cell lumen is outlined.

Mallory's phosphotungstic hematoxylin is a technique generally applied on animal tissues. It shows a polychromatic reaction and mainly

estudio taxonómico hecho por Adey (1966), se menciona que en todas las especies del grupo *Lithothamnieae* los tapones esporangiales se tiñen fuertemente con hematoxilina de Delafield y es reconocible un patrón de intensidad de tinción, de acuerdo con el estado de desarrollo de las estructuras reproductoras.

Johansen (1969) menciona que las hematoxilinas de Harris y de Erlich, algunas veces contrastadas con eosina, tiñen la capa interna de la pared celular de células vegetativas pero no la capa externa o la lamela media. Así solamente el lumen celular es delineado en material teñido y seccionado.

La hematoxilina fosfotúngstica de Mallory es una técnica aplicada en tejidos animales, la cual tiene una reacción policromática que diferencia principalmente células de la neuroglía. En la literatura revisada no se encontró ninguna referencia de su uso en plantas vasculares, y en las referencias de la literatura ficológica donde ésta es mencionada no se señala el procedimiento seguido, por lo que se optó por utilizar el colorante de la técnica de Ramón y Cajal, y de Castro (1972). Adey (1966) afirma que los tapones esporangiales de las especies de *Lithothamnium* se tiñen con este colorante, al igual que con la hematoxilina de Delafield.

El azul de toluidina "O", de acuerdo con Curtis (1986), es una tinción policromática para paredes celulares en plantas vasculares; con él se reconocen paredes lignificadas, parénquima, colénquima y tubos cribosos. No se encontró ningún informe de su uso en algas.

El azul de anilina, de acuerdo con Johansen (1940) y Jensen (1962), es un colorante de uso primario utilizado en el estudio de talos algales, que tiñe tanto paredes celulares como citoplasma. Norris (1957) menciona que actúa como un colorante ácido y que no tiene mucha afinidad con los núcleos.

En plantas vasculares, el $KMnO_4$ puede ser usado como fijador (González-Santander 1968, técnica modificada para tejidos vegetales por Esquivel-Huesca, comunicación personal). Este retiene las características de las paredes celulares con muy poca alteración, aunque lava la mayor parte del contenido celular. Mientras más tiempo de fijación se dé a los ejemplares, más

differentiates neuroglia cells. There was no evidence in the literature that this technique has ever been used in vascular plants. The few references related to algae do not mention the procedure that was followed, and hence, it was decided to use the technique described by Ramón y Cajal and de Castro (1972). Adey (1966) mentions that sporangial caps in species from *Lithothamnium* are well stained with both Mallory's and Delafield's hematoxylin.

According to Curtis (1986), toluidine blue "O" is a polychromatic staining method for cell walls in vascular plants. With this method it is possible to recognize lignified walls, parenchyma, collenchyma, and sieve tubes. No reference was found on the use of this dye in algae.

Johansen (1940) and Jensen (1962) state that aniline blue is a primary dye used for algal thalli. It dyes both the cell walls and the cytoplasm. Norris (1957) mentions that it acts as an acid dye and does not show much affinity for nuclei.

$KMnO_4$ may be used as a fixative in vascular plants (González-Santander, 1968; modified by Esquivel-Huesca for plant tissues, personal communication). $KMnO_4$ does not alter cell wall characteristics, but washes out a great deal of the cell contents. The longer the tissues remain in the fixative, the more cell contents will be washed out. $KMnO_4$ may also be used as a dye once the tissues have been fixed and histologically processed (Curtis, 1986). In this case, tannins and carbohydrates are stained in brownish tones.

Both methods were used for the coralline algae. First, $KMnO_4$ was used as a fixative (most commonly used by Woelkerling in his latest work). In this case, cell walls and pit connections were stained. Secondly, $KMnO_4$ was used as a dye after the sections were ready for staining (table 1).

Except for Woelkerling and Ducker (1987), there was no reference found in the literature for vegetal microtechniques related to toluidine blue "O". In this procedure, sodium tetraborate acted as a mordant, and the dye reacted more intensively with the tissues.

The combined technique of safranine-fast green is commonly used by plant morpholo-

estructuras internas celulares se lavarán. Por otra parte, se utiliza como colorante después de que los ejemplares han sido previamente fijados y procesados histológicamente (Curtis, 1986). En este caso tiñe taninos y carbohidratos en tonos pardos.

En las coralinas se utilizaron los dos métodos. Primero fue aplicado como fijador (el más común en los últimos años en la mayor parte de los trabajos realizados por Woelkerling), y se observó que se tiñen las paredes y las uniones celulares. Con el segundo método, el $KMnO_4$, fue aplicado como colorante, una vez obtenidos los cortes (tabla 1).

De la técnica de azul de toluidina "O" en tetraborato de sodio no se encontró referencia en la literatura de microtecnia vegetal, y solamente la mencionan Woelkerling y Ducker (1987). En este procedimiento, el tetraborato de sodio actúa como mordente, y el colorante reacciona más intensamente con el tejido.

La técnica combinada de safranina con verde rápido es de uso común entre los morfólogos vegetales. De acuerdo con Johansen (1940), la safranina tiñe los núcleos de rojo brillante, así como las paredes celulares cutinizadas y lignificadas, mientras que el verde rápido colorea de manera brillante el citoplasma y las paredes celulares, en plantas vasculares. Este autor indica también que unas paredes celulares en cierto estado de desarrollo pueden aparecer más o menos teñidas con safranina y otras con verde rápido. En los resultados obtenidos (tabla 1), se presentó un gradiente de coloración en el tejido, de rojo en las partes basales o hipotalo hacia verde en las células más superficiales del peritalo y epitato, lo cual podría representar un grado de madurez celular, siguiendo la línea de ideas propuesta por Johansen. Por otra parte, aunque con esta técnica no se tiñen los gránulos de almidón, se observan bien diferenciados (Fig. 19), y se reconoce una distribución regionalizada en el tejido, con mayor abundancia en la región basal o hipotalo.

Pruebas histoquímicas

El rojo de rutenio es específico para sustancias pécticas en plantas vasculares, de

gists. Johansen (1940) states that in vascular plants, safranin gives nuclei, cutinized and lignified cell walls a bright red color, while fast green stains the cytoplasm and cell walls. This author also mentions that the developmental state of the structures affects the intensity with which the different structures are stained. In the results obtained (tabla 1), it was possible to distinguish a gradient in color: tissues in the basal parts or hypothallus were stained in red, which gradually changed into green towards the more superficial cells from the perithallus and epithallus. Following Johansen's idea, this could represent a gradient in cell maturity as well. On the other hand, even though this technique does not stain starch granulation, they were easily recognizable (Fig. 19) and displayed a larger abundance towards the basal region or hypothallus.

Histochemical dye

According to Jensen (1962) and Curtis (1986), ruthenium red is specific for pectic substances in vascular plants. This test was also used by Matty and Johansen (1981) in a histochemical study they performed on *Corallina officinalis*. These authors observed a positive reaction in the cell walls and concluded that they contain cellulose and pectin. Further, the middle lamellae was pink in color. Nongeniculate algae also showed a positive reaction, and the cellular basal granulations were also stained.

In vascular plants, red "O" oil stains the cuticle and insoluble lipids red (Curtis, 1986). No reference of this method being used for algae was found in the literature. The reaction was almost identical to that of ruthenium red. However, it is important to note that this test is not permanent and the color disappears after a few days.

The PAS test (Johansen, 1940) is a reaction to identify any type of saccharids, especially insoluble polysaccharides such as starch. In vascular plants, starch is stained in a very intense pink while the cell walls are lighter. According to the studies with thalli of coralline algae, starch becomes more abundant as the

acuerdo con Jensen (1962) y Curtis (1986). Esta prueba fue utilizada por Matty y Johansen (1981) en un estudio histoquímico de *Corallina officinalis*, donde observaron una reacción positiva en las paredes celulares y concluyeron que éstas contienen celulosa y pectinas, y que, además, la lamela media se colorea en rosa. En las corallinas no geniculadas, se tiñeron también las granulaciones celulares basales.

El rojo "O" de aceite tiñe la cutícula y los lípidos insolubles de rojo en las plantas vasculares (Curtis, 1986). No se encontró ningún informe de su uso en algas. La reacción obtenida fue casi idéntica al rojo de rutenio. Sin embargo, cabe destacar que es una prueba no permanente, ya que después de unos días el color se pierde.

La prueba de PAS (Johansen, 1940) es una reacción para identificar casi cualquier tipo de azúcares, pero especialmente los polisacáridos insolubles, como el almidón. En plantas vasculares, tiñe éstos de rosa intenso y la pared puede resaltarse en tonos rosados. De acuerdo con los resultados obtenidos en el talo de las corallinas, se puede decir que los granos de almidón incrementan su abundancia en las células, de acuerdo con la edad de éstas y son más abundantes en las regiones basales. Esto viene a confirmar lo encontrado por Matty y Johansen (1981), quienes mencionan que la mayor parte del almidón está depositado en las regiones medulares de *C. officinalis*, y agregan que este reactivo tiñe la lamela media.

El azul de bromofenol mercúrico es un reactivo para reconocer proteínas en plantas vasculares (Curtis, 1986). Los resultados obtenidos en este estudio son muy similares a los de Matty y Johansen (1981), pues la reacción fue casi nula. Las regiones del talo que reaccionaron positivamente, como las células epitaliales, estructuras reproductoras y paredes celulares, tuvieron tonalidades diferentes, lo cual seguramente indica que existen diferentes tipos y concentraciones de proteínas en esas estructuras.

El azul negro de naftol es otra prueba para identificar proteínas. No se encontró ningún informe de su uso en algas y en este estudio tuvo resultados muy similares al azul de bromofenol mercúrico.

cells age, and that basal regions are more starchy than others. This confirms the results by Matty and Johansen (1981) who found that most of the starch is deposited in the medullary regions of *C. officinalis*, and also adds that this reagent stains the middle lamellae.

Mercuric bromophenol blue is used to differentiate proteins in vascular plants (Curtis, 1986). The results of this experiment are very similar to those reported by Matty and Johansen (1981). In both studies, it was found that the reaction was almost null. However, several regions of the thallus, such as the epithallial cells, reproductive structures and cell walls were stained in different shades of blue, which shows that proteins in these structures are probably very different, and their concentrations may also vary among the structures.

Naphthol blue black is another reagent used to identify proteins. No reference was found for the use of this dye in algae. The results of this experiment were very similar to those observed with mercuric bromophenol blue.

The PAS test combined with naphthol blue black is a polychromatic test for vascular plants (Engleman, personal communication). Cell contents with saccharids become pink, while cell walls are blue. No report was found of this method being applied to algae.

In conclusion, not all the techniques tested in this study give results that are easily observable under optical microscopy. Thus, for everyday working routines the following procedures are recommended: Harris' hematoxylin, Mallory's phosphotungstic hematoxylin, safranin-fast green, KMnO_4 and the PAS test. Their main advantages are low cost, and the feasibility of observing the different colored tissues under optical microscopy.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Dení Rodríguez Vargas, E. Mark Engleman and Ma. Esther Meave del Castillo for their valuable comments and suggestions after reading the manuscript. Also thanks to Ma. Luisa Martínez for the English version. This study received financial

La prueba de PAS combinada con azul negro de naftol es una prueba policromática para plantas vasculares, de acuerdo con Engleman (comunicación personal). Se tiñe de rosa parte del contenido celular que contenga azúcares y en tonos azules, las paredes celulares. No se encontró ninguna información de su uso en algas.

No todas las técnicas utilizadas en esta investigación son fácilmente observables en microscopía de campo claro, por lo que solamente se recomiendan como rutinas de trabajo cotidiano las siguientes: hematoxilina de Harris, hematoxilina fosfotúngstica de Mallory, safranina con verde rápido, KMnO_4 y la prueba de PAS.

Sus ventajas son rapidez, bajo costo y que los resultados pueden observarse con equipo de microscopía sencillo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece, a Dení Rodríguez Vargas, E. Mark Engleman y Ma. Esther Meave del Castillo, la lectura del manuscrito y sus valiosas observaciones. Este estudio fue posible gracias al apoyo de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM.

REFERENCIAS

- Adey, W.H. (1966). The genera *Lithothamnium*, *Leptophyllum* (nov. gen.) and *Phymatolithon* in the Gulf of Maine. *Hydrobiologia*, 28: 321-370.
- Adey, W.H. (1970). The crustose corallines of the Northwestern North Atlantic including *Lithothamnium lemoineae* n. sp. *J. Phycol.*, 6: 225-229.
- Adey, W.H. and Johansen, H.W. (1972). Morphology and taxonomy of Corallinaceae with special reference to *Clathromorphum*, *Mesophyllum* and *Neopolyporolithon* gen. nov. (Rhodophyceae, Cryptonemiales). *Phycologia*, 11(2): 159-180.
- Cabioch, J. (1972). Etude sur les corallinacées II. La morphogenèse: conséquences systématiques et phylogénétiques. *Cah. Biol. Mar.*, 13(2): 137-288.
- Campbell, S.J. and Woelkerling, Wm. J. (1990). Are *Titanoderma* and *Lithophyllum* (Corallinaceae, Rhodophyta) distinct genera? *Phycologia*, 29(1): 114-125.
- Curtis, P.J. (1986). *Microtecnia vegetal*. Trillas, México, D.F., 106 pp.
- González-Santander, R. (1968). *Técnicas de microscopía electrónica en biología*. Tolle, Lege, Aguilar, España, 665 pp.
- Jensen, W.A. (1962). *Botanical Histochemistry. Principles and Practice*. W.H. Freeman and Company, San Francisco, USA, 408 pp.
- Johansen, D.A. (1940). *Plant Microtechnique*. McGraw-Hill, Publications in the Botanical Sciences, New York. 523 pp.
- Johansen, H.W. (1969). Morphology and systematics of coralline algae with special reference to *Calliarthron*. *Univ. Calif. Publ. Bot.*, 49: 1-78, plates 1-19.
- Johansen, H.W. (1970). The diagnostic value of reproductive organs in some genera of articulated coralline red algae. *Br. Phycol. J.*, 5(1): 79-86.
- Johansen, H.W. (1981). *Coralline algae, a first synthesis*. CRC Press Inc., 239 pp.
- Jones, P.L. and Woelkerling, Wm.J. (1984). An analysis of trichocyte and spore germination attributes as taxonomic characters in the *Pneophyllum-Fosliella* complex, (Corallinaceae, Rhodophyta). *Phycologia*, 23(2): 183-194.
- Matty, P.J. and Johansen, H.W. (1981). A histochemical study of *Corallina officinalis* (Rhodophyta, Corallinaceae). *Phycologia*, 20(1): 46-55.
- Mason, L.R. (1953). The crustaceous coralline algae of the Pacific Coast of the United States, Canada, and Alaska. *Univ. Calif. Publ. Bot.*, 26(4): 313-390, pl. 27-46.
- Norris, R.E. (1957). Morphological studies on the Kallymeniaceae. *Univ. of Calif. Publ. Bot.*, 28: 251-334
- Ramón y Cajal, S. y Castro, F. de (1972). *Elementos de técnica micrográfica del siste-*

port from the *Dirección General de Asuntos del Personal Académico, UNAM.*

English translation by the authors.

- ma nervioso. Salvat, Barcelona, España. 283 pp.
- Riosmena-Rodríguez, R. (1991). Taxonomía y variación espacio-temporal de las especies del género *Amphiroa* Lamouroux (Corallinales, Rhodophyta) en la región sur de la península de Baja California. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Baja California Sur, 109 pp.
- Riosmena-Rodríguez R. (1993). Una propuesta de técnica histológica para el estudio de algas coralinas (Corallinales: Rhodophyta). *Rev. Inv. Cient., UABCS*, 4(1): 65-73.
- Sunesson, S. (1937). Studien über die Entwicklungsgeschichte der Corallinaceen. *Lunds. Univ. Arsskr. n.f. Avd.*, 33(2): 101 pp.
- Sunesson, S. (1982). The culture of bisporangial plants of *Dermatolithon litorale* (Sunesson) Hamel et Lemoine (Rhodophyta, Corallinaceae). *Br. Phycol. J.*, 17(1): 107-116.
- Townsend, R.A. (1981). Tetrasporangial conceptacle development as a taxonomic character in the Mastophoroideae and Lithophylloideae (Rhodophyta). *Phycologia*, 20(4): 407-414.
- Walker, R. and Moss, B. (1984). Mode of attachment of six epilithic crustose Corallinaceae (Rhodophyta). *Phycologia*, 23(3): 321-329.
- Woelkerling, Wm.J. (1978). *Mastophoropsis canaliculata* (Harvey in Hooker) gen. et com. nov. (Corallinaceae, Rhodophyta) in Southern Australia. *Br. Phycol. J.*, 13(3): 209-225.
- Woelkerling, Wm.J. and Irvine, L.M. (1986). The neotypification and status of *Mesophyllum* (Corallinaceae, Rhodophyta) *Phycologia*, 25(3): 379-396.
- Woelkerling, Wm.J. and Ducker, S.C. (1987). *Lesueuria minderiana* gen. et sp. nov. (Corallinaceae, Rhodophyta) from southern and western Australia. *Phycologia*, 26(2): 192-204.
- Woelkerling, Wm. J. (1988). *Non-Geniculate Coralline Algae*. British Museum (Natural History) Oxford University Press, 268 pp.

APENDICES

APENDICE 2

Listado de caracteres de definición de las algas coralinas no geniculadas (Familia Corallinaceae).

| <i>Caracteres morfológicos externos</i> |
|--|
| 1. Forma de crecimiento: costroso, protuberante, arborescente |
| 2. Forma de vida: endófito, no endófito |
| 3. Talos no endófitos: epilíticos, epizoicos, epifitos |
| 4. Apariencia de la superficie: simples, protuberantes |
| 5. Grosor del margen de la costra: delgado, engrosado |
| 6. Apariencia del margen: nítida, difusa, confluyente |
| 7. Forma del margen: lisa, protuberante |
| 8. Superposición del talo |
| 9. Dimensiones del talo: diámetro, grosor |
| 11. Coloración |
| 12. Dimensiones de las protuberancias en talos complejos: diámetro, altura |
| 13. Arreglo de las protuberancias en talos complejos: espaciado, aglomerado, irregular |
| 14. Dimensiones de las ramas en talos arborescentes: diámetro, altura |
| 15. Hábito de las ramas en talos arborescentes: erectas, postradas |
| 16. Forma de las ramas en talos arborescentes: cilíndrica, aplanada, flabelada |
| 17. Forma de las puntas de las ramas en talos arborescentes: planas, engrosadas, redondeadas, truncadas |
| 18. Puntas planas con el centro deprimido: presente-ausente |
| 19. Ramificación de las ramas: presente-ausente |
| 20. Tipo de ramificación: simple, dicotómica, irregular |
| 21. Forma de los conceptáculos en vista superficial: cóncavo, convexos, al ras de la superficie |
| 22. Agregación de los conceptáculos: esparcidos, agrupados |
| <i>caracteres anatómicos vegetativos</i> |
| 23. Simetría del talo: dorsiventral, radial, isobilateral |
| 24. Construcción del talo: monómero, dímero |
| 25. Número de capas celulares de grosor del talo: monostromático, polistromático |
| 26. Tipo de uniones celulares entre los filamentos del talo: conexiones de orificio secundarias, fusiones celulares, ambas |
| 27. Arreglo de filamentos basales dímeros: en empalizada, no en empalizada |
| 28. Arreglo de filamentos basales monómeros: coaxiales, no coaxiales |
| 29. Número de capas celulares del filamento basal (primigenio): |
| 30. Forma de las células del filamento basal (primigenio): cuadrada, rectangular, oblicua |
| 31. Dimensiones de las células basales (primigenias): diámetro, altura |
| 32. Filamentos secundarios o postígenos (peritaliales): surgiendo dorsal o dorsiventralmente de los filamentos primigenios |
| 33. Forma de las células de los filamentos postígenos: cuadrada, rectangular, ovalada |
| 34. Dimensiones de las células de filamentos postígenos: diámetro, altura |
| 35. Epitalo: presente, ausente |
| 36. Epitalo presente: monostromático, polistromático |
| 37. Forma de las células del epitalo: filiformes, de cualquier otra forma |
| 38. Dimensiones de las células epitaliales: diámetro, altura |
| 39. Tricocitos: presentes, ausentes |

| <i>caracteres anatómicos vegetativos</i> |
|--|
| 40. Forma de los tricocitos: rectangular, isodiamétrica |
| 41. Arreglo de los tricocitos en el talo: filas verticales, filas horizontales, aisladas, agrupadas |
| 42. Poción de los tricocitos en el talo: basales, intercalares, terminales |
| 43. Dimensiones de los tricocitos: diámetro, largo |
| 44. Tricocitos portando pelos: presente, ausente |
| 45. Tricocitos con: uno, varios pelos |
| 46. Células angulares entre las megacélulas: presentes, ausentes |
| 47. Dimensión proporcional de las células meristemáticas: tan o más largas que sus derivadas, tan o más cortas que sus derivadas |
| 48. Patrón inicial de germinación de las esporas: |
| <i>caracteres anatómicos reproductivos esporangiales</i> |
| 49. Origen de los primordios conceptaculares: de grupos de células subepitiales iniciales, de grupos de células vegetativas inmersas en el talo |
| 50. Modo de formación del techo conceptacular: por grupos de filamentos que rodean el área fértil, filamentos que quedan intercalados entre el área fértil |
| 51. Ubicación de los conceptáculos en el talo: superficiales, medios |
| 52. Forma de la cámara conceptacular: domoide-convexa, deprimida dorsiventralmente, cónica, cóncava con la parte superficial plana |
| 53. Número de poros conceptaculares: |
| 54. Conceptáculos rostrados: presente, ausente |
| 55. Diámetro de los poros conceptaculares |
| 56. Largo del canal conceptacular |
| 57. Tapón esporangial ocluyendo el poro del conceptáculo: presente, ausente |
| 58. Células ocluyendo el canal conceptacular: presentes, ausentes, parcialmente ocluido |
| 59. Forma de las células del poro: iguales a las células del techo, otra forma |
| 60. Posición de las células que flanquean el canal conceptacular: sinclinal, anticlinal |
| 61. Tamaño de las células del poro conceptacular: iguales a las células del techo, más pequeñas, más grandes |
| 62. Dimensiones de la cámara conceptacular: diámetro, altura |
| 63. Número de células de grosor del techo conceptacular: una, más de una |
| 64. Forma de las células del techo conceptacular: iguales a las del resto del talo, de otra forma |
| 65. Número de células por arriba del piso de la cámara |
| 66. Columela: presente, ausente |
| 67. Número de esporangios por cámara conceptacular: uno, más de uno |
| 68. División de los esporangios: bisporangial, tetrasporangial |
| 69. Dimensiones de los tetrasporangios: diámetro, altura |
| 70. Distribución de los esporangios en el conceptáculo: piso, piso y paredes |
| <i>caracteres anatómicos reproductivos espermatangiales</i> |
| 71. Forma de los conceptáculos: redondeados, cónicos |
| 72. Dimensiones de la cámara conceptacular: diámetro, altura |
| 73. Grosor del techo conceptacular |
| 74. Número de células del techo conceptacular |
| 75. Forma de los espermatangios: ovoides, cilíndricos |
| 76. Ramificación de los filamentos espermatangiales: presente, ausente |
| 77. Distribución de los espermatangios en el conceptáculo: piso, piso-paredes y techo |
| <i>caracteres anatómicos reproductivos carpogoniales-cistocárpicos</i> |
| 78. Forma de los conceptáculos: domoide, forma de botella |
| 79. Dimensiones de los conceptáculos: diámetro, altura |
| 80. Grosor del techo conceptacular |
| 81. Número de capas celulares del techo conceptacular |
| 82. Ramas carpogoniales desarrolladas en: piso, paredes de la cámara conceptacular |
| 83. Forma de las carposporas: elongado-clavadas, forma de huso, redondeadas |
| 84. Dimensiones de las carposporas: diámetro |