



00361

14
25

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

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

**“ESTUDIO CITOGENETICO EN MACROALGAS
MARINAS:**

**CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LA BIOLOGIA DE
ALGUNAS ESPECIES Y A LA RESOLUCION DE
PROBLEMAS TAXONOMICOS”.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

(BIOLOGIA)

P R E S E N T A

MA. EDITH PONCE MARQUEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. DENI CLAUDIA RODRIGUEZ VARGAS

MEXICO

1999

272162

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mis preciosas hijas, July, Jessy y Joanny, por comprender a mami y por haberle permitido quitarles un poco del tiempo que debía dedicarles, prometo reponer todo ese tiempo con mucho amor.

A mi maravilloso esposo Alberto, a quien le debo toda mi felicidad, por el gran apoyo, paciencia y cariño que me ha brindado desde el día en que lo conocí. Quien ha compartido conmigo, desvelos, triunfos, alegrías y desalientos, quien me ha motivado a seguir adelante en todo momento, a pesar de las adversidades y por quien fue posible la elaboración y culminación de la presente tesis.

A mis queridos padres Lupita y Miguel, que me dieron la vida y de quienes he recibido comprensión, apoyo y confianza.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	3
RESÚMEN	4
I. INTRODUCCIÓN	5
II. MARCO TEÓRICO	9
III. ANTECEDENTES	
III.1 Genética y Citogenética	12
III.2 Citogenética de las macroalgas bentónicas marinas	15
IV. JUSTIFICACIÓN	21
V. OBJETIVOS	
V.1 Objetivo general	22
V.2 Objetivos particulares	22
VI. ÁREA DE ESTUDIO	23
VII. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	
VII.1 Procedimiento de campo	28
VII.2 Procedimiento de laboratorio	29
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
VIII.1 <i>Hypnea johnstonii</i> , <i>Hypnea pannosa</i> e <i>Hypnea spinella</i>	33
VIII.2 <i>Ahnfeltiopsis gigartinoides</i>	49
VIII.3 <i>Gymnogongrus johnstonii</i>	63
VIII.4 <i>Gelidium sclerophyllum</i>	73
VIII.5 Números cromosómicos en especies de Rhodophyta	88
IX. CONSIDERACIONES FINALES	104
X. LITERATURA CITADA	106
XI. APÉNDICE (Importancia biológica y económica de las algas)	122

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Dra. Deni Rodríguez, por sus valiosas aportaciones que hicieron posible la realización de uno de mis grandes anhelos, por creer en mi y nunca perder la confianza de mi trabajo, por el enorme apoyo brindado en el Laboratorio de Fisiología de la Facultad de Ciencias y en la elaboración del presente trabajo.

De igual manera quiero agradecer a la M. en C. Ma. de los Angeles Aguilar, por su valiosa asesoría en la parte genética, así como permitirme utilizar su laboratorio (Genética Evolutiva, en UAM-Izt.), en donde se realizó gran parte del trabajo experimental, en un ambiente cordial y amigable.

A todos y cada uno de los sinodales, por sus importantes e interesantes comentarios y sugerencias en la revisión de esta tesis.

Quiero agradecer enormemente a mi esposo Alberto y a los estudiantes Carlos y Alejandro por su incondicional ayuda en la elaboración de figuras, gráficas y fotografías que fueron digitalizadas, por su habilidad en el manejo del equipo y por las horas y horas que pasaron trabajando hasta lograr los mejores resultados.

A Marilú, Alfredo, Soco y demás colaboradores de Atención a Usuarios del centro de cómputo, de la UAM-Izt., por su asesoría y préstamo de equipo.

Finalmente quiero hacer un agradecimiento muy especial al Laboratorio de Física Docencia de la División de C.B.I. UAM-Izt., quien hizo posible la culminación y presentación de la presente tesis.

RESUMEN

México en su extenso litoral, cuenta con una gran diversidad y abundancia de macroalgas marinas, estos organismos han sido objeto de numerosos estudios sobre taxonomía, distribución y ecología entre otros. La citogenética es una línea de investigación que hasta el momento a sido poco desarrollada dentro de la Ficología, a pesar de que gracias este tipo de estudios se ha permitido conocer otros aspectos, de la biología de las especies algales, como por ejemplo, a través del análisis cromosómico se han reconocido las diferencias, similitudes y variaciones de los ciclos de vida de numerosas especies de los diversos grupos de algas, así como importantes datos para la solución de muchos problemas en el ámbito de la taxonomía y sistemática.

El objetivo del presente trabajo fue la determinación del número cromosómico y el cariotipo de las siguientes especies: *Ahnfeltiopsis gigartinoides*, *Gelidium sclerophyllum*, *Gymnogongrus johnstonii*, *Hypnea johnstonii*, *Hypnea pannosa* e *Hypnea spinella*, colectadas en Playa "Las Cuatas" Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero. El análisis cromosómico se realizó siguiendo las técnicas citogenéticas con aceto-orceína y aplastamiento "squash". Obteniéndose los siguientes resultados: las especies *Hypnea johnstonii* e *Hypnea pannosa* presentaron un valor de $2n=10$, *Hypnea spinella* presentó un valor de $2n= 8$. De *Ahnfeltiopsis gigartinoides*, se obtuvo el valor haploide de $n= 4$ y el diploide $2n= 8$. El valor obtenido para *Gymnogongrus johnstonii* fue de 8 cromosomas, éste valor fue considerado indeterminado debido a que el ciclo de vida de esta especie es isomórfico y los especímenes trabajados estaban en estado vegetativo, careciendo por tal razón de elementos morfológicos que permitan la definición de la fase cromosómica en la que se encontraba. Para *Gelidium sclerophyllum* se hizo un estudio estacional de 6 manchones poblacionales y se determinaron 4 cromosomas como el número más frecuente en la especie, sin embargo, se presentaron variaciones amplias, entre 3 y 10 cromosomas, que tienen varias posibles interpretaciones. Estas son discutidas ampliamente en el texto de la tesis.

I. INTRODUCCIÓN

En el amplio litoral mexicano se encuentran numerosas especies de macroalgas bentónicas. Diversos tipos de estudios se han realizado en nuestras costas desde hace más de un siglo pero el mayor énfasis ha sido puesto en la realización del inventario y a la fecha se tiene un conocimiento desigual de la diversidad algal en las distintas regiones de nuestro país (para una revisión ver González-González *et al.*, 1996; Dreckmann, 1998).

Contamos también, con estudios de casos particulares de tipo taxonómico que hacen revisiones de problemas particulares sobre ubicación y delimitación de algunos grupos de algas en diferentes niveles taxonómicos (León-Alvarez, 1996; León-Alvarez *et al.*, 1997; Pedroche, 1998; Pedroche y Silva, 1996; Riosmena-Rodríguez y Siqueiros-Beltrone, 1990; Rocha-Ramírez y Siqueiros Beltrones, 1990; Rodríguez, 1989; Senties, 1993, 1995) por mencionar sólo algunos de ellos.

Sobre ecología de comunidades los trabajos son aún mucho más escasos y podemos mencionar algunos ejemplos en el Caribe mexicano (Collado-Vides, 1992; Collado-Vides y González-González, 1993; León-Tejera, 1980; Torres, 1991; Torruco *et al.*, 1993), la revisión sobre la dinámica de las comunidades del intermareal rocoso en el Pacífico Tropical Mexicano (PTM) (González-González, 1992a, 1993; León-Tejeda, 1986) y algunos análisis estructurales en comunidades de algas intermareales (De la Mora, 1996; Serna, 1996) y submareales (López, 1993, 1997; López *et al.*, 1998) para las costas de Guerrero. Asimismo para Baja California (Aguilar, 1982; McCourt, 1984b; Nuñez-López y Casas-Valdez, 1998; Sánchez *et al.*, 1989).

Los estudios sobre aspectos de la dinámica poblacional están prácticamente restringidos a ambas costas de la península de Baja California (Aguilar y Aguilar, 1985; Aguilar y Machado, 1990, 1991; Casas-Valdez *et al.*, 1993; Espinoza y Rodríguez, 1985, 1986, 1987, 1989; Hernández-Carmona *et al.*, 1990; McCourt, 1984a, 1985; Muñetón, 1987, 1989; Nuñez-López y Casas-Valdez, 1997; Pacheco-Ruiz *et al.*, 1998; Sánchez, 1996) y recientemente a la costa norte de Yucatán en el Golfo de México (Orduña y Robledo, 1996; Pelegrin y Robledo, 1996) y Quintana Roo (Espinoza-Avalos, com. per.) y están en su mayoría relacionados con la valoración de las algas como un recurso natural

explotable y orientados a proponer causas de manejo y explotación del mismo. Cabe mencionar que históricamente y hasta la fecha, sólo las costas de Baja California han sido sujeto de explotación porque es la región en donde se encuentran las praderas algales más importantes de nuestro país en cuanto a la biomasa disponible naturalmente. Este es el caso de especies como *Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C. Agardh, *Gelidium robustum* (Gardner) Hollenberg *et* Abbott y *Gigartina canaliculata* Harvey y en forma incipiente se ha utilizado a *Euchema uncinatum* Setchell *et* Gardner y *Porphyra perforata* J. Agardh (Aguilar-Rosas *et al.*, 1982; Guzmán del Proo, *et al.*, 1986; Zertuche-González, 1993, 1994; Zertuche-González, *et al.*, 1993; Zertuche-González, *et al.*, 1998).

No obstante lo anterior, se tiene conocimiento preliminar que muchas de las especies presentes en la región tropical del Pacífico así como en el Golfo y Caribe mexicano tienen un potencial valor de explotación por las utilidades reconocidas en especies afines en otras partes del mundo e incluso por los resultados obtenidos en estudios aún pioneros sobre la presencia de principios activos (De Lara y Ponce-Márquez, 1992; De Lara *et al.*, 1993, 1994) farmacológicamente útiles en especies mexicanas; para obtención de coloides (Casas-Valdez, 1985) o incluso como alimento humano, permitiendo reconocer que aún queda mucho por saber sobre el recurso ficológico en nuestro país.

En el contexto anterior se inscribe el presente trabajo de tesis que tiene como finalidad abordar un ámbito del estudio de las algas prácticamente inexplorado en nuestro país y que constituye una fuente importante de información útil sobre las macroalgas. Esta es la genética y más específicamente la citogenética.

Los estudios citogenéticos en especies algales datan de 1904 y tienen como objetivo fundamental, la determinación del número cromosómico, elaboración de cariotipos que han servido para el entendimiento de historias de vida y han aportado datos comparativos valiosos en los estudios taxonómicos y sistemáticos.

Dada la falta de información citogenética de las algas en México, esta tesis pretende una primera incursión en este amplísimo campo de investigación, partiendo desde el ajuste metodológico con la prueba de diferentes técnicas

particulares, hasta la obtención de los números y morfología cromosómica, así como la presentación de los cariogramas de algunas especies que por sus características biológicas constituyen un potencial recurso en las costas del PTM (todas las especies estudiadas de los géneros *Ahnfeltiopsis*, *Gelidium*, *Gymnogongrus* e *Hypnea*, son productoras de algún ficocoloide), pero contextualizado por el conocimiento acumulado sobre dichas especies, principalmente en la zona de estudio, las costas de Guerrero, y orientado a contribuir a la resolución de algunos problemas detectados, particularmente en el ámbito de la taxonomía.

De esta manera, si bien el estudio corresponde a la primera fase de desarrollo de un proyecto particular sobre Estudios Genéticos de Macroalgas marinas mexicanas (bajo mi responsabilidad), también está acoplado al proyecto Macroalgas del Pacífico tropical mexicano que se desarrolla en el laboratorio de Ficología de la Facultad de Ciencias, UNAM, desde hace dos décadas.

En otras palabras, el presente estudio intenta abrir un campo de investigación explorando, en la medida de lo posible, las repercusiones que la información citogenética pueda tener en el conocimiento integral de las especies estudiadas.

Por tal razón, la lógica de reflexión de esta tesis gira principalmente alrededor de esa entidad biológica fundamental que es la especie, concebida como un proceso de expresión multidimensional en tiempo y espacio y construida como objeto de estudio justamente a partir de las propias cualidades del genoma y de la particular forma de aproximación de la citogenética, todo lo cual se sintetiza en el capítulo de marco teórico.

Una síntesis del conocimiento citogenético acumulado sobre especies algales, es descrita a continuación, precedida por los principios teóricos de la genética clásica que permiten un mejor entendimiento de los procedimientos utilizados y de los resultados obtenidos en una historia de casi un siglo de esfuerzos por dilucidar el significado de la particular expresión del ADN como cromosomas, principalmente en las algas rojas.

Posteriormente y a manera de justificación, se expresan las razones inmediatas que originaron el estudio que aquí se presenta y como antecedente de la exposición de los objetivos general y particulares que condujeron este trabajo.

En secciones separadas se incluyen todos los procedimientos, métodos y técnicas utilizadas en la realización de las diferentes etapas de la investigación, así como una descripción del área de estudio.

En el capítulo siguiente y conformando una unidad, se incorporan los resultados y su discusión por cada una de las especies estudiadas, con la intención de establecer las relaciones inmediatas entre la información biológica previa (descripciones, ciclos de vida), los datos citogenéticos obtenidos y las repercusiones de los mismos.

Finalmente se incorpora una sección de consideraciones finales que pretende una síntesis global del trabajo y algunas líneas de reflexión sobre la proyección de este trabajo.

II. MARCO TEÓRICO

Los seres vivos son manifestaciones de una forma compleja de organización de la materia y la energía, que posee la capacidad de expresarse de maneras distintas en su acontecer espacio-temporal a través de su cualidad de cambio es decir, las cualidades de alterarse, alterar y ser alterados. Cada individuo tiene unidad y continuidad en sí mismo a través de la información de su propio genoma cuya propiedad principal es la de mantener la misma información a través del curso de todo el desarrollo ontogenético, dando unidad y continuidad al individuo, pero al mismo tiempo tiene la posibilidad de expresarse diferencialmente a lo largo del tiempo, permitiendo el cambio y la diversidad (González-González, 1992).

Este proceso de identidad-alteridad (inscrito en el propio genotipo) de los seres vivos en interacción e interdependencia con el metabolismo, la reproducción, la variación y la consecuente adaptación, procesos que representan la manifestación diferencial de la información genética, constituyen la razón de la autopropagación de la vida. La autopropagación se ve modificada con las nuevas cualidades provocadas por la mutación y recombinación genéticas, que incrementa y acumula las capacidades potenciales en las diferentes entidades biológicas, es decir su capacidad de bioapócrisis (González-González, 1992b).

Definir a las anteriores entidades biológicas, las especies, ha sido durante siglos el centro de discusión y confrontación entre los biólogos. El concepto de especie hasta el momento no se ha podido unificar y subsisten y coexisten múltiples definiciones que pretenden explicar que es una especie. Se ha discutido arduamente en la literatura, si existen o no las especies en la naturaleza y aunque la mayoría coinciden en que sí, no se ha hecho una clara distinción entre que si es una unidad discreta (especie taxonómica, categoría taxonómica) o si es una unidad no discreta, ya que trata de representar las manifestaciones de los procesos biológicos de las entidades en relación a las condiciones actuales e históricas (Gold-Morgan y González-González, 1998).

Para el caso de las "algas", un conjunto extremadamente variable, heterogéneo y complejo de grupos de organismos autótrofos, que poseen niveles de organización semejantes, que ha sido el producto de evoluciones paralelas, a

partir de ancestros distintos los cuales han tenido respuestas semejantes y resultado en caminos evolutivos paralelos con estadios similares (González-González, 1992b), resulta difícil ubicarlas dentro de algunos de los conceptos de especie existentes.

Definir entonces, a la especie como "un conjunto de individuos que se organizan como fases de un organismo (ciclo de vida), como una población y como conjuntos de poblaciones con continuidad-discontinuidad entre ellas, que a través de respuestas emergentes de capacidad inmanente de su metabolismo y reproducción, generan variación que permite la adaptación en cada momento de su existencia, con el que autoperpetúa su protoplasma específico en el mismo y en diferentes ambientes" (Gold-Morgan y González-González, 1998), constituye una alternativa de aproximación a las especies algales. "El concepto debe adecuarse a cada tipo de especie de alga, porque se trata de seres muy diferentes como individuos, como organismos (sus ciclos de vida pueden ser asexuales, sexuales con o sin alternancia de generaciones); diferentes en la estructura dinámica y complejidad de las poblaciones, así como existe diferencia entre las relaciones interpoblacionales." (Gold-Morgan y González-González, 1998).

El estudio particular de la fuente de la información, el genoma, objetivo de la Genética, constituye una disciplina fundamental en la explicación de las cualidades intrínsecas y capacidades manifiestas de los seres vivos, en este caso las especies algales.

Cada especie presenta una dotación genética compuesta por un conjunto de unidades separadas llamadas genes, todos ellos formados por la misma sustancia química básica (ADN). Es esta unidad de estructura de los genes la que proporciona la homogeneidad del genotipo de una población o de la especie. Son los mismos genes los que actúan en todos los individuos de una especie, sin embargo dichos genes se pueden presentar en diferentes formas, los alelos, que a su vez son resultado o consecuencia de las mutaciones y pueden expresarse o no hacerlo, en diferentes momentos

La genética, incluidas desde la citogenética hasta la genética molecular junto con la citología, bioquímica y biofísica han hecho evidente que existe

cercanía entre la gran diversidad de los seres vivos; las características de unidad entre todos ellos y en las que basan su estructura y funcionamiento, son las bases nitrogenadas: adenina, guanina, citosina, y timina, que junto con el fosfato y la desoxiribosa, forman la molécula biológica ADN (ácido desoxiribonucleico) (Tavlitzki, 1987). Los genes están constituidos por segmentos de ADN los cuales se definen por el orden en que se encuentran las bases nitrogenadas. Por otra parte, se conocen, los sistemas que aseguran la transcripción y traducción de los mensajes genéticos que conducen a la síntesis de proteínas que son los mismos para todo ser vivo del planeta. (Puertas, 1992).

A lo largo de la historia de la tierra, todos los seres del planeta han estado sujetos a una selección, eliminación y modificación en la composición de las bases de ADN como consecuencia de las mutaciones y recombinaciones, incorporación o pérdida de segmentos de esta molécula, dando como resultado que los organismos se encuentren adaptados al medio en que viven, siendo a su vez capaces de utilizar la reserva de genes si las condiciones del ambiente cambiaran (Tavlitzki, 1987).

Los individuos de una población natural nunca son o serán genéticamente idénticos; en el acervo genético de las poblaciones existe variabilidad genética entre los individuos, conduciendo a los cambios en la estructura genética de la población (Roughgarden, 1996).

En el contexto anterior, los estudios del genoma a través de las unidades morfofuncionales que son los cromosomas, como el que se propone en esta tesis, pretenden además de determinar los números de ploidía y la forma de los cromosomas de individuos algales, comenzar a explicar como esas características cromosómicas se expresan en el acontecer espacio-temporal de las diferentes entidades biológicas que conforman las especies a las que pertenecen.

III. ANTECEDENTES

III.1 Genética y Citogenética

Johann Gregor Mendel (1822-1884), dio a conocer las leyes de la herencia en 1866, pero no fue sino hasta el año de 1905 en que Bateson nombró Genética a esta disciplina y adquirió la importancia que hasta nuestros días tiene como ciencia. La Genética ha construido sus cimientos a través de la observación y experimentación con diversos animales y plantas, permitiendo la interpretación de fenómenos tanto regulares como esporádico de la herencia. Así se han establecido las leyes de transmisión de los caracteres hereditarios y los efectos que tiene el medio sobre los genes y se siguen realizando análisis de mutación y selección que se manifiestan como variaciones cualitativas y cuantitativas de la población, para proponer explicaciones sobre los mecanismos de la evolución de los seres vivos, así como para aproximarse a un manejo experimental, cada vez más preciso de especies de plantas y animales para mejorar su calidad y resaltar algunos caracteres de importancia comercial y ecológica, entre otras cosas.

La Genética es una disciplina fundamental en las ciencias biológicas. Todos los seres vivos son producto de "la naturaleza y la crianza", las unidades hereditarias (genes) proporcionan la "naturaleza" al organismo- potencialidad y limitaciones biológicas- mientras que el ambiente proporciona la "crianza", interaccionando con los genes (o sus productos) para dar al organismo las características peculiares anatómicas, fisiológicas, bioquímicas y conductuales que poseen (Stansfield, 1992).

Quizá una razón por la que los descubrimientos de Mendel no fueron apreciados por la comunidad científica en 1865, fue que aún no se relacionaban los mecanismos de reproducción celular, la mitosis y la meiosis, con su trabajo. Durante los años 1870-1900 se lograron rápidos avances en el estudio de las células (citología). Al redescubrirse los trabajos de Mendel en 1900, ya se tenían las bases citológicas que hicieron comprensibles las leyes probabilísticas de la genética en términos de unidades físicas (Stansfield, 1992) surgiendo posteriormente la citogenética.

La citogenética se define como una disciplina biológica que estudia los fenómenos de la herencia en relación con la dotación cromosómica de la célula; estudia el número y morfología de los cromosomas con respecto de su transmisión genética, así como todas las partes de la célula que directa o indirectamente intervienen en la genética a nivel celular (Robles, 1982). Los cromosomas son los portadores de los factores hereditarios (los genes), que consisten en largas moléculas de ADN y aproximadamente una masa igual de proteínas y sólo en forma condensada, se pueden observar durante la división celular. Cada especie posee un número de cromosomas específico que caracteriza a la especie, de ahí que la importancia de los estudios sobre cromosomas pueda ser en dos aspectos: sus características morfológicas y de comportamiento pueden ser empleados en la clasificación de especies y segundo, aclarar estudios genéticos y evolutivos en la formación de especies (García, 1977). Swanson *et al.*, (1981 en Cole, 1990), menciona que los cromosomas de una especie son el producto de las presiones evolutivas, por lo que debieron haber tenido un alto valor selectivo desde el tiempo de su aparición.

Los individuos poseen un número y morfología cromosómica específicos; cada célula somática, en organismos superiores, contiene un juego de cromosomas (homólogos) del progenitor paterno, el número cromosómico de este juego doble es llamado diploide ($2n$); en organismos como las algas, este número se presenta en la fase tetrasporofítica. Las células sexuales o gametos contienen la mitad del número de cromosomas presentes en células somáticas llamado número haploide (n); en las algas los talos gametofitos poseen este número cromosómico, tanto el gameto femenino como el masculino (Stansfield, 1977).

La morfología de los cromosomas se puede apreciar durante ciertas fases de la división nuclear (profase, metafase y anafase) lo que permite distinguir los cromosomas de un genoma contra los de otro genoma, a través de la descripción de los mismos, siguiendo criterios como la longitud relativa del cromosoma, posición del centrómero que dividen al cromosoma en dos brazos de longitud variable: metacéntrico, submetacéntrico, acrocéntrico y telocéntrico; otro criterio sería la presencia de satélites (pequeñas extensiones terminales de material cromatínico) entre otros. Los cromosomas son numerados consecutivamente según la longitud, comenzando por los más largos. En algunas especies de algas se han utilizado estos criterios para la clasificación de sus cromosomas, sin

embargo, en la mayoría de las especies no es posible, por la forma redonda u ovalada y el tamaño tan pequeño que presentan; en estos casos se elaboran cariogramas utilizando el criterio de longitud acomodando a los cromosomas de mayor a menor longitud.

El número y morfología de los cromosomas son utilizados en citotaxonomía, todos los individuos de una especie, poseen el mismo número cromosómico; las especies de un género pueden presentar diferencia en el número cromosómico o morfología y éstas han aportado información que ha permitido resolver problemas de distinción entre especies y reconocer sendas evolutivas a través de la comparación de la relación numérica y estructural de sus cromosomas.

Sin embargo existen excepciones. En individuos de la misma especie pueden presentarse variaciones en el número cromosómico, ya sea por aumento (duplicación) o disminución (pérdida) de cromosomas y estos cambios pueden reflejarse en variaciones fenotípicas (características morfológicas o fisiológicas) las cuales podrían resultar benéficas para la especie o para el hombre, si estos cambios se manifiestan en la calidad y cantidad de producto explotable.

Los cambios cromosómicos se deben a adiciones o pérdidas de partes cromosómicas o cromosomas enteros o bien series completas de cromosomas (genomas); a esto último se le llama aneuploidías y poliploidías (Gardner, 1974). En la naturaleza es común encontrar variación en el número de cromosomas (ploidia), el término euploidía se aplica a aquellos organismos que tienen un número cromosómico que es múltiplo del número básico X , (número haploide (n) y diploide ($2n$)). Asimismo la poliploidía es cuando un individuo posee un número cromosómico mayor a $2n$ (diploide) el cual puede ser: triploide ($3n$), tetraploide ($4n$), pentaploide ($5n$) etc.

Las aneuploidías se refieren a las variaciones en el número cromosómico, que no son juegos completos, sino solamente partes de ellos, esto es, no es múltiplo exacto del número haploide; puede ser hiperploide por ejemplo $4n+1$ o hipoploide $4n-1$ (monosómico $2n-1$, trisómico $2n+1$, tetrasómico $2n+2$) (Stansfield, 1977).

Los cromosomas también sufren cambios estructurales, lo que presupone el rompimiento de los cromosomas y los fragmentos pueden reunirse para formar nuevos arreglos de ligamiento; durante este proceso pueden ocurrir pérdidas o adiciones de un segmento cromosómico, a esto se le llama aberración cromosómica. Estos arreglos pueden ser de varios tipos como, deleción (parte cromosómica perdida), duplicación (parte cromosómica añadida), inversión (desprendimiento y reunión en el orden inverso de secciones cromosómicas) y translocación (partes cromosómicas desprendidas y reunidas, en cromosomas no homólogos).

Estos rearrreglos son comunes en la naturaleza y muy probablemente desempeñan un papel importante en la evolución de las especies y pueden ser inducidos, mediante radiación, ionización y agentes químicos (Gardner, 1974).

Los datos cromosómicos ofrecen a la sistemática un conjunto de caracteres que le permiten analizar y sentar bases muy importantes para la definición de especies, el proceso de especiación y el análisis filogenético para grupos en los que la similitud morfológica que se estudia de forma clásica, hace difícil o imposible analizar distintos taxa. Los datos cromosómicos y moleculares se han convertido en una parte básica que debe mencionarse en un trabajo sistemático (Nieto y Llorente, 1989).

III.2 Citogenética de las macroalgas bentónicas marinas

En el presente siglo el conocimiento de los cromosomas de las algas se ha considerado básico para el entendimiento de historias de vida y ha proporcionado valiosos datos corroborativos en los estudios taxonómicos y sistemáticos de especies, ha contribuido al entendimiento de la biología reproductiva de las algas y se ha utilizado para tipificar historias de vida, determinar apomeiosis, apomixis (partenogénesis y apogamia) e incrementos espontáneos en el número cromosómico (autopoliploidías) (Lewis, 1996).

Los primeros antecedentes sobre la realización de estudios citogenéticos en Rhodophyta datan del año de 1904 con los estudios de Wolfe sobre la especie *Nemalion helminthoides* (Velley) Batters (como *N. multifidum*) quien encontró que

presentaba un número cromosómico de $n= 8$ y $2n= 16$; posteriormente Yamanouchi (1906) determinó el número cromosómico de la especie *Polysiphonia flexicaulis* (Harvey) Collins (como *P. violacea*) de $n= 20$ y $2n= 40$; Lewis en el año de 1909 dio a conocer los números cromosómicos de *Griffithsia globulifera* Harvey et Kützing (como *G. bornetiana*), $n= 7$ y $2n= 14$.

Las primeras listas publicadas de los números cromosómicos en especies de Rhodophyta las realizaron Magne (1964) y Dixon (1966); veinticinco años después Cole (1990), duplicó el número de especies de la lista, lo que indica un incremento en el interés por los estudios citogenéticos de estos organismos y en síntesis se puede establecer que el número cromosómico haploide de las especies de Rhodophyta, varía desde $n=2$ en Porphyridiaceae (Porphyridiales) y Bangiaceae (Bangiales) hasta $n=68-72$ en Polyideaceae (Gigartinales) y son prácticamente desconocidos datos para especies de Acrochaetales, Bangiales, Batrachospermales, Compsopogonales, Gelidiales, Nemaliales, Porphyridiales y Rhodochaetales.

En el caso particular de las Rhodophyta, división a la que pertenecen las especies consideradas en el presente estudio, ha sido difícil de determinar con precisión la morfología de los cromosomas, sin embargo, se pueden describir como esféricos o alargados y estos últimos pueden ser rectos o semicurvados (Dixon, 1973); las medidas no se expresan comúnmente ya que son muy difíciles de delimitar, así como señalar la posición del centrómero, las regiones organizadoras nucleolares y los patrones de bandeo. No obstante, en algunas especies como *Furcellaria lumbricalis* (Hudson) Lamouroux, *Polysiphonia flexicaulis* (Harvey) Collins, *Wrangelia argus* (Montagne) Montagne, *Bangia vermicularis* Harvey y *Porphyra papenfussii* Krishnamurthy, se ha descrito la morfología de sus cromosomas como metacéntricos, submetacéntricos o subacrocéntricos y, en especies como *Rhodothamniella floridula* (Dillwyn) J. Feldmann y *Corallina officinalis* Linnaeus son metacéntricos y telocéntricos. Esto ha sido posible gracias a que los cromosomas de estas especies presentaron forma de bastoncillo, más parecida a la forma común y a la ubicación del centrómero durante la división celular; asimismo se han logrado observar las regiones organizadoras nucleolares en *Porphyra papenfussii* y *Bangia vermicularis* (Cole, 1990).

Los estudios cariotípicos proveen información sobre variaciones en el número y la morfología de los cromosomas y gracias a ellos han detectado translocaciones, inversiones, fusiones, deleciones y no disyunciones que con frecuencia proveen de valiosos indicios sobre los procesos y tendencias evolutivas en organismos superiores. Dentro de las Rhodophyta, resulta difícil describir éstos fenómenos por la presencia de numerosos cromosomas muy pequeños y esféricos, sin embargo, se ha propuesto la presencia de fenómenos tales como: deleción en *Porphyra rosengurtii* Coll et Cox (Kapraun y Freshwater, 1987) y fusión seguida de una no-disyunción en *Bangia vermicularis* (Cole et al., 1983).

En las especies de algas rojas estudiadas en diversas regiones del mundo, se conocen muy pocos cariotipos que incluyan las diferentes medidas de los cromosomas y la posición del centrómero el cual se observa durante la mitad de la profase porque los cromosomas de las algas rojas son muy pequeños alcanzando dimensiones que van de 0.25 μm a 3.5 μm (Cole, et al., 1983; Del Grosso, 1981; Kapraun y Freshwater, 1987; Rao, 1971), en comparación por ejemplo, con los cromosomas mitóticos de las plantas superiores y de las Chlorophyta, que miden de 6 a 10 μm (Sarma, 1983; Stebbins, 1976).

Son pocas también, las figuras y los diagramas que muestran a los cromosomas ordenados. Los ideogramas o cariogramas que muestran a los cromosomas ordenados según su longitud en sentido decreciente, facilitan el análisis de su tamaño y forma en los estudios intra e interespecíficas.

Pese a las dificultades y limitaciones mencionadas en el estudio de los cromosomas de las especies de algas rojas, se cuenta con un número significativo de estudios relacionados, de los cuales se presenta a continuación una síntesis de los relacionados con algún aspecto citogenético.

Dentro de las Bangiophyceae, Cole et al. (1983) estudiaron el cariotipo y estacionalidad reproductiva del género *Bangia*, determinando para *Bangia atropurpurea* (Roth) C. Agardh un número cromosómico haploide de 3 y 4 para la especie *Bangia vermicularis* Harvey; Kapraun et al. (1991) indicaron que, gracias a los estudios cariológicos, se conoce más acerca de la alternancia de fases en las historias de vida de algunas especies del género *Bangia* y se han reconocido asociaciones estrechas entre algunas especies de este género.

Las investigaciones genéticas sobre *Porphyra* son numerosas Lindstrom y Cole, (1992b) hicieron una comparación entre *Porphyra lanceolata* (Setchell et Hus) Smith y *Porphyra pseudolanceolata* Krishnamurthy a través de isoenzimas y, también determinaron el número cromosómico de las especies, resultando ser $n=3$ para ambas. Kapraun et al. (1991) estudiaron la variación del ADN nuclear en las especies *Porphyra leucosticta* Thuret en Le Joli y *Porphyra spiralis* Oliveira Filho et Coll y encontraron que las medidas del genoma fueron muy similares, relacionándolo posteriormente con los números cromosómicos que presentaban dichas especies, $n=3$ y $n=4$ respectivamente, lo que los llevó a proponer que en la especie hubo un proceso de fusión y translocación y que muy probablemente dio lugar a la especiación entre estas entidades.

Tseng y Sun, (1989) determinaron el número cromosómico de células vegetativas y en espermatangios de 6 especies de *Porphyra* de China, encontrando un valor de $n=3$ para las especies *Porphyra tenella* Kjellman, *Porphyra yezoensis* Ueda, *Porphyra oligospermatangia* Tseng et Zheng, *Porphyra marginata* Tseng et Chang y $n=5$ en *Porphyra hastanensis* Tseng et Zheng, *Porphyra katadas* var. *hemiphylla* Tseng et Zheng; Coll y Oliveira (1977) confirmaron el ciclo de vida y determinaron la presencia de 4 cromosomas en células reproductoras del espermatangio y carpogonio de la especie *Porphyra leucosticta*.

Mumford y Cole (1977) estudiaron el número cromosómico de 15 especies de *Porphyra* en las que encontraron un valor haploide que va de 2 a 5; sin embargo en la mayoría de las especies predominó el número cromosómico 3. Estas especies fueron colectadas en la costa oeste de Norteamérica. Kapraun y Freshwater (1987) efectuaron estudios cariológicos de cinco especies de *Porphyra* del Atlántico Norte y del Mediterráneo, encontrando para *Porphyra carolinensis* Coll et Cox, *Porphyra leucosticta*, *Porphyra spiralis*, *Porphyra umbilicalis* (Linnaeus) J. Agardh, un número haploide de 4 y de 3 para *Porphyra rosengurtii* Coll et Cox.

Krishnamurthy (1984), enfatizó la importancia de considerar el número cromosómico como un carácter taxonómico, que en varias ocasiones, ha ayudado a deslindar similitudes muy estrechas entre especies de *Porphyra*, como ocurrió en el caso de las especies que habitan en el Pacífico Noreste, que son muy

semejantes morfológicamente, pero difieren en el número cromosómico: *Porphyra abbottae* tiene $n=3$, *Porphyra perforata* $n=2$, *Porphyra lanceolata* $n=3$ y *Porphyra pseudolanceolata* $n=5$ (Mumford y Cole, 1977).

De la clase Florideophyceae, se pueden mencionar, también, algunos estudios citogenéticos, en géneros de los siguientes órdenes: Gelidiales, Ceramiales, Gigartinales y Rhodymeniales.

Dentro del orden Gelidiales, en el género *Gelidium* hay un mayor número de estudios, por ejemplo los realizados por Kapraun y Bailey (1989) quienes cuantificaron en *Gelidium pusillum* (Stackhouse) Le Jolis, el contenido del ADN, encontraron fluctuaciones relacionadas con la alternancia de fases del ciclo de vida de la especie y también determinaron el número cromosómico encontrando un valor de $n=10$ y $2n=20$. Kapraun *et al.* (1993b) realizaron estudios sobre el número cromosómico de las especies *Gelidium americanum* (W. Taylor) Santelices, *Gelidium serrulatum* J. Agardh y *Gelidium floridanum* W. Taylor, siendo éstos $n=12$, $n=10$ y $n=6$ respectivamente.

Maggs y Rico (1991) determinaron que el número cromosómico de *Gelidium latifolium* (Greville) Bornet *et* Thuret en cultivo de ápices vegetativos del tetrasporofito, era de $2n=58 \pm 4$ y detectaron en el mismo tetrasporofito células con 29 ± 2 cromosomas; los autores determinaron que se trataba de cromosomas meióticos. Carter (1993) realizó el estudio cromosómico de la especie *Gelidium pristoides* (Turner) Kützting, el número haploide varió de 13 a 17 y el diploide de 28 a 33; otras de las especies que han sido objeto de estudios cariológicos son *Gelidiella acerosa* (Forsskål) J. Feldman *et* Hamel y *Acanthopeltis japonica* Okamura, cuyo número cromosómico es de $n=6$, $2n=12$ y $n=15$, $2n=30$ respectivamente (Kaneko, 1968; Kapraun *et al.*, 1994b).

En las Ceramiales, Cole (1990) señala que se han podido estimar similitudes y diferencias citogenéticas en algunas especies de varios géneros en Ceramiales a través de observaciones de pares cromosómicos meióticos y las medidas relativas de los cromosomas.

En Gigartinales, se han realizado estudios en el género *Gracilaria* como los efectuados por Yabu y Yamamoto (1988) y Godin, *et al.*, (1993) quienes

determinaron el número cromosómico de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss y el número cromosómico e hibridación de *Gracilaria foliifera* (Forssk) Börg y *Gracilaria sp* fue determinado por McLachlan *et al.* (1977) encontrando un valor de $n= 24$ y $2n= 48$ en ambas especies; en la especie *Gracilaria tikvahiae* se determinó la presencia de poliploides (van der Meer, 1981; Patwary y van der Meer, 1983d); van der Meer y Todd (1977) detectaron la presencia de tetrasporofitos triploides en *Gracilaria tikvahiae* debida a una recombinación mitótica en la especie.

La información cromosómica se ha utilizado como una característica taxonómica, para la distinción de especies morfológicamente similares entre varios géneros. Runess (1978) indica que la capacidad de variación estructural y reproductiva en las algas marinas es mayor que en cualquier otro grupo de plantas, este grado de plasticidad tiene como resultado numerosas dificultades en estudios taxonómicos, investigaciones ecológicas e interpretaciones de historias de vida, particularmente en los miembros de Florideophyceae, aunque, también ocurre en los otros grupos algales.

Esto, incrementa la necesidad de realizar investigaciones sobre citotaxonomía y es evidente que las algas no son una excepción para que la genética sea utilizada como herramienta en el mejoramiento de especies de importancia comercial a través de la manipulación de genes y para ello, es importante el conocimiento previo de los cromosomas de una especie pues una vez conociendo el número, la morfología y el comportamiento de los cromosomas, se puede proceder a la determinación de la ubicación de los genes y con ello su manipulación.

IV. JUSTIFICACION

Como se evidencia en los anteriores antecedentes y coincidiendo con el análisis de Kapraun (1993a), aun existen muy pocos ficólogos dedicados a realizar estudios sobre genética en algas a pesar de que actualmente ha aumentado el interés de los investigadores sobre este ámbito del conocimiento. Hoy en día se cuenta con el registro cromosómico de 290 especies, aproximadamente el 8.2%, de las 3 500 especies de algas rojas reportadas hasta el momento.

Muchos de estos estudios, se refieren sólo a la determinación del número cromosómico, el cual ha servido en muchos casos para establecer en las historias de vida el acontecimiento y posición de la meiosis y para elaborar los cariotipos. La comparación del número cromosómico se ha utilizado para detectar individuos poliploides dentro de la especie, así como, en algunos casos, las diferencias en el número cromosómico entre dos entidades similares, han provisto evidencias que permiten colocar a las entidades en especies separadas (Lewis, 1996)

No obstante, México carece de estos estudios y es por ello que se considera de gran relevancia abrir líneas de investigación en los diferentes aspectos genéticos como lo serían la citogenética y la genética molecular.

Por tanto, el presente trabajo es el primer esfuerzo que en la Ficología mexicana, se realiza en el ámbito de la Genética, cuyos resultados aún preliminares constituyen sólo el punto de partida de investigaciones que tiendan a contribuir al mejoramiento del recurso algal de nuestro país y eventualmente a su manejo y explotación.

V. OBJETIVOS

V.1 Objetivo General

Contribuir al conocimiento de la biología de las especies algales a través de la investigación citogenética.

V.2 Objetivos Particulares

1. Determinar el número cromosómico (n , $2n$ y posibles poliploidías) de las especies: *Hypnea johnstonii* Setchell et Gardner, *Hypnea pannosa* J. Agardh e *Hypnea spinella* (C. Agardh) Kützinger, *Ahnfeltiopsis gigartinoidea* (J. Agardh) P.C. Silva et DeCew, *Gymnogongrus johnstonii* (Setchell et Gardner) Dawson y *Gelidium sclerophyllum* Taylor.
2. Elaborar los cariotipos y cariogramas de cada una de las especies estudiadas.
3. Actualizar el conocimiento de los números cromosómicos en especies de Rhodophyta.

VI. AREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en el Estado de Guerrero en la localidad denominada playa "Las Cuatas" Ixtapa, Zihuatanejo, situada al noroeste del estado.

Ubicación del estado de Guerrero

El litoral de Guerrero se encuentra en la porción central del Pacífico tropical mexicano, al SW de la República Mexicana, ubicado entre los 16° 18' y 18° 48' de latitud N y 98° 03' y 102° 12' de longitud W. La línea de costa tiene una extensión de 485 Km, el Puerto de Acapulco divide a esta ribera en dos partes: la Costa Grande, en dirección NW, hasta el Río Balsas y la Costa Chica, al SE, colindando con el estado de Oaxaca, el estado cuenta con una superficie de 63 794 Km (Figura 1)(López, 1997).

Geomorfología y principales corrientes

Siguiendo el borde litoral de esta región se desarrolla un sistema montañoso abrupto, la Sierra Madre del Sur, que cruza al estado de Guerrero en dirección NW a ESE, dando lugar a una planicie costera relativamente estrecha. Presenta pocos accidentes litorales de importancia relativa como las bahías de Acapulco, Zihuatanejo y Puerto Marqués, así como las Islas de Ixtapa, en Zihuatanejo y La Roqueta en Acapulco.

Las principales corrientes que presentan influencia en el litoral del estado son: la corriente de California que viene del norte, la corriente de Perú que viene del sur y la Contracorriente Ecuatorial, que es el resultado de la convergencia de las dos corrientes anteriores.

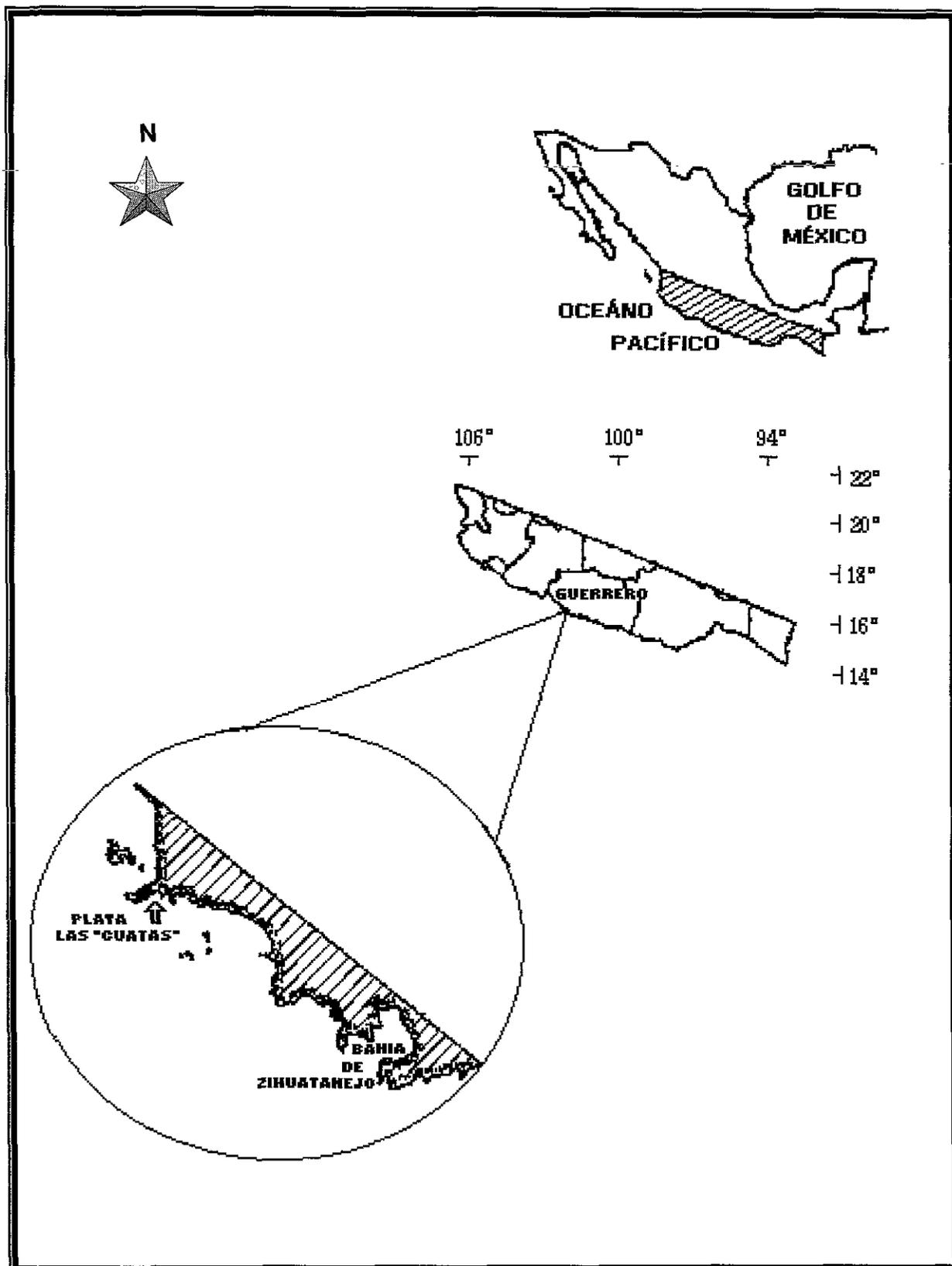


Figura 1.- Área de Estudio, ubicación de playa "Las Cuatas", Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero.

Caracterización fisiográfica de la localidad, playa " Las Cuatas"

Playa "Las Cuatas" se localiza al norte de la bahía de Zihuatanejo, se ubica muy cerca de la punta rocosa de "Punta Ixtapa" al noroeste del poblado de Zihuatanejo. Forma parte del complejo de playas y bahías de la zona, con ubicación geográfica entre los 17° 39' 50" y 17° 39' 59" de latitud norte y los 101° 35' 17" y 101° 35' 37" de longitud oeste, constituyendo parte de la punta rocosa (De la Mora, 1996).

Descripción Ambiental de Playa " Las Cuatas"

Playa "Las Cuatas" recibe este nombre debido a que su litoral se encuentra dividido en dos partes las cuales semejan o aparentan dos medias lunas, delimitadas por un promontorio rocoso, que divide las playas en dos porciones casi del mismo tamaño (Figura 2). En conjunto la playa mide alrededor de 550 m y su orientación con respecto a la línea de costa es de este a oeste. En el extremo este se encuentra un acantilado rocoso de aproximadamente 35 m de altura, en el extremo oeste se encuentran dos canales conocidos como el "Canalón" y el "Canal de Corriente".

Los ambientes fisiográficos que presenta la playa están constituidos por una gran variedad de microambientes que son habitados por las algas así como por otros organismos bentónicos; estos ambientes son riscos en ambos extremos, riscos entre cuatas, pozas o cubetas de marea, canalón, canal de corriente, plataforma rocosa heterogénea y plataforma mixta rocosa-arenosa.

Los riscos son prominencias de roca parcial e intermitentemente sumergidas, dependiendo de su posición, altura respecto del nivel de las mareas y el grado de exposición al oleaje (González-González, 1992a).

Las pozas o cubetas de marea son accidentes irregulares que presentan diversas superficies horizontales, verticales o más o menos inclinadas (pisos y paredes) en formaciones o zonas rocosas que presentan un aislamiento temporal de una pequeña cantidad de agua, por una discontinuidad intermitente con el mar. Cuenta con una notable variación en la estructura y composición de las

comunidades algales, dependiendo de su posición y altura con respecto al nivel de mareas (González-González, 1992a).

Los canales de corriente son grandes separaciones o fracturas de puntas rocosas o acantilados que por su posición y altura permiten la circulación del agua de acuerdo con el ritmo del oleaje y las mareas (González-González, 1992a).

Las plataformas rocosas se consideran bloques de superficie horizontal con escaso relieve, de roca o piedra y arena compactada, poco profundos, parcial o intermitentemente sumergidos (González-González, 1992a).

El sustrato lo conforman principalmente rocas ígneas de tipo extrusivas basálticas, rocas metamórficas y porciones pequeñas de rocas sedimentarias detrítica formada por fragmentos más o menos redondeados (De la Mora, 1996).

La batimetría de la línea de costa es de 2-6 m aproximadamente, la amplitud de las mareas es en general corta, excepto en verano por la presencia de tormentas, la marea más alta sobre el nivel de mar es de 1.20 m y la más baja de 40 cm (Serna, 1996).

La localidad cuenta con una fauna diversa compuesta por moluscos, poliquetos, crustáceos y equinodermos, destacando por su permanencia y abundancia el erizo *Echinometra vanbuntric* y el gasterópodo *Nerita scabricosta* (Rivas-Lechuga *et al.*, (1993)

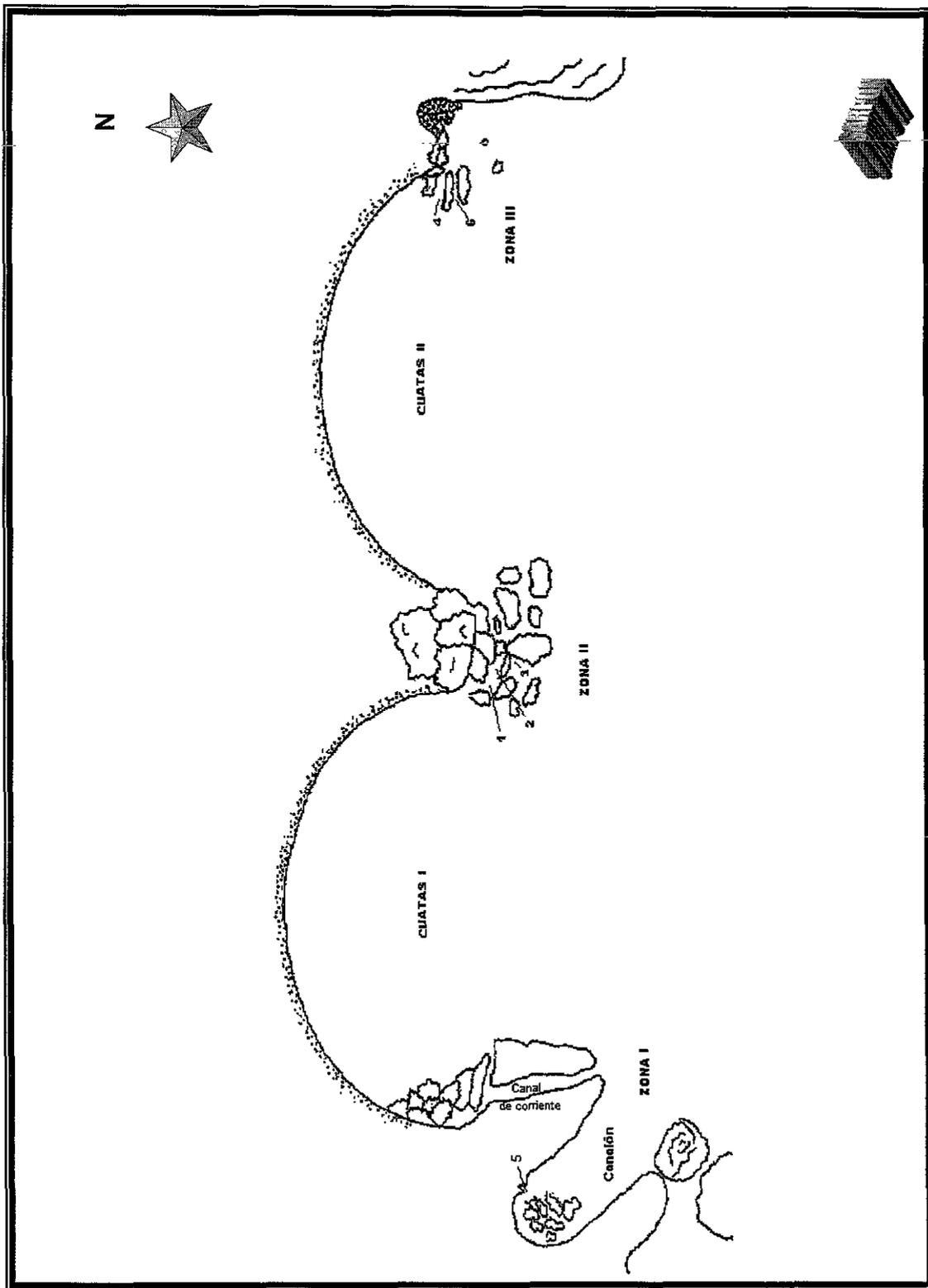


Figura 2.- Ubicación de las zonas de muestreo I, II y III, en playa “Las Cuatas”

VII. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

VII.1 Procedimiento de campo

COLECTA

Se realizaron 4 salidas de campo a la playa "Las Cuatas" Ixtapa, Zihuatanejo, que cubrieron las 4 estaciones climatológicas (primavera, verano, otoño e invierno) durante el ciclo 1995-1996. El muestreo se realizó en la región mesolitoral media y baja en tres zonas rocosas de la localidad, que se denominan zona I (Cuatas I), zona II (entrecuatas) y zona III (Cuatas II) (Figura 2).

La colecta se llevó a cabo de manera manual (Knudsen 1966; Ortega *et al.*, 1993), desprendiendo las plantas desde la parte basal con una espátula o cuchillo, para incluir las zonas de crecimiento que se requieren para los estudios citogenéticos, los ápices o porciones medias, las estructuras reproductoras y los propágulos.

Las especies *Hypnea pannosa*, *Hypnea johnstonii* e *Hypnea spinella*, *Ahnfeltiopsis gigartinooides* y *Gymnogongrus johnstonii*, se colectaron en las tres zonas, durante las cuatro estaciones, tomando muestras equivalentes a una cobertura de 5 cm² aproximadamente, estas especies se encontraron en mayor abundancia, a diferencia de *Gelidium sclerophyllum*.

En el caso de *Gelidium sclerophyllum* se realizó el muestreo estacional que cubrió todo el ciclo, sobre seis parches poblacionales localizados con anterioridad (Rodríguez, com. per.) ubicados de la siguiente forma: Poblaciones 1,2,3 en la zona II (entrecuatas), poblaciones 4 y 6 en la zona III (Cuatas II) y la población 5 en la zona I (Cuatas I)(Figura 2); de cada población en cada una de las estaciones se colectaron muestras equivalentes a una cobertura de 2 cm².

FIJACIÓN Y CONSERVACIÓN

Los ejemplares de todas las especies se colocaron en bolsas de plástico e inmediatamente se sumergieron en una solución fijadora de etanol-ácido acético glacial 3:1 (Austin, 1959; Kapraun y Freshwater, 1987) durante un período de 12 a 24 hrs; posteriormente fueron colocados en recipientes conteniendo etanol al 70% que sirve como conservador del material hasta su procesamiento en el laboratorio.

VII.2 Procedimiento de laboratorio

IDENTIFICACIÓN

El material se identificó en laboratorio a través de observaciones al microscopio estereoscópico y óptico cuando fue necesario. Para la ubicación taxonómica de las especies se aplicaron los criterios nomenclaturales usados para los registros en México (González *et al.*, 1996) y los utilizados por Silva *et al.* (1996), así como los de la bibliografía disponible, utilizando claves y descripciones taxonómicas (Taylor, 1945; Abbott y Hollenberg, 1976; Candelaria, 1985; Dawes, 1986; Rodríguez-Vargas, 1989; Silva y DeCew, 1992). Se conformaron descripciones de género y especie que incorporan caracteres, diagnósticos, respetando la descripción literal de cada autor, por lo que no existe uniformidad en las descripciones.

DETERMINACIÓN CROMOSÓMICA

El estudio cariológico se realizó utilizando la técnica de prensado "squash" con orceína aceto-clorhídrica al 2%, descrita por Giménez-Martín *et al.*, (1982) y Kapraun y Freshwater (1987).

HIDROLISIS

El material se hidrolizó con HCl 1N, por un periodo de 5 a 10 minutos, para un mejor manejo de los especímenes, ya que el alcohol al 70%, endurece los tejidos.

TINCIÓN

Para el análisis cromosómico se obtuvieron fragmentos de 1 a 2 mm del tejido de las zonas de crecimiento, generalmente procedente de ápices vegetativos y sólo ocasionalmente fueron utilizados fragmentos de ápices en ramas tetrasporangiales. Los fragmentos se colocaron en un vidrio de reloj con orceína acetoclorhídrica, se calentaron sobre la llama de una lámpara de alcohol, hasta antes de que iniciara la salida de vapores; se dejaron enfriar y se repitió ésta operación tres veces más.

En el caso de las especies de *Hypnea* fue necesario utilizar como colorante la orceína-láctica debido a que con la aceto-orceína no se obtuvieron resultados adecuados.

SQUASH

Posteriormente, el tejido se trasladó a un portaobjetos con una o dos gotas de acetorceína sobre su superficie y se le colocó un cubreobjetos. Con la goma de un lápiz se presionó para aplastar el material ("squash") y obtener una sola capa de células.

OBSERVACIÓN MICROSCÓPICA

Se hicieron observaciones al microscopio óptico revisando toda la preparación con el objetivo de 100x aumentos, para detectar células en división y observar los cromosomas. Las preparaciones de buena calidad se montaron con Bálsamo de Canadá.

PRESERVACIÓN DE LAS PREPARACIONES

Una vez seleccionadas las preparaciones se preservaron en forma permanente de la siguiente forma. El portaobjetos se colocó sobre hielo seco hasta que se formó una capa de escarcha sobre su superficie; con una navaja delgada se procedió a desprender el cubreobjetos. La capa de tejido adherida al portaobjetos, se pasó enseguida por un tren de deshidratación, sumergiéndolas en etanol al 50%, al 70%, al 90%, absoluto (100%) y finalmente en xilol. Una vez que el tejido estuvo perfectamente deshidratado, se le colocó un cubreobjetos al que previamente se le había colocado 1 o 2 gotas de Bálsamo de Canadá (García, 1977).

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO CROMOSÓMICO

Se procedió a revisar las preparaciones al microscopio y se seleccionaron las mejores 20 mitosis, por talo, en un total de 10 individuo de cada especie, se tuvo así, un total de 200 mitosis examinadas y con ellas se determinaron el número modal, lo que proporcionó el número cromosómico de cada especie.

En el caso particular de *Gelidium sclerophyllum* se localizaron 20 mitosis de excelente calidad por talo, en un total de 10 individuos, procedentes de cada una de las 6 poblaciones muestreadas en cada una de las cuatro estaciones colectadas, es decir, se analizaron un total de 4 800 mitosis, para obtener el número modal de la especie.

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO CROMOSÓMICO

El tamaño de los cromosomas fue determinado con la ayuda de un objetivo micrométrico. Se obtuvo la longitud del cromosoma de mayor tamaño y el del menor tamaño, en cada una de las 20 mitosis. Se calculó el promedio de los valores obtenidos y de esta manera se obtuvo la longitud del cromosoma más grande y el más pequeño en cada una de las 6 especies estudiadas.

ELABORACIÓN DE CARIOGRAMAS

Se seleccionaron las mitosis de mejor calidad encontradas en cada especie, para fotografiarlas en un microscopio Axioskop Mc80 Zeiss. Posteriormente las fotos fueron digitalizadas con un "Scanner" Macintosh para realizar un esquema de los cromosomas y elaborar el cariograma de cada especie estudiada.

ELABORACIÓN DE LAMINAS

Se hicieron digitalizaciones de algunos de los ejemplares que forman parte de la colección de referencia, de este trabajo para la elaboración de las laminas que están ubicadas después de la descripción taxonómica de cada especie y corresponde a:

Lamina 1: *Hypnea johnstonii*

Lamina 2: *Hypnea pannosa*

Lamina 3: *Hypnea spinella*

Lamina 4: *Ahnfeltiopsis gigartinoides*

Lamina 5: *Gymnogongrus johnstonii*

Lamina 6: *Gelidium sclerophyllum*

VIII. RESULTADOS Y DISCUSION

VIII.1 *Hypnea johnstonii*, *Hypnea pannosa* e *Hypnea spinella*

División RHODOPHYTA

Orden Gigartinales

Familia Hypneaceae

Género *Hypnea*

Hypnea johnstonii Setchell ét Gardner

Hypnea pannosa J. Agardh

Hypnea spinella (J. Agardh) Kützing

Hypnea Lamouroux

Talo erecto, abundantemente ramificado, de consistencia carnosa firme. Ejes cilíndricos con numerosas ramas cortas, más o menos espinicentes. Organización uniaxial. Región medular densa constituida por células grandes poligonales e incoloras. Región cortical formada por células pequeñas pigmentadas. Tetrasporangios zonados inmensos en la región cortical, producidos en ramas especiales, generalmente fusiformes. Cistocarpo globoso con un pericarpo bien desarrollado sin poro definido. Gonimoblasto ligado a la pared del pericarpo por numerosos filamentos. (Abbott y Hollenberg, 1976, Dawson, 1961, Joly, 1967, Taylor, 1960 en Candelaria, 1985:101).

DESCRIPCION DEL CICLO DE VIDA DEL GÉNERO

El ciclo de vida propuesto para las especies del género *Hypnea*, es una alternancia de generaciones isomórfica, con la fase gametofítica (haploide) y la fase esporofítica (diploide) morfológicamente semejantes (Dawes, 1986); la fase carposporofítica crece sobre el gametofito femenino.



Género *Hypnea* en campo

***Hypnea johnstonii* Setchell et Gardner**

Talo cespitoso y abundantemente ramificado o con una porción basal cespitosa, formando matas densas de color morado verduscas de 20 cm; con ejes principales altos de 7 - 10 (14) cm, con un diámetro de 1.5 - 2.5 mm; con numerosas ramificaciones finales, espinosas, gradualmente más cortas arriba; ramas tetrasporangiales simples y compuestas; plantas sexuales desconocidas. (Abbott y Hollenberg, 1976:489,491).

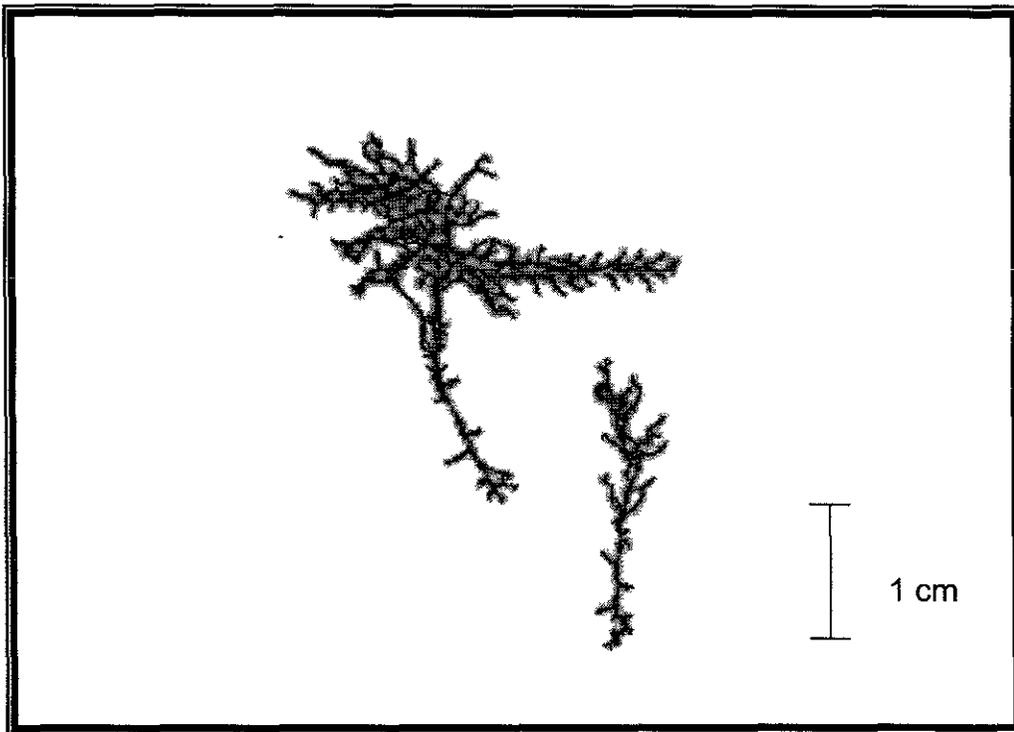


Lámina 1.- *Hypnea johnstonii*

Hypnea pannosa J. Agardh

Talo litofílico, cespitoso de color guinda a verde olivo, formando matas densas y enmarañadas. Ramificación abundante e irregular. Ramas subcilíndricas bastante anastomosadas por medio de cojines, con una longitud de 0.5 - 5.0 mm y un diámetro de 0.87 - 0.90 mm. Diámetro de las células medulares del eje principal más largo 171 - 189 μm Células corticales con un diámetro de 45 μm Tetrasporangios presentes con una longitud de 45 - 62.5 μm y 20 - 27 μm de diámetro.(Dawson, 1961, Taylor, 1945, Flores-Pedroche, 1978, Candelaria, 1985 en López, 1993:68,69).

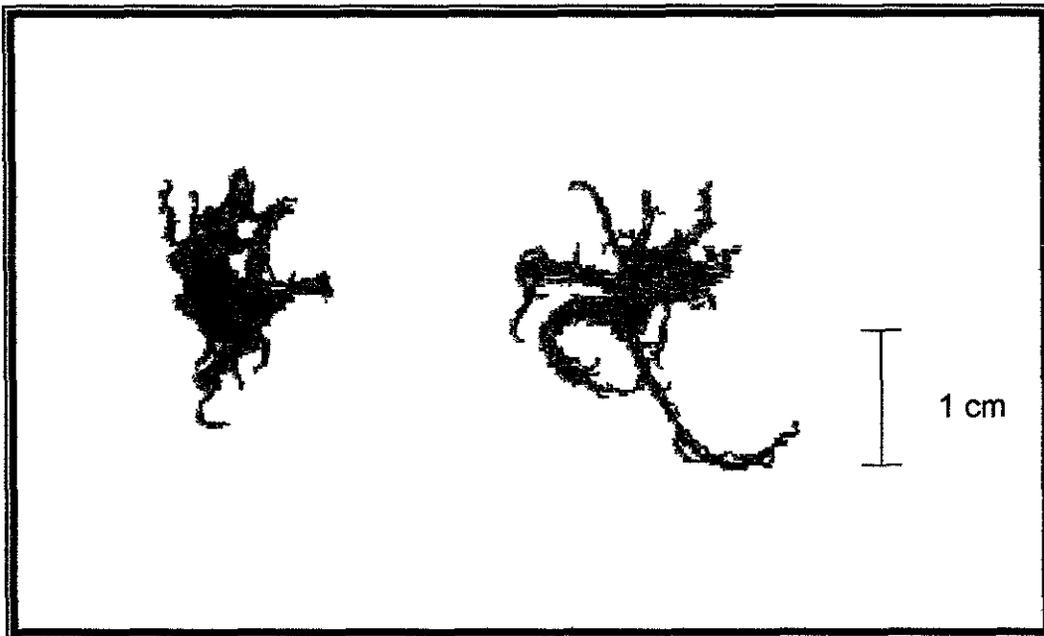


Lámina 2.- *Hypnea pannosa*

***Hypnea spinella* (C. Agardh) Kützing**

La especie *Hypnea spinella* presenta un talo litofítico formando cojines laxos con ramificaciones abundantes e irregulares, poco anastomosadas, en su mayoría son libres y erectas, de 1.5 - 2.0 cm de altura y con un diámetro variado. Su color es de rosa claro a verde olivo opaco, sus ramas presentan una longitud de 5 - 8 mm, con un diámetro de 585 a 630 μm . Su médula está constituida por células grandes en su mayoría con un diámetro de 50 - 87.5 μm y 92.5 - 145 μm de largo y su corteza formada de células mucho más pequeñas redondeadas en su mayoría, con un diámetro de 3.5 - 12.5 μm y 7.5 - 17.5 μm de largo (Dawson, 1961:238, Dreckmann, 1987, León-Tejera, 1986 en Fragoso-Tejas, 1991:106).



Lámina 3.- *Hypnea spinella*

Determinación cromosómica

Los cromosomas de las especies del género *Hypnea* se tiñeron con lacto-orceína, colorante que permitió una clara definición de los cromosomas como se puede apreciar en las figuras 3, 4 y 5. La utilización del colorante acetorceína, no dio buenos resultados en las especies de *Hypnea*, ya que el citoplasma aparecía teñido en su totalidad, impidiendo distinguir a los cromosomas del resto del material citológico. Muy probablemente los resultados positivos que se obtuvieron con lacto-orceína, se debe a que la combinación de ambos reactivos, resultaron ser más selectivos sobre los cromosomas de la especie, es decir no tuvieron la misma afinidad con el citoplasma de las células (García, 1977).

Cabe mencionar que el tejido de estas especies se hidroliza con gran facilidad, lo que favorece el ablandamiento de las paredes celulares y el rompimiento de la membrana de las células; esto provoca que los cromosomas salgan de la célula y se mezclen con los de otras células, lo que impide realizar una cuenta adecuada, por lo que se recomienda realizar un aplastado "squash" suave y manejar cuidadosamente el material de las especies de *Hypnea*.

Los resultados de número cromosómico de las especies, *Hypnea johnstonii*, *Hypnea pannosa* e *Hypnea spinella*, se determinaron en talos vegetativos del tetrasporofito y se presentan en la Tabla 1.

ESPECIE	TIPO DE TEJIDO	Número Cromosómico	
		n	2n
<i>Hypnea johnstonii</i>	T, MA	-	10
<i>Hypnea pannosa</i>	T, MA	-	10
<i>Hypnea spinella</i>	T, MA	-	8

Tabla 1.- Número cromosómico diploide (2n) de las especies *Hypnea johnstonii*, *Hypnea pannosa*, *Hypnea spinella*; (n-haploide, 2n-diploide); Tipo de tejido: T=Tetrasporofito, MA=Meristemo Apical

Hypnea johnstonii

El número diploide de *Hypnea johnstonii* fue $2n= 10$; en células que se encontraban en profase tardía o en metafase, se observó claramente todo el complemento, como se puede apreciar en la figura 3. La forma cromosómica es ovalada, con extremos redondeados que les confiere una apariencia casi circular. El tamaño promedio que presentaron estos 5 pares de cromosomas fue de $0.76 \mu\text{m}$ de longitud el más pequeño y de $0.99 \mu\text{m}$ de longitud el más grande. Los cromosomas de la especie se observaron en talos vegetativos del tetrasporofito, obtenidos en las diferentes épocas del año. En la figura 3, se presentan los cromosomas de la especie y un esquema de los mismos y en la figura 6, se presenta el cariograma de la especie.

Hypnea pannosa

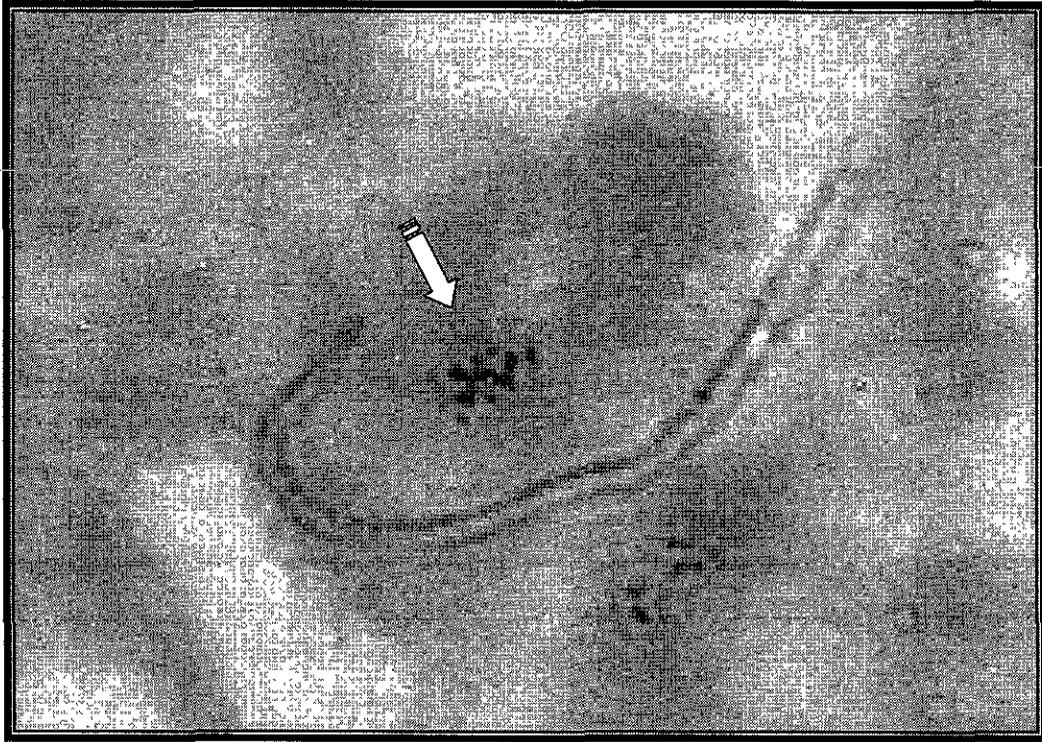
El resultado para *Hypnea pannosa*, es un número diploide de 10 cromosomas, obtenido en células somáticas apicales, en profase tardía y algunas metafases de los talos vegetativos tetrasporofíticos (Tabla 1). Los cinco pares de cromosomas observados son muy parecidos a los que presentó *Hypnea johnstonii*. Los cromosomas de *Hypnea pannosa* tienen una forma redondeada, casi circular y ligeramente alargados en sus polos. Su tamaño varía pero la longitud promedio es de $1.2 \mu\text{m}$ y de $0.85 \mu\text{m}$ el par homólogo más pequeño. En la figura 4 se observan claramente delimitados los cromosomas y en la figura 6 se puede observar el cariograma de la especie.

Hypnea spinella

La tinción con lacto-orceína, como previamente se mencionó, reveló la presencia de 8 cromosomas en la especie *Hypnea spinella*, siendo éste el número cromosómico diploide. Los cromosomas se observaron durante profase tardía y metafase, en células somáticas apicales del talo tetrasporofito, como en las otras dos especies. A diferencia de los cromosomas de *Hypnea johnstonii* e *Hypnea pannosa*, *Hypnea spinella* presenta cromosomas ligeramente diferentes, de forma oval, más alargados, delgados y además con un menor tamaño. La

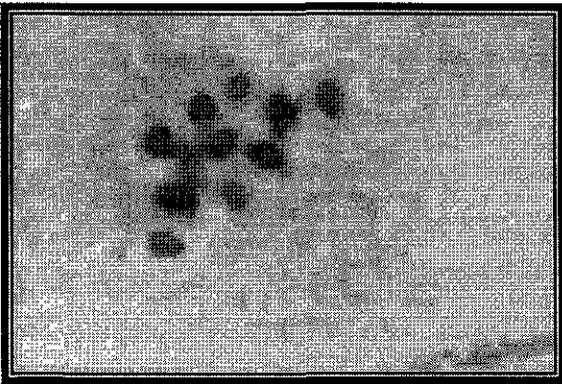
longitud máxima promedio fue de 0.66 μm y de 0.40 μm el par más pequeño. Los cuatro pares de cromosomas se pueden observar en las figuras 5 y 6, en donde se presentan las fotografías, esquema y el cariograma de la especie.

a

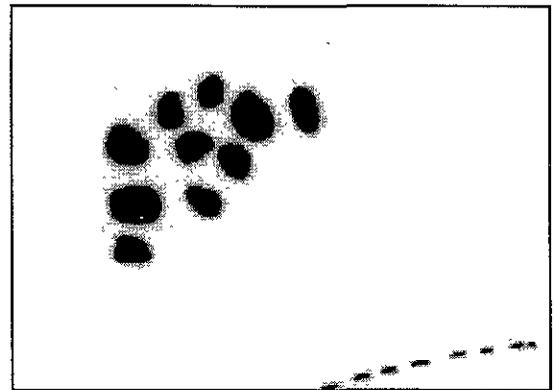


4 μ m

b



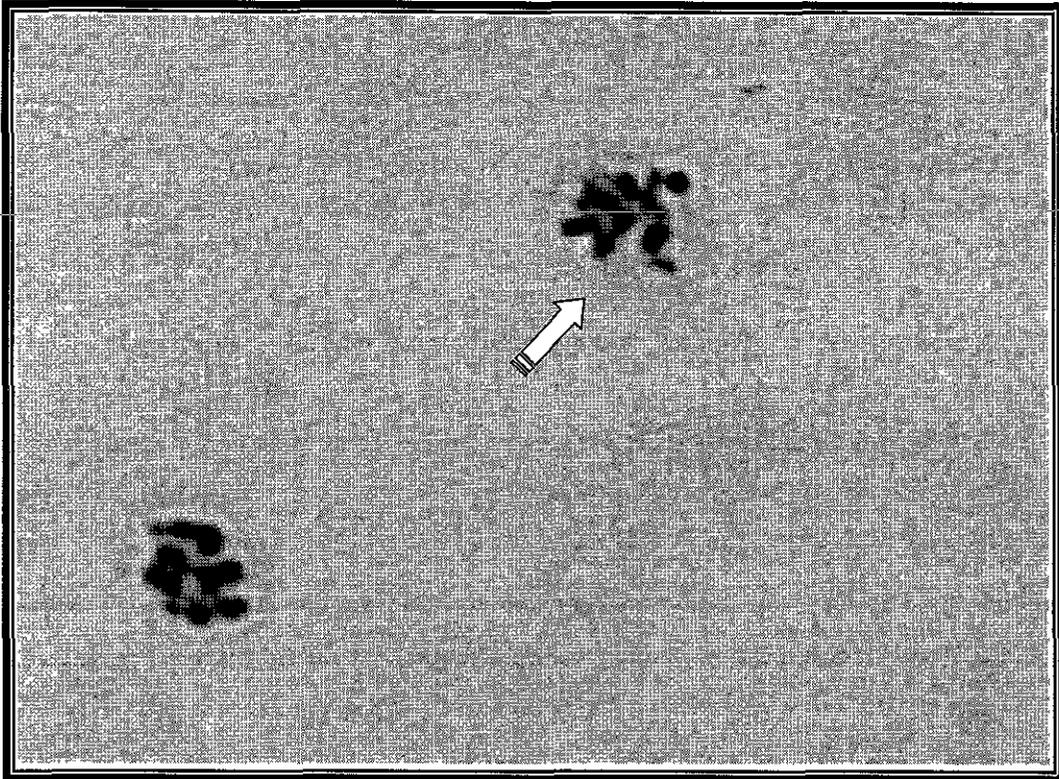
c



4 μ m

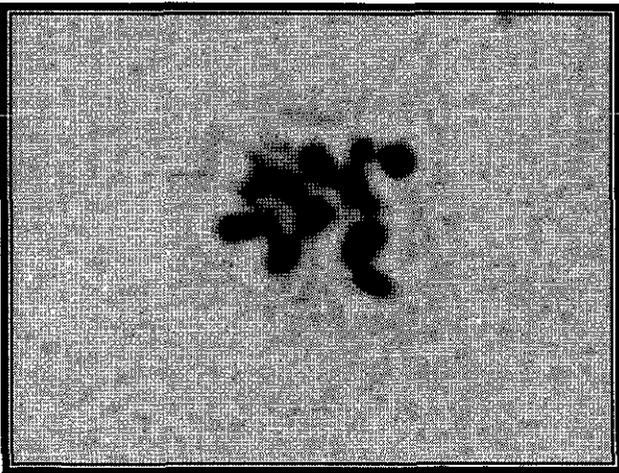
Figura 3.- a) Cromosomas de la especie *Hypnea johnstonii* ($2n=10$);
b) Acercamiento de la figura (a); c) Esquema de la figura (b).

a

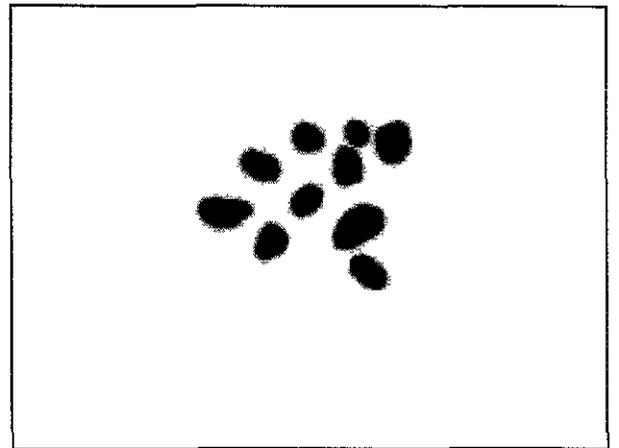


4 μm

b



c



4 μm

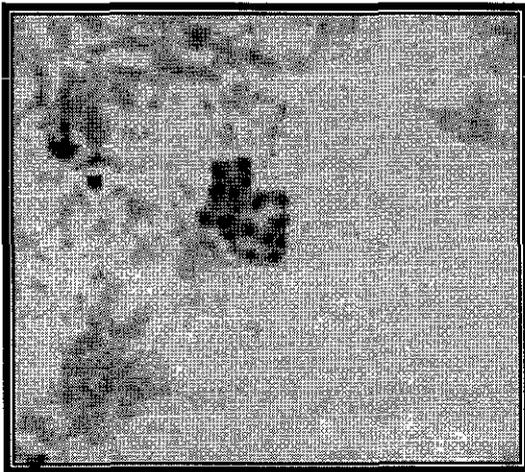
Figura 4.- a) Cromosomas de la especie *Hypnea Pannosa* ($2n=10$);
b) Acercamiento de la figura (a); c) Esquema de la figura (b)

a

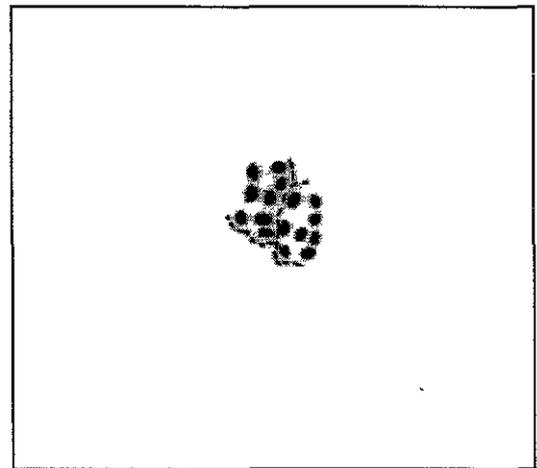


4 μm

b



c



4 μm

Figura 5.- a) Cromosomas de la especie *Hypnea spinella* ($2n=8$);
b) Acercamiento de la figura (a); c) Esquema de la figura (b).

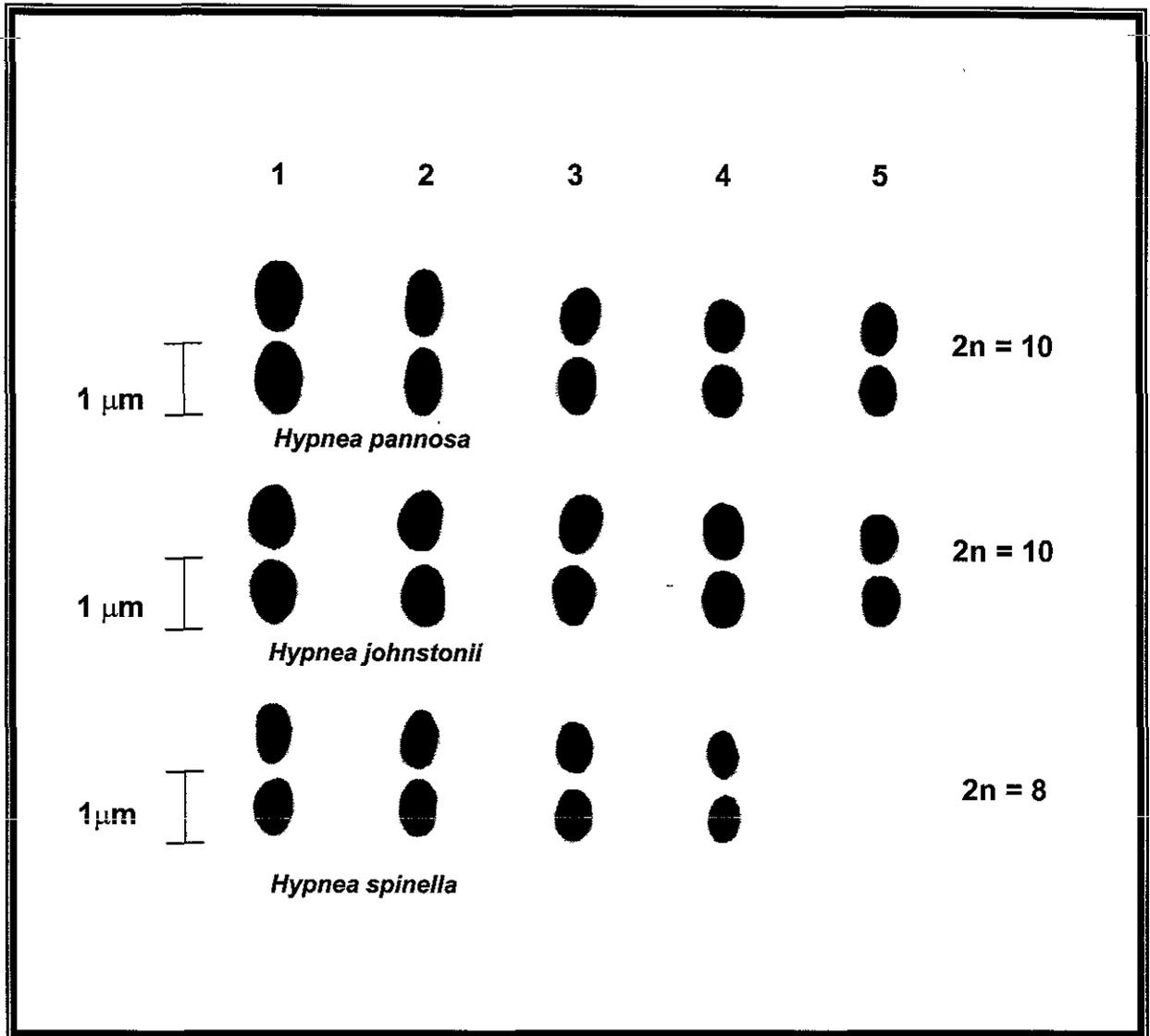


Figura 6.- Cariograma de las especies *Hypnea johnstonii*, *Hypnea pannosa* e *Hypnea spinella*

Como se ha descrito, los resultados del análisis citogenético de estas tres especies: *Hypnea johnstonii*, *Hypnea pannosa* e *Hypnea spinella* indican un número $2n$ de 10 cromosomas para las dos primeras y de 8 cromosomas para la tercera.

Los ejemplares con los cuales se llevó a cabo la determinación del número cromosómico, provenían de talos vegetativos y el número cromosómico encontrado se consideró como diploide debido a que durante más de 5 años se ha observado en la localidad de estudio, la presencia y abundancia de los talos esporofíticos es significativamente mayor que la presencia de los talos gametofíticos, a lo largo de todo el ciclo estacional (Rodríguez, com. per.).

Asimismo, en la literatura se encuentra que para las especies de *Hypnea*, en general, existe una gran desproporción en la abundancia de las diferentes fases del ciclo en distintas partes del mundo con una mayor predominancia de tetrasporofitos e incluso se indica que el gametofito es raro (Mishigeni, 1976; Rao, 1977; Kapraun *et al.*, 1994a).

Considerando que el número cromosómico encontrado corresponde al diploide ($2n$), el número haploide de estas especies es de $n=5$ y 4 , respectivamente. Estos valores coinciden con lo publicado para otra especie del mismo género, *Hypnea musciformis* con $n = 5$ (Kapraun *et al.*, 1994a).

En este mismo sentido, los valores de haploidía encontrados para las especies aquí registradas coinciden también con los valores reportados para otras especies del orden Gigartinales, como *Iridaea cordata* (Turner) Bory e *Iridaea hectocarpa*, ambas con $n = 4$ (Kapraun *et al.*, 1994a).

Estos valores de haploidía se consideran bajos, según lo establecido por Cole (1990), quien propone la siguiente clasificación: $n= 2 - 10$ bajo, $n= 10 - 25$ medio y $n= 25 - 72$ alto, basado en el grado de complejidad morfológica y reproductiva de las especies representadas en cada grupo taxonómico.

Hasta antes del presente trabajo, el único registro sobre el número cromosómico para especies de la familia Hypneaceae era el de *Hypnea*

musciiformis, por lo que los resultados de esta tesis incrementan la información disponible sobre la familia y el género.

Gracias a estudios sobre especies productoras de carragenanos, como por ejemplo *Hypnea musciiformis*, *Agardhiella subulata* (C. Agardh) Kraft et Wynne y *Gymnogongrus griffithsiae* (Dutcher, et al., 1990; Kapraun et al., 1994a), se ha sugerido una relación entre las características de la fase del ciclo de vida (gametofito o esporofito) y la producción de coloides en diferentes especies. Está más o menos claro que dependiendo de la fase del ciclo de vida y probablemente a consecuencia del número cromosómico, la cantidad y calidad de los coloides varía en la misma especie, este es el caso de *Gelidium robustum* en las costas de Baja California (Melo y Neushll, 1993; Sousa-Pinto et al., 1996) y tal vez pueda ocurrir lo mismo en especies de *Hypnea*.

Por la falta de información sobre las características genéticas, fisiológicas y biológica, de las especies, se han seleccionado en muchos casos plantas para la explotación o cultivo, sólo a partir de sus características morfológicas, las que no siempre tienen una relación directa con la productividad ni con la calidad del producto. Incluso, la selección de la simiente o inóculo, para cultivos a gran escala, se ha hecho a partir de su aspecto fenotípico, lo que ha traído una dramática improvisación en cultivos de *Hypnea* y *Eucheuma* (Doty y Alvarez, 1975; Kapraun et al., 1994a), los estudios citogenéticos pueden formar parte de la información necesaria para poder realizar un mejor manejo de las especies y proporcionar conocimiento, a través de los cromosomas.

En el ámbito taxonómico, el número cromosómico se ha usado como un elemento importante, en la identificación de especies con problemas de delimitación, a partir de caracteres morfológicos.

Este es el caso del género *Hypnea*, por lo menos en las costas del Pacífico tropical mexicano, donde la delimitación de las especies resulta complicada por dos razones principalmente. La primera es la escasez de información y de descripciones adecuadas para las especies de este género en la región y la segunda y más importante, la falta de claridad en los caracteres de diferenciación entre las mismas.

Dentro del género, la especie *Hypnea spinella* ejemplifica muy bien los problemas de este tipo. Durante mucho tiempo dicha especie se consideró un taxón aparte y supuestamente bien diferenciado de *Hypnea cervicornis* y en la actualidad son sinónimos (Haroun y Prud'homme, 1993).

Observaciones en campo, particularmente en la localidad de playa "Las Cuatas", Ixtapa, Zihuatanejo, indican que existe un gradiente de variación morfológica en las especies de *Hypnea* encontradas en esta localidad (Rodríguez, com. per.).

Dicho gradiente de variación morfológica consiste esencialmente en que a lo largo del ciclo estacional y dependiendo de los ambientes particulares en los que se encuentren las plantas, las formas entre las tres especies se superponen. La sobreposición más notable es la que se presenta entre *Hypnea johnstonii* e *Hypnea pannosa*. La forma común de *Hypnea pannosa* es la de un cojinete formado por el entrecruzamiento y anastomosis de los ejes principales y las ramas, no presenta ejes erectos libres; las porciones basales de *Hypnea johnstonii* presentan una morfología muy semejante, aunque esta especie sí tiene partes erectas con una morfología diferente a la de los cojinetes basales.

Esta similitud de formas en los cojinetes ha hecho pensar que *Hypnea pannosa* puede ser sólo una etapa en el desarrollo de las plantas que se han denominado *Hypnea johnstonii* o una forma diferente debida a condiciones particulares del medio ambiente y no una especie distinta (Rodríguez, com. per.).

De la misma forma, las características que permiten la diferenciación entre *Hypnea pannosa* e *Hypnea spinella*, se limitan a las diferencias de dimensiones en la morfología externa: ejes y ramas y algunas características anatómicas en relación con las dimensiones de las células de la corteza y la médula.

Durante las etapas tempranas del desarrollo de *Hypnea pannosa*, donde los ejes y ramas son más finos y las células más pequeñas porque aún no alcanzan la madurez; la similitud morfológica con *Hypnea spinella* hace difícil su distinción.

Los resultados obtenidos en este estudio, respecto al hallazgo de un mismo número cromosómico para *Hypnea johnstonii* e *Hypnea pannosa*, constituyen un argumento más para sostener la idea de su identidad aunque no es posible aún hacer una afirmación absoluta. Simultáneamente, la diferencia del número cromosómico entre *Hypnea pannosa* e *Hypnea spinella* sirve para argumentar la diferencia entre estos dos taxa, aunque tampoco representa una comprobación definitiva.

VIII.2 *Ahnfeltiopsis gigartinoides*

División RHODOPHYTA

Orden Gigartinales

Familia Phylloporaceae

Género *Ahnfeltiopsis*

Ahnfeltiopsis gigartinoides (J. Agardh) P.C. Silva et DeCew

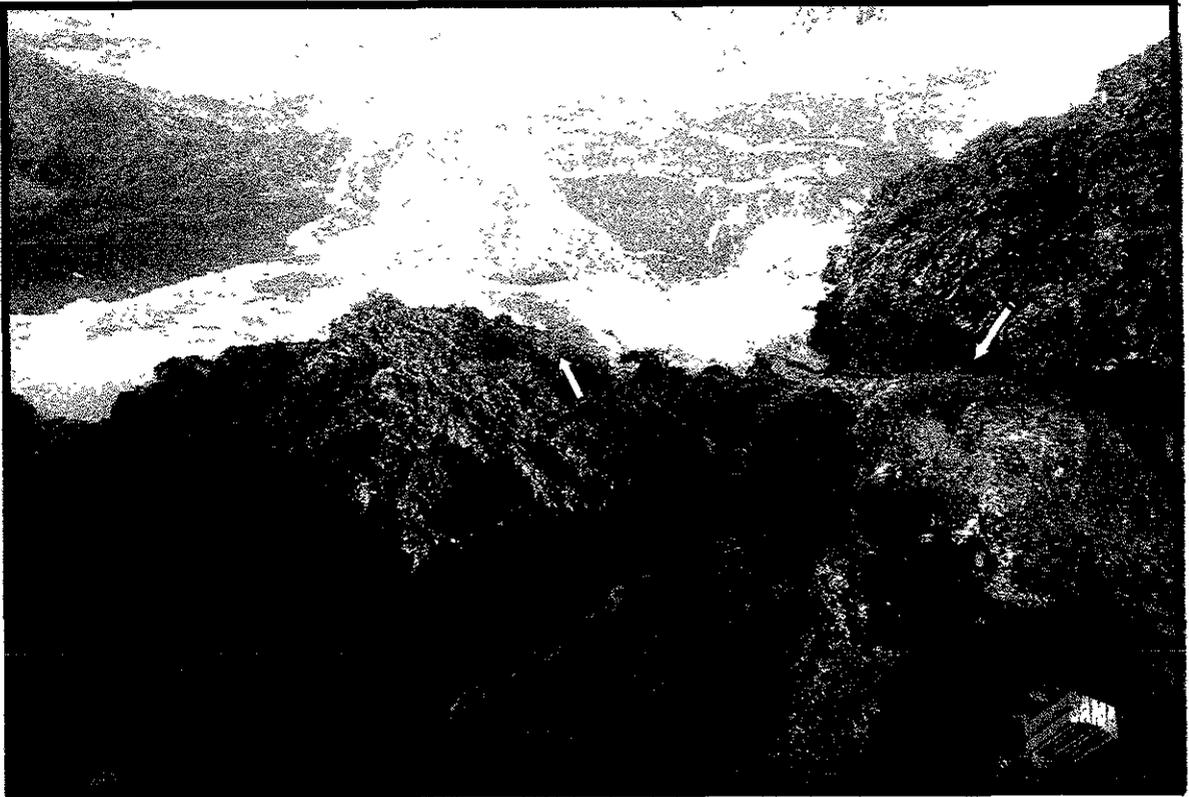
***Ahnfeltiopsis* Silva et DeCew**

Phylloporaceae, con gametofitos erectos unisexuales y tetrasporofitos costrosos; gametofito básicamente dicotómico a veces proliferante, con ramificaciones cilíndricas o aplanadas; médula pseudoparenquimatosa, corteza compuesta de pequeñas células en hileras anticlinales. Rama carpogonial de tres células, surgiendo de una célula de soporte con funciones de célula auxiliar generativa; células estériles producidas por la primer célula o las dos primeras células de la rama carpogonial. La corteza incrementa en espesor durante el desarrollo del cistocarpo, con soros especializados (carpostomas) a través de las cuales las carposporas son liberadas; los carpostomas están compuestos de filamentos cortos periclinales que se desarrollan desde las células corticales anticlinales.

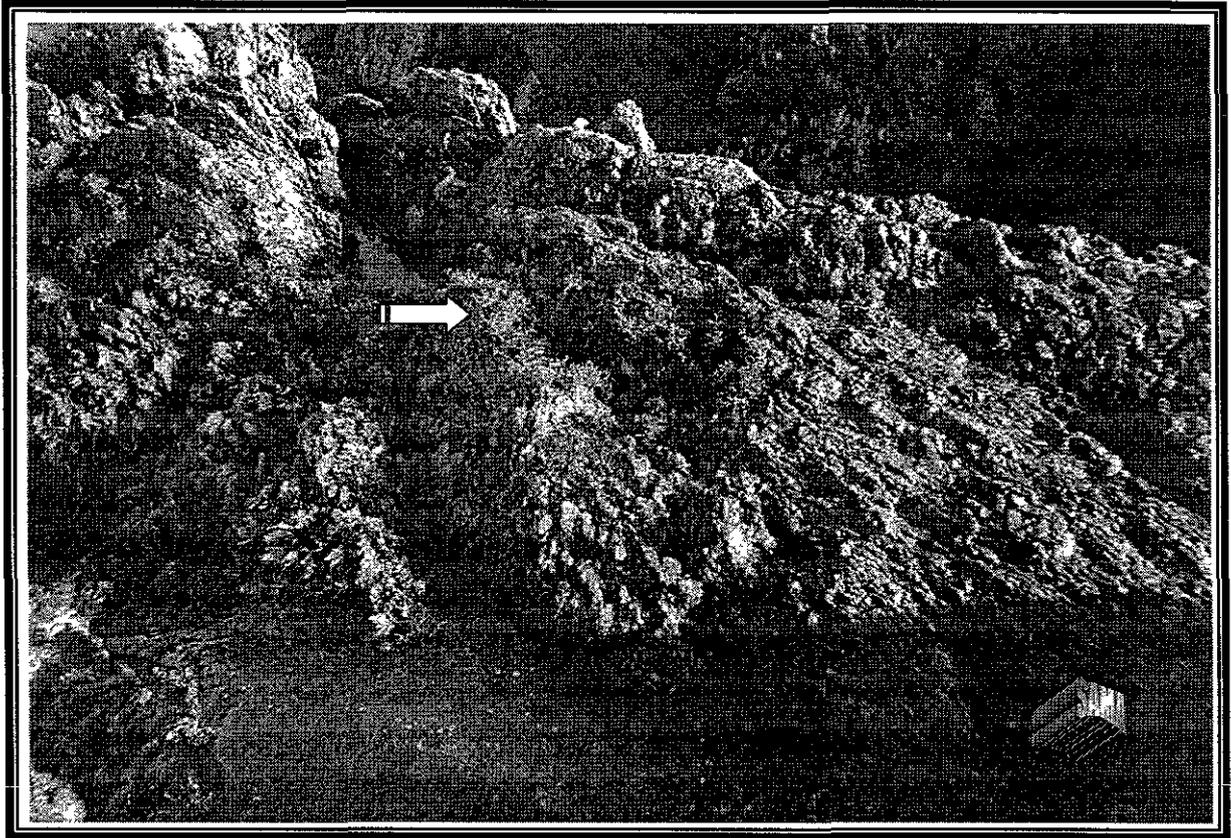
El espermatangio se produce en un soro elongado de 4 a 5 veces más largo que ancho. Los tetrasporangios nacen intercalados en series encadenadas, dividiéndose en forma cruciforme (Silva y DeCew, 1992:577)

DESCRIPCION DEL CICLO DE VIDA DEL GÉNERO

El género *Ahnfeltiopsis* muestra un ciclo de vida de tipo *Bonnemaisonia hamifera* (heteromórfico), presenta un gametofito de tipo erecto, que alterna con un tetrasporofito libre de tipo costroso; el carposporofito diploide, que se desarrolla sobre el gametofito femenino, formará las carposporas, quienes darán lugar a un tetrasporofito costroso (Masuda *et al.*, 1996)



Género *Ahnfeltiopsis* en campo



Género *Ahnfeltiopsis* en campo

***Ahnfeltiopsis gigartinoides* (J. Agardh) Silva et DeCew**

Se caracteriza por tener un talo en forma de tufos, de color rojo profundo o púrpura negruzco, a veces amarillo pardo, con un tamaño de 10 a 30 cm. Se ramifica de forma dicotómica con hasta 10 a 15 divisiones a lo largo del talo; las ramas rígidas de forma cilíndrica a subcilíndrica, con un diámetro de 0.5 - 1 mm; algunas veces se presentan ramas prolíferas cortas y simples, en la pared basal. Las plantas femeninas tienen cistocarpos internos con carpostomas y se ha determinado que las carposporas en cultivo dan origen a tetrasporofitos costrosos que producen tetrasporangios intercalados en forma cruciforme. Las tetrasporas en cultivo originan talos gametofíticos erectos unisexuales, idénticos a las plantas colectadas en el campo. Cuando los gametos femenino y masculino se colocan en cultivos similares, los cistocarpos se desarrollan en los gametos femeninos, en un período de 3 meses. Las carposporas son liberadas y se desarrollan dentro de la misma costra del tetrasporofito (Abbott y Hollenberg 1976:503; Silva y DeCew 1992:577-578).

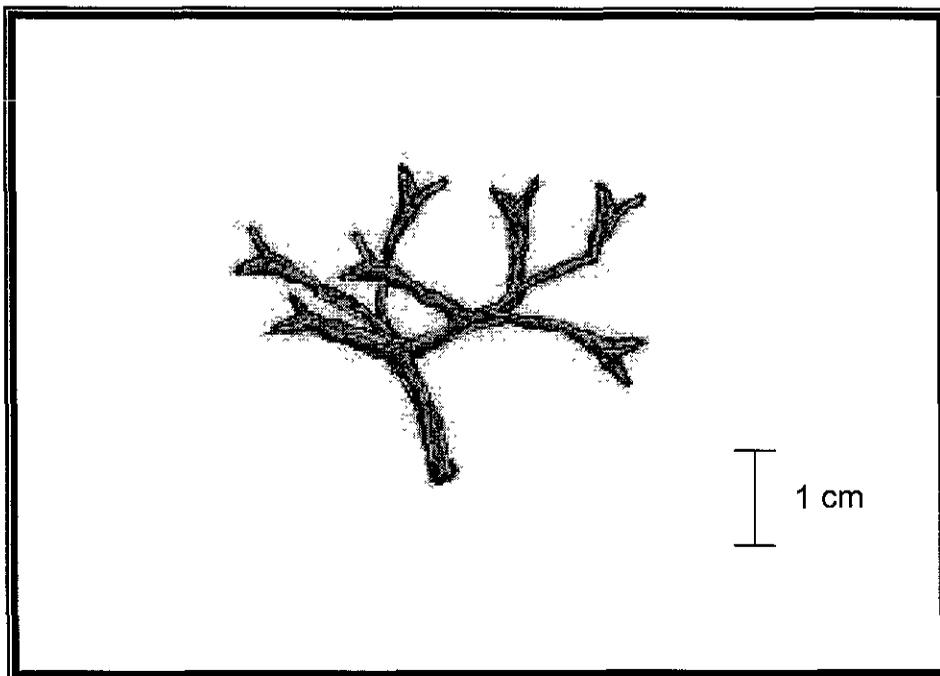


Lámina 4.- *Ahnfeltiopsis gigartinoides*

Determinación cromosómica

El número cromosómico de *Ahnfeltiopsis gigartinoides* se determinó en células de ápices vegetativos del talo gametofítico, el cual se caracterizan morfológicamente por tener una forma erecta, el número haploide fue de $n=4$ y el número diploide se determinó en células vegetativas del talo tetrasporofítico, que se caracteriza morfológicamente por tener forma costrosa, siendo $2n=8$, lo que confirma el número haploide observado (Tabla2).

ESPECIE	TIPO DE TEJIDO	Número Cromosómico	
		n	2n
<i>Ahnfeltiopsis gigartinoides</i>	G, T, MA	4	8

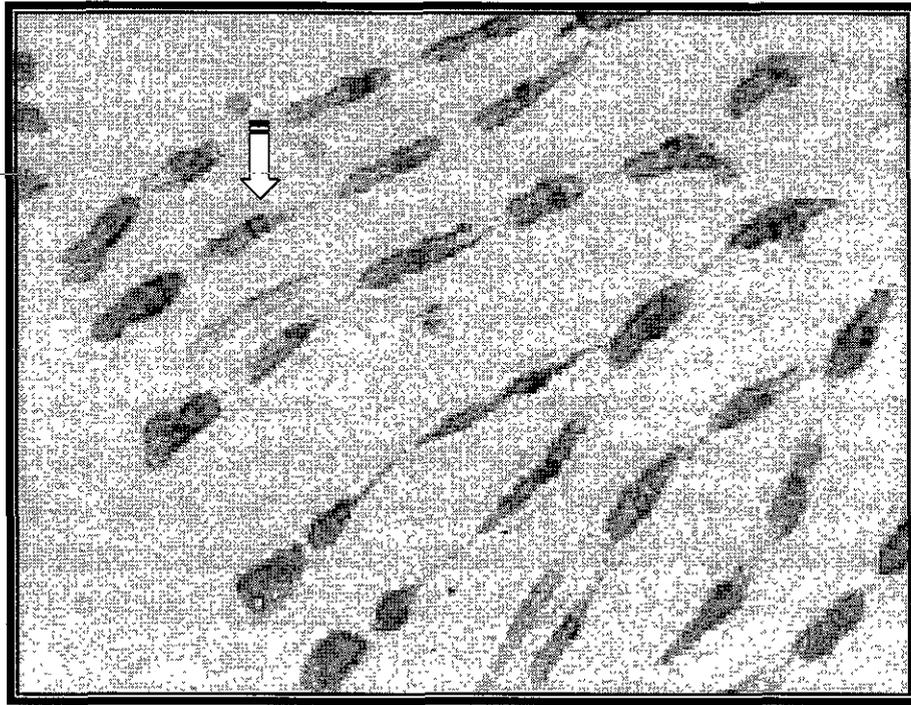
Tabla 2.- Número cromosómico haploide (n) y diploide (2n) de la especie *Ahnfeltiopsis gigartinoides*; (n-haploide, 2n-diploide); Tipo de tejido: G=Gametofito, T=Tetrasporofito, MA=Meristemo Apical

Los cromosomas de ambas fases fueron visualizados bien delimitados y condensados, después de la tinción con aceto-orceína en células haploides y diploides en profase tardía y metafase. La forma de los cromosomas es ovalada o circular con los polos alargados; son de tamaño pequeño con una longitud máxima de $0.47 \mu\text{m}$. Las fotografías y el esquema de los cromosomas de la especie se presentan en las figuras 7,8 y 9. Cabe mencionar que el número de mitosis en el talo tetrasporofítico fue menor que el observado en el tejido gametofítico, probablemente porque el tejido meristemático del talo tetrasporofítico (tipo costroso) se encontraba menos desarrollado que el talo gametofítico erecto, que presentó un mayor número de ápices con tejido meristemático, permitiendo con ello observar un mayor número de células en diferentes etapas de la división. En la figura 10, se presentan los cariogramas de la especie.

En las épocas de primavera y verano se colectaron un mayor número de talos gametofíticos y sólo en la época de otoño se colectaron talos gametofitos y tetrasporofitos en el mismo espacio.

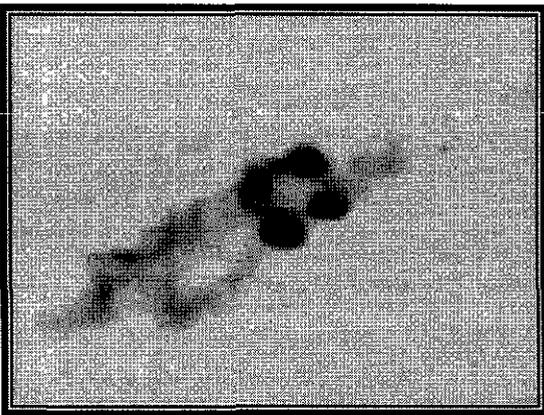
Los números cromosómicos de las dos diferentes fases morfológicas de esta especie, 4 cromosomas para la fase erecta y 8 cromosomas para la fase costrosa coinciden con las fases de un ciclo de alternancia de generaciones heteromórfico como el descrito para esta especie (Silva y DeCew, 1992; León-Alvarez *et al.*, 1997)

a

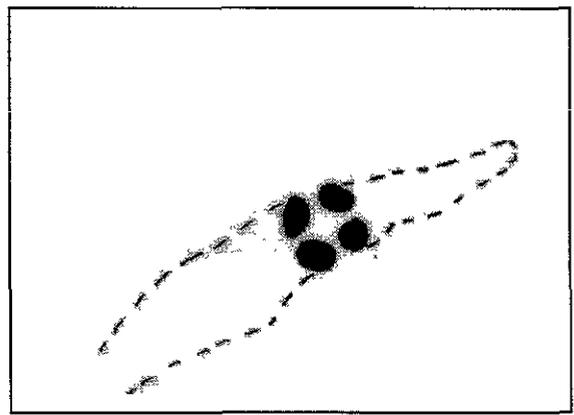


2 μm

b



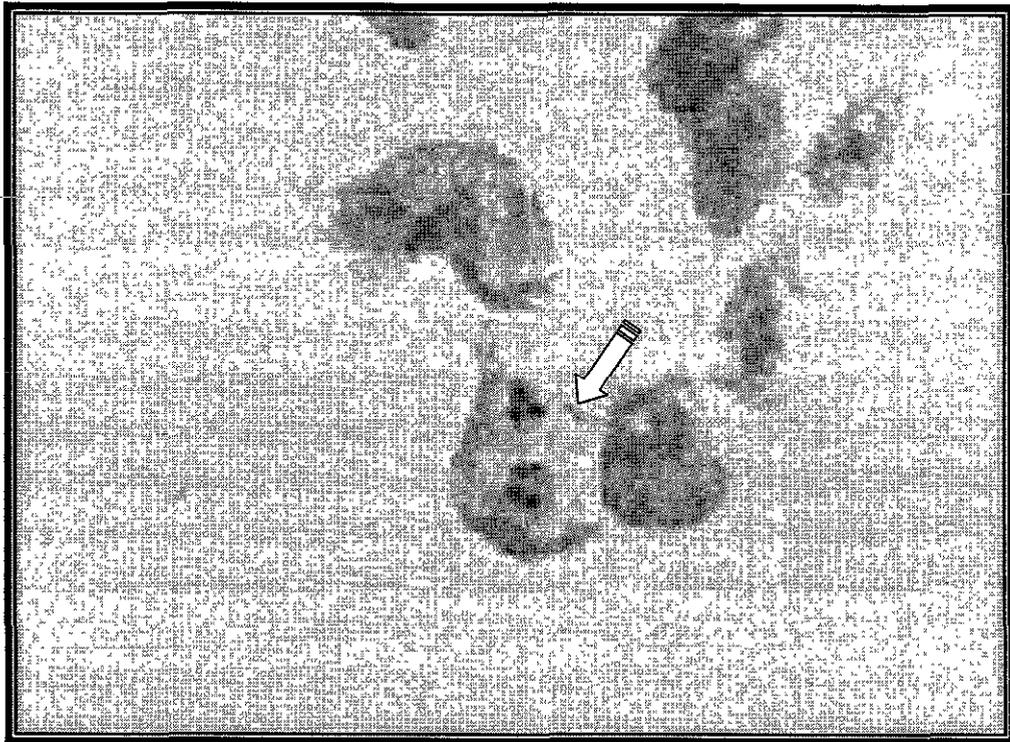
c



2 μm

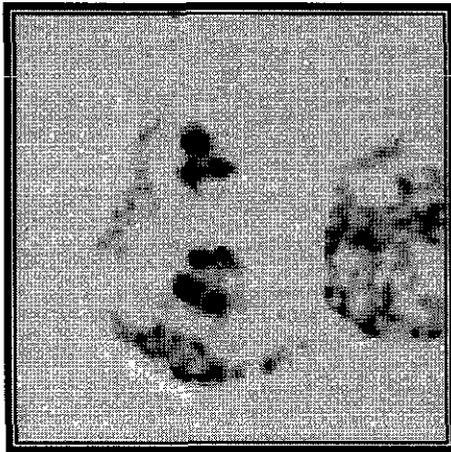
Figura 7.- a) Cromosomas de la especie *Ahnfeltiopsis gigartinoides* (n=4);
b) Acercamiento de la figura (a); c) Esquema de la figura (b).

a

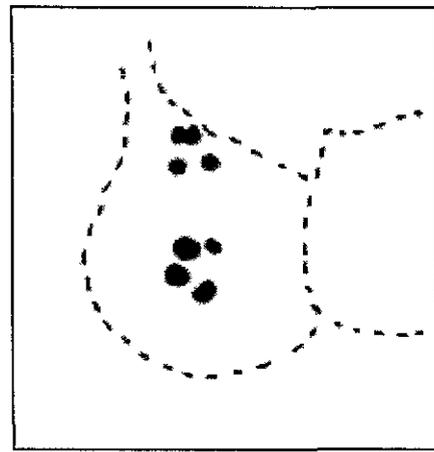


2 μ m

b



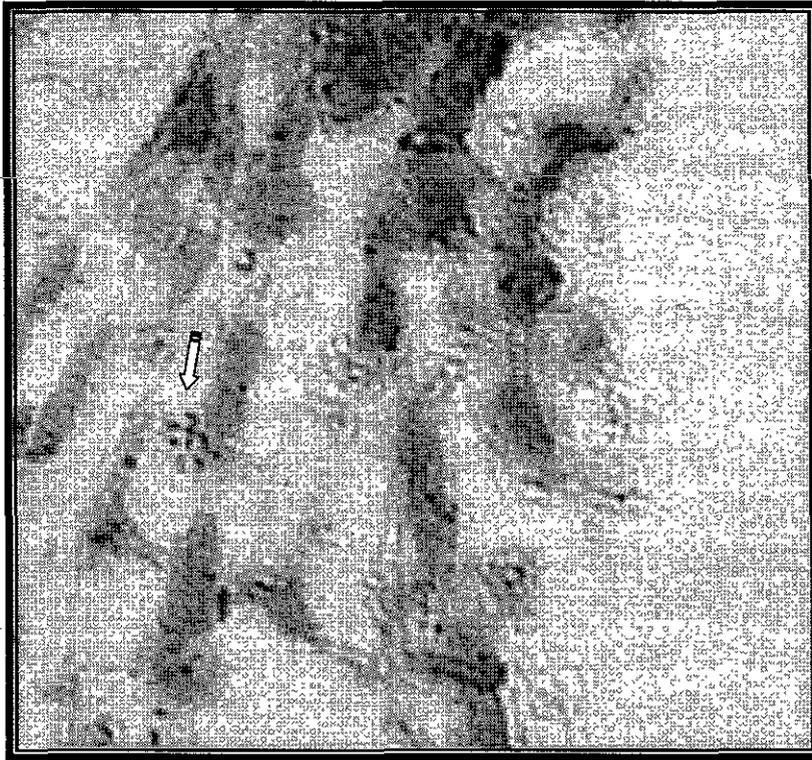
c



2 μ m

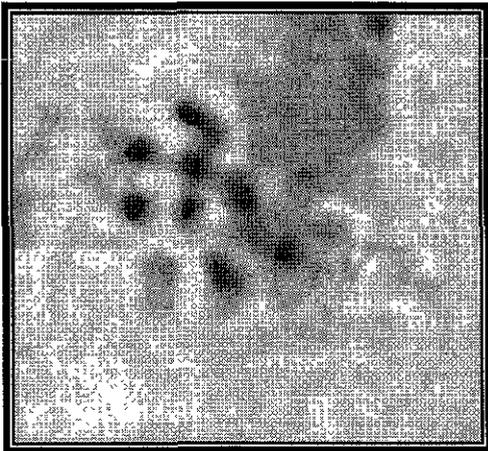
Figura 8.- a) Célula en división de *Ahnfeltiopsis gigartinoides* (fase haploide);
b) Acercamiento de la figura (a); c) Esquema de la figura (b)

a

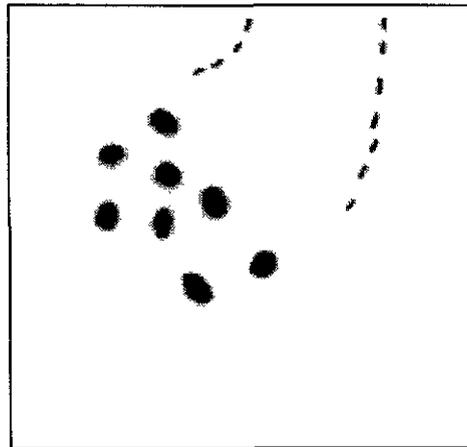


2 μm

b



c



2 μm

Figura 9.- a) Cromosomas de *Ahnfeltiopsis gigartinoides* (2n=8);
b) Acercamiento de la figura (a); c) Esquema de la figura (b).

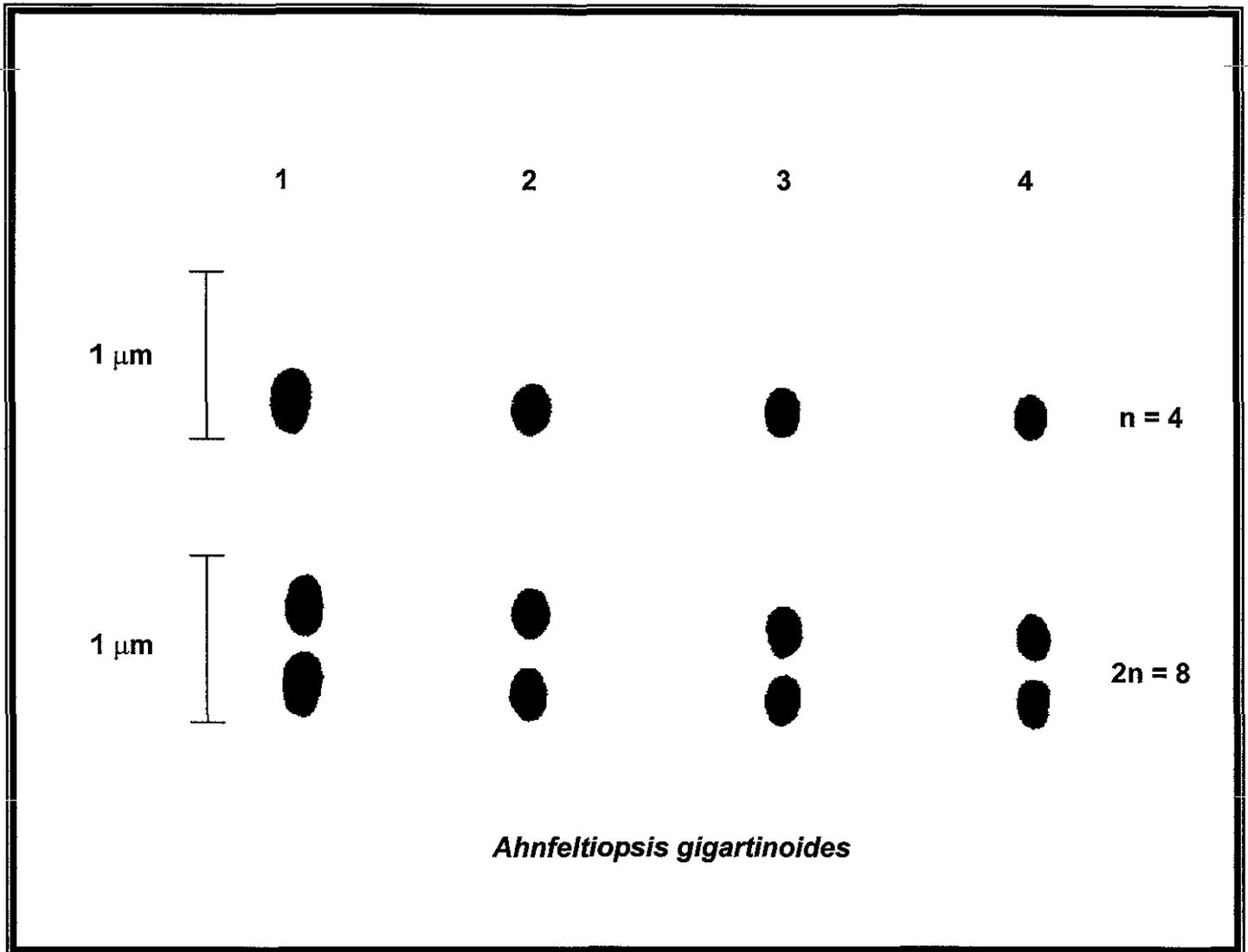


Figura 10.- Cariograma de la especie *Ahnfeltiopsis gigartinoides* (Fases haploide y diploide).

Conocer los números cromosómicos de las especies del género *Ahnfeltiopsis* tiene importancia en el ámbito de la taxonomía del género e incluso en sus categorías superiores. El género *Ahnfeltiopsis* se creó recientemente (Silva y DeCew, 1992) a partir de algunas especies de *Ahnfeltia* y *Gymnogongrus*.

Las especies de *Ahnfeltiopsis* habían sido incluidas en los géneros *Ahnfeltia* y *Gymnogongrus* por presentar semejanzas en las características vegetativas, principalmente por tener ejes cilíndricos (teretes). Sin embargo, estudios de cultivos de estas especies, mostraron diferencias significativas entre las especies de dichos géneros.

Ahnfeltia tiene un ciclo de alternancia heteromórfico, con gametofitos dióicos y cistocarpos externos (nematociales) sobre el gametofito femenino; una costra tetrasporangial sin filamentos estériles en el soró y con tetrasporangios zonados. Estas características condujeron a Maggs y Pueschel (1989) a proponer un nuevo orden y una nueva familia que sólo incluye al género *Ahnfeltia*: Ahnfeltiales-Ahnfeltiaceae.

Ahnfeltiopsis por su parte, también tiene un ciclo de alternancia de generaciones heteromórfico con gametofitos dióicos pero con cistocarpos internos en el gametofito femenino y una costra tetrasporangial con tetrasporangios en series intercalares conectados y divididos en cruz. Asimismo, las especies teretes de *Gymnogongrus* resultaron tener un ciclo como el descrito para *Ahnfeltiopsis* y no tetrasporoblástico como el del resto de sus especies.

De las especies que conforman actualmente al género *Ahnfeltiopsis* (Silva y DeCew, 1992), se conocen los números cromosómicos de:

- 1). *Ahnfeltiopsis devoniensis* (Greville) P.C. Silva et DeCew (como *Gymnogongrus devoniensis*) con $2n = 46$ cromosomas (Maggs, 1988a), de lo que se puede inferir un $n = 23$.
- 2). *Ahnfeltiopsis furcellata* (C. Agardh) P.C. Silva et DeCew (como *Gymnogongrus furcellatus*) presenta un número diploide de $2n = 48$ (Maggs, 1988a) y un número haploide de $n = 24$.

3). *Ahnfeltiopsis linearis* (C. Agardh) P.C. Silva et DeCew (como *Gymnogongrus linearis*) cuyo número haploide es de $n = 6$ (Doubt, 1935 en Cole, 1990); y un diploide de $2n = 12$.

4). *Ahnfeltiopsis gigartinooides* con $n = 4$ y $2n = 8$, determinado en este trabajo.

Los datos anteriores muestran diferencias en los números cromosómicos y también permiten agrupar a las especies en función de sus valores de ploidía.

En el estado actual del conocimiento citogenético del género, estas diferencias se podrían interpretar de dos formas:

I. Desde hace varias décadas se sabe que las poliploidías son comunes en el Reino Vegetal e importantes en la evolución de las plantas. Los datos disponibles sobre lo que acontece en las algas son aún muy escasos (Nichols, 1980).

Para las plantas superiores se ha propuesto que los números básicos altos son resultado de poliploidías por hibridación espontánea entre especies cercanas o por autoploidías que derivan de genomas básicos con números cromosómicos mucho menores (Stebbins, 1971).

En las algas también es posible que éste sea el origen de los altos números cromosómicos y hasta han sido interpretados como indicativos de radiaciones a partir de un antecesor común con un número básico bajo, en especies de diferentes géneros de Ceramiales: *Ceramium*, *Laurencia* y *Polysiphonia* e incluso se ha concluido que la hibridación y la poliploidía han sido los factores importantes en la evolución de las especies en esos géneros (Rao, et al., 1978; Annapurna y Rao, 1985 en Cole, 1990).

Los números cromosómicos reportados para *Ahnfeltiopsis devoniensis* (como *Gymnogongrus devoniensis*) y *Ahnfeltiopsis furcellata* (como *Gymnogongrus furcellatus*), podrían entonces interpretarse como el resultado de fenómenos de poliploidía.

Constatar dicho supuesto requeriría de la obtención de mayores datos y estudios sobre el apareamiento de los cromosomas en la meiosis (Cole,1990), pero resulta interesante que el número cromosómico obtenido en este trabajo sobre *Ahnfeltiopsis gigartinoides* y de *Ahnfeltiopsis linearis* (como *Gymnogongrus linearis*) sea de prácticamente una sexta parte de las otras dos especies, lo que podría sugerir que hay un arreglo básico antecesor en este orden, que correspondería a $n=4$.

II. *Ahnfeltiopsis*, al igual que otros 10 géneros más, ha sido ubicado en la familia Phylloporaceae del orden Gigartinales. Esta familia ha sido y es aún objeto de múltiples estudios y reajustes ya que las especies incluidas en los diferentes géneros exhiben una gran diversidad de ciclos de vida. De ahí han derivado las siguientes propuestas:

A partir de los géneros *Gymnogongrus* Martius (forma cilíndrica) y *Phyllophora* Greville (forma de lámina). Las especies que carecen tanto de cistocarpos como de tetrasporofitos de vida libre, pero que poseen 'pústulas' externas en las cuales los filamentos tetrasporangiales crecen como parásito sobre la superficie del talo gametofítico femenino, quedaron retenidas en *Gymnogongrus*. Las especies de *Gymnogongrus* con cistocarpos internos y alternancia de generaciones heteromórfica fueron transferidas al nuevo género *Ahnfeltiopsis* Silva y DeCew. Asimismo, las especies de *Phyllophora* con cistocarpos llevados en pinulas, espermatangios organizados en 'concavidades' y con un ciclo de alternancia isomórfico, se quedaron en este género; las especies con presencia de tetrasporoblastos (estructuras 'como verrugas') del tipo de *Phyllophora truncata* (Pallas) A.D. Zinova, se transfirieron a *Coccotylus* Kuetzing y, las entidades caracterizadas por una alternancia de generaciones heteromórfica, del tipo de *P. traillii* Holmes et Patters, fueron colocadas en *Erythrodermis* Batters (revisada por Fredericq y Ramírez, 1996).

Los estudios moleculares realizados hasta la fecha para especies de géneros de Phylloporace (Guiry y Garbary, 1990; Maggs, 1990; Hommersand, et al., 1993; Hommersand, et al., 1994) han resultado en numerosos clados,

aparentemente bien diferenciados, que sugieren la necesidad de crear nuevas casas genéricas, principalmente en *Gymnogongrus* y *Ahnfeltiopsis*.

Las notables diferencias en los números cromosómicos de las especies de *Ahnfeltiopsis*, interpretados en el contexto anterior, serían otra buena razón para sostener la propuesta de más segregaciones genéricas.

VIII.3 *Gymnogongrus johnstonii*

División RHODOPHYTA

Orden Gigartinales

Familia Phylloporaceae

Género *Gymnogongrus*

Gymnogongrus johnstonii (Setchell et Garder) Dawson

***Gymnogongrus* Martius**

Talo erecto, abundantemente ramificado, sujeto al sustrato por medio de un órgano de fijación discoidal. Ramificaciones predominantemente dicotómica, en un sólo plano, presentando en ocasiones proliferaciones laterales. Ejes cilíndricos o comprimidos en la porción inferior, complanado en las porciones superiores. Organización multiaxial. Médula densa constituida por grandes células poligonales. Corteza de células pequeñas arregladas en hileras anticlinales. Cistocarpos maduros profundamente embebidos, produciendo una protuberancia lateral o atravesando todo el talo. Tetrasporangios cruciados naciendo en la capa externa de pequeños nematecios. (Abbott y Hollenberg, 1976:505; Dawson, 1961, Joly, 1967, Smith, 1969, Taylor, 1960 en Candelaria, 1985:104-105).

DESCRIPCION DEL CICLO DE VIDA DEL GÉNERO

Se sabe que el género *Gymnogongrus* presenta dos tipos de historias de vida, la primera es de tipo tetrasporoblástica, en la que el tetrasporofito se reduce y forma un nematecio sobre las ramas del gametofito monóico, la especie tipo es *Gymnogongrus griffithsiae* (Turner) Martius, *Gymnogongrus chiton* (Howe) P.C. Silva et DeCew, *Gymnogongrus crenulata* (Turner) J. Agardh. La segunda es de tipo isomórfica, con gametofito y tetrasporofito erectos, el carposporofito diploide se desarrolla sobre el gametofito femenino, a este tipo de historia de vida se le llama tipo *Polysiphonia* (Anderson y Bolton, 1990; Masuda et al., 1996)



Género *Gymnogongrus* en campo



Género *Gymnogongrus* en campo

***Gymnogongrus johnstonii* (Setchell et Garder) Dawson**

Talo erecto litofítico, en forma de pequeñas matas. Color verde-rosáceo, hasta de 5.0 cm de alto. Ramificaciones principalmente dicotómicas; en ocasiones con ramas adventicias, sobre todo en las porciones inferiores, que llegan a alternar el patrón dicotómico y dar una apariencia completamente irregular. Angulo de la ramificación mayor de 45°, en un solo plano, con intervalos de 2.0 - 6.5 mm. Número de ramificaciones hasta 5, ápices romos. Ramas con ejes comprimidos en las partes superiores; subcilíndricos en las inferiores, 1.2 - 2.5 mm de diámetros. Estípites con 0.4 - 1.0 mm de longitud. Médula con células centrales grandes, de 40 - 200 μm de diámetro; células periféricas más pequeñas, 14-17 μm de diámetro. Corteza compuesta por 3 - 4 hileras de células muy pequeñas, las internas esféricas, las externas alargadas, de 4.0 - 6.4 μm de diámetro. Cistocarpos con (400) 700 - 100 (1300) μm de diámetro y 600 - 700 μm de altura. (Dawson, 1961; Candelaria, 1985 en Fragoso-Tejas, 1991:104).

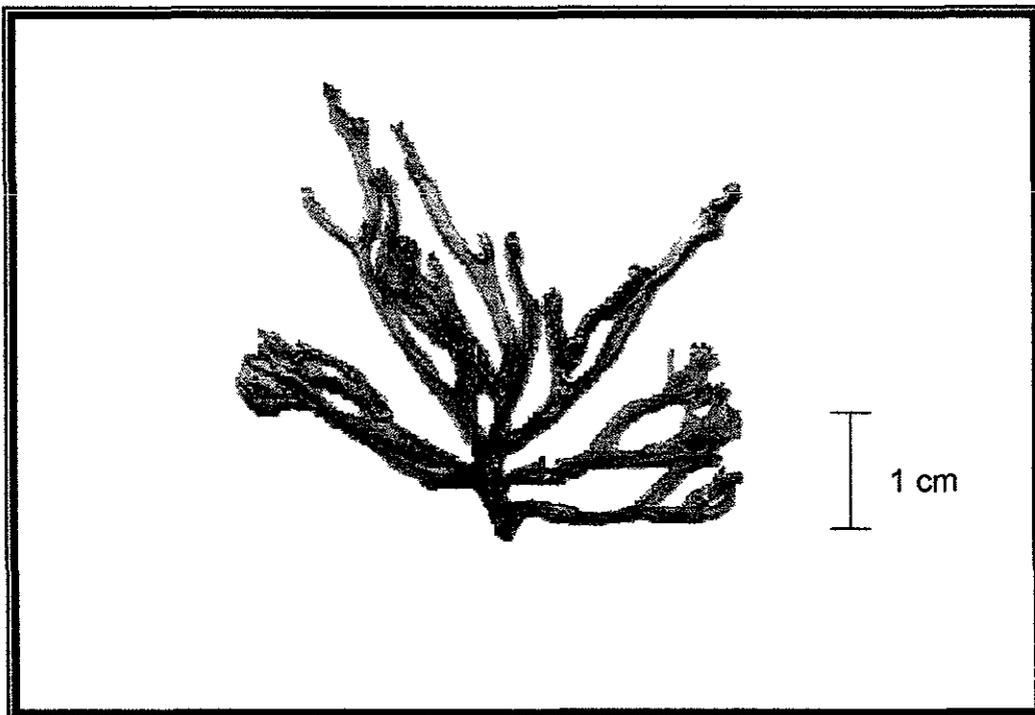


Lámina 5.- *Gymnogongrus johnstonii*

Determinación cromosómica

La determinación del número cromosómico se realizó en el estado mitótico de profase tardía en células apicales de ejes principales y ramas, se observaron claramente 8 cromosomas, (Tabla 3) y (Figuras 11 y 12).

ESPECIE	TIPO DE TEJIDO	Número Cromosómico		
		n	*	2n
<i>Gymnogongrus johnstonii</i>	MA			8

Tabla 3.- Número cromosómico indeterminado (*) de la especie *Gymnogongrus johnstonii*; (n-haploide, 2n-diploide); Tipo de tejido: MA= Meristemo Apical

Los cromosomas son de forma circular, ligeramente alargados, con un tamaño que oscila entre 0.47 μm de longitud, los más pequeños y 0.85 μm los más grandes. El tejido vegetativo de esta especie presentó células multinucleadas y uninucleadas, con un gran número de células en división, se observó una sincronización de las mitosis en las células multinucleadas como se puede apreciar en las figuras 13 y 14, de las que se presentan los cromosomas de la especie en fotografías y el esquema correspondiente. El tamaño de las células multinucleadas es mucho mayor, que las uninucleadas, miden aproximadamente 50 μm las de mayor tamaño. Las más pequeñas presentan de 2 a 10 núcleos, mientras que las de mayor tamaño de 20 a 30 núcleos, todos en la misma fase de división. No hubo variación en el número de cromosomas, presentes tanto en células uninucleadas como en las multinucleadas.

Dawson (1961), reportó que *Gymnogongrus johnstonii* presenta tetrasporangios en talos erectos lo que supone un ciclo de vida con alternancia isomórfica, en función de los ciclos conocidos para Phylloporacea. Debido a que los ejemplares colectados durante las cuatro épocas del año, carecían de estructuras reproductoras y no fue posible establecer la fase en la que se

encontraban, por lo que el número cromosómico puede corresponder al valor haploide (n) o al valor diploide ($2n$).

En otras especies como *Gymnogongrus linearis* C. Agardh se determinó un valor haploide de $n = 6$ (Doubt, 1935 en Cole, 1990); en *Gymnogongrus furcellatus* C. Agardh el valor diploide es de $2n = 48$ (Maggs, 1988a) y *Gymnogongrus griffithsiae* Gregory, 1930 (en Cole, 1990) el número cromosómico es $n = 4$ y $2n = 8$, aunque, Kapraun *et al.* (1993b) publicó para la misma especie un valor de $n = 23$, que es muy diferente al número reportado para la especie, por primera vez.

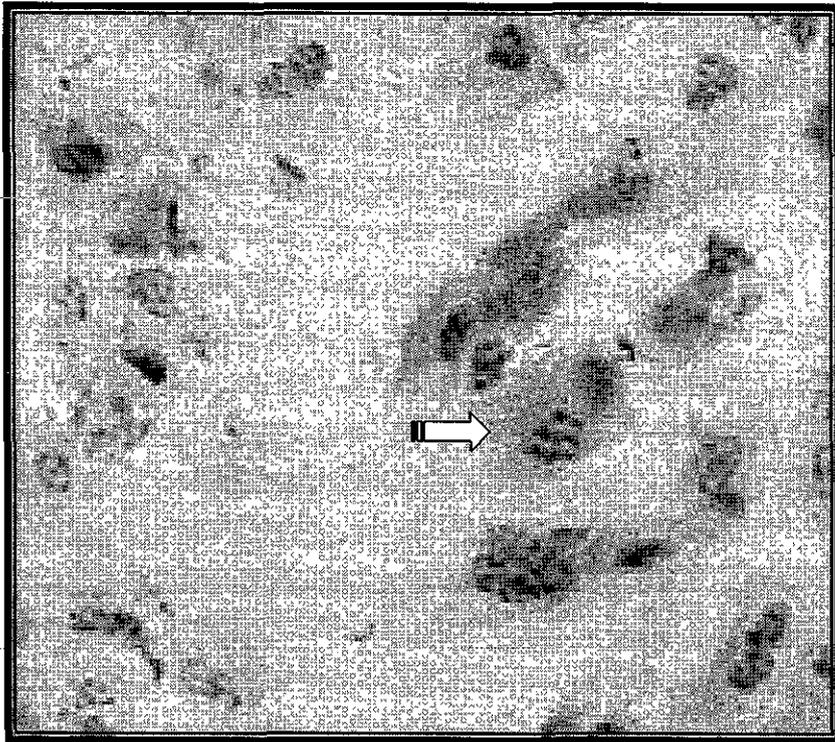
Los diferentes números encontrados en las especies de este género, nos llevan a considerar la posibilidad de un problema técnico en la determinación del número de cromosomas, que es la sobreposición de campos focales microscópicos y el tamaño tan pequeño de los cromosomas, factores que han producido seguramente errores en la valoración del número real, razón por la cual una misma especie puede presentar diferencias numéricas.

Kapraun *et al.* (1993b) reconoce que los datos obtenidos hasta el momento, han sido para pocas especies de *Gymnogongrus*, sin embargo, especula sobre el número básico de este género y propone el valor de $X = 23$. Es difícil apoyar esta propuesta, ya que se requiere de un mayor número de elementos para asegurarlo sobre todo tratándose de un género tan conflictivo taxonómicamente y con una historia evolutiva aún confusa.

En algunos casos, se apreciaban aún bien delimitados cada uno de los núcleos y el conteo de 8 cromosomas fue confirmado, sin embargo en otras células donde los núcleos habían perdido totalmente su integridad se observaron numerosos cromosomas, entre 8-32, lo anterior podría interpretarse como un número cromosómico variable en estas células, pero en realidad corresponde con el número de núcleos que cada célula contiene, por lo que siempre el número cromosómico es múltiplo de 8.

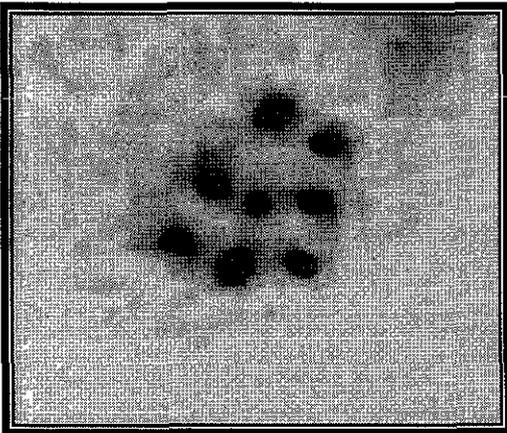
En este trabajo, sin duda, la mayor frecuencia de 8 cromosomas en los núcleos, tanto de células uninucleadas como multinucleadas, hace pensar en éste como el número cromosómico modal.

a

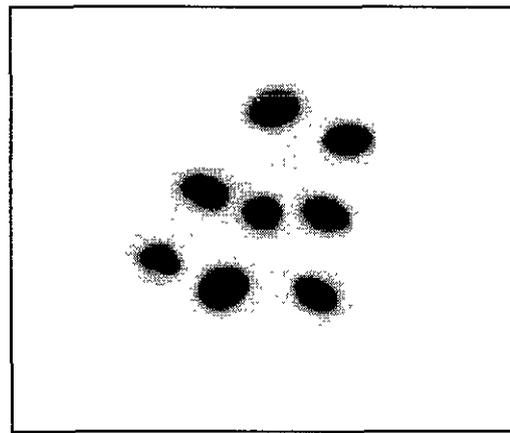


5 μ m

b



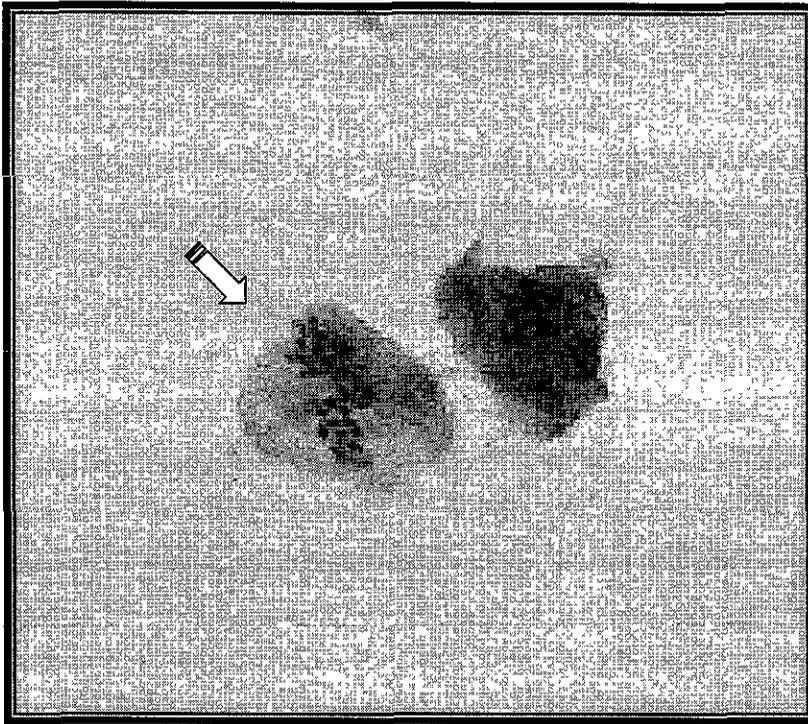
c



5 μ m

Figura 11.- a) Cromosomas de la especie *Gymnogongrus johnstonii* (fase indeterminada 8), en células uninucleadas; b) Acercamiento de la figura (a); c) Esquema de la figura (b).

a

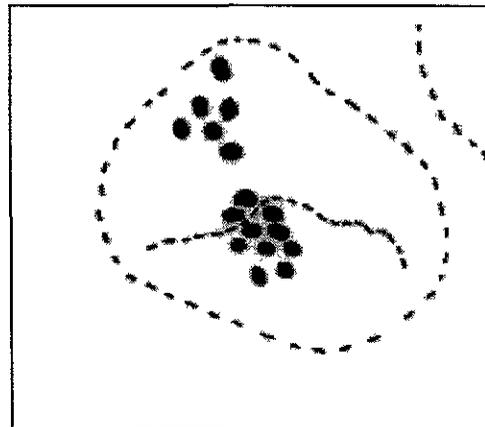


5 μ m

b



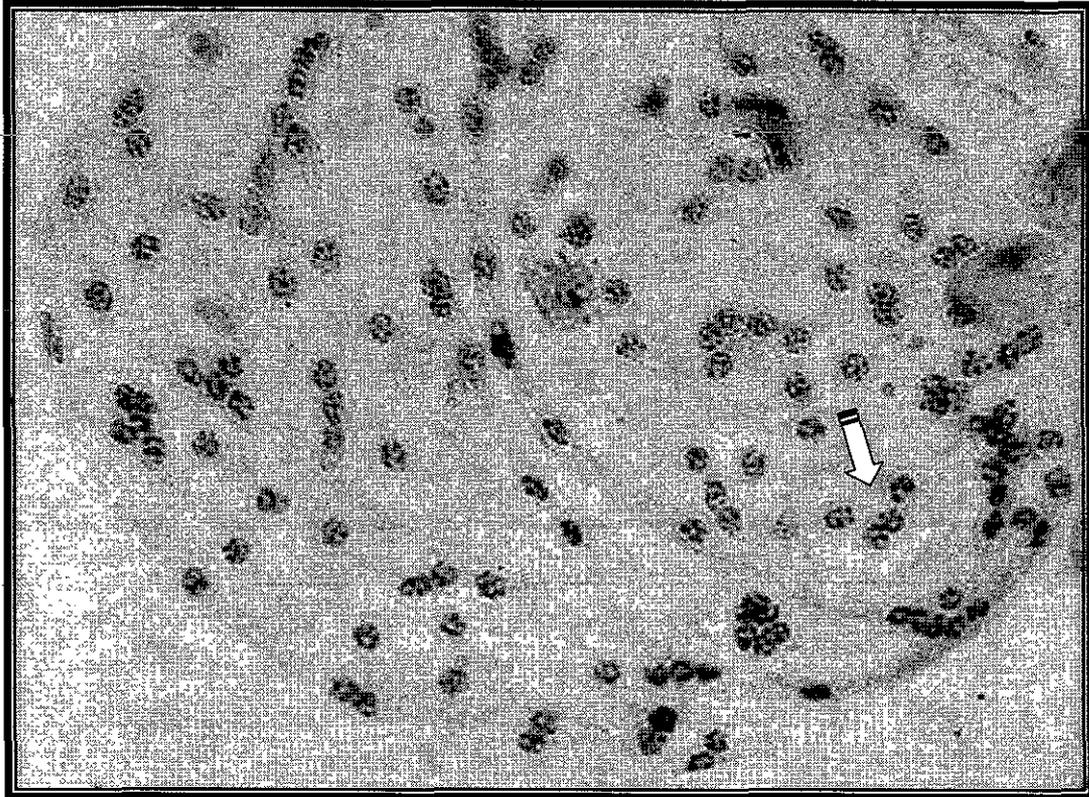
c



5 μ m

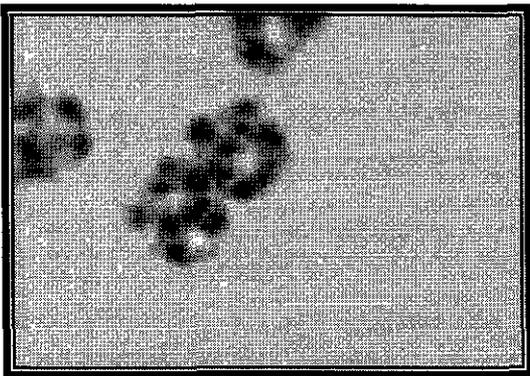
Figura 12.- a) Célula uninucleada en división de *Gymnogongrus johnstonii* (fase indeterminada 8); b) Acercamiento de la figura (a); c) Esquema de la figura (b).

a

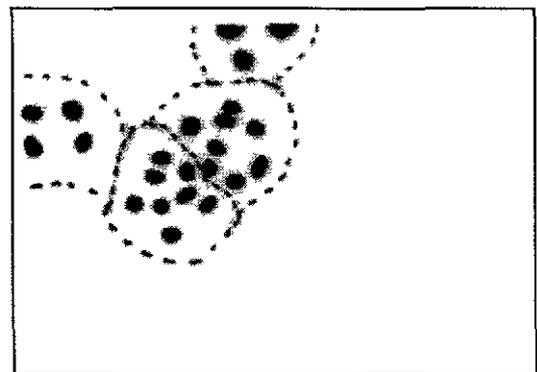


5 μ m

b



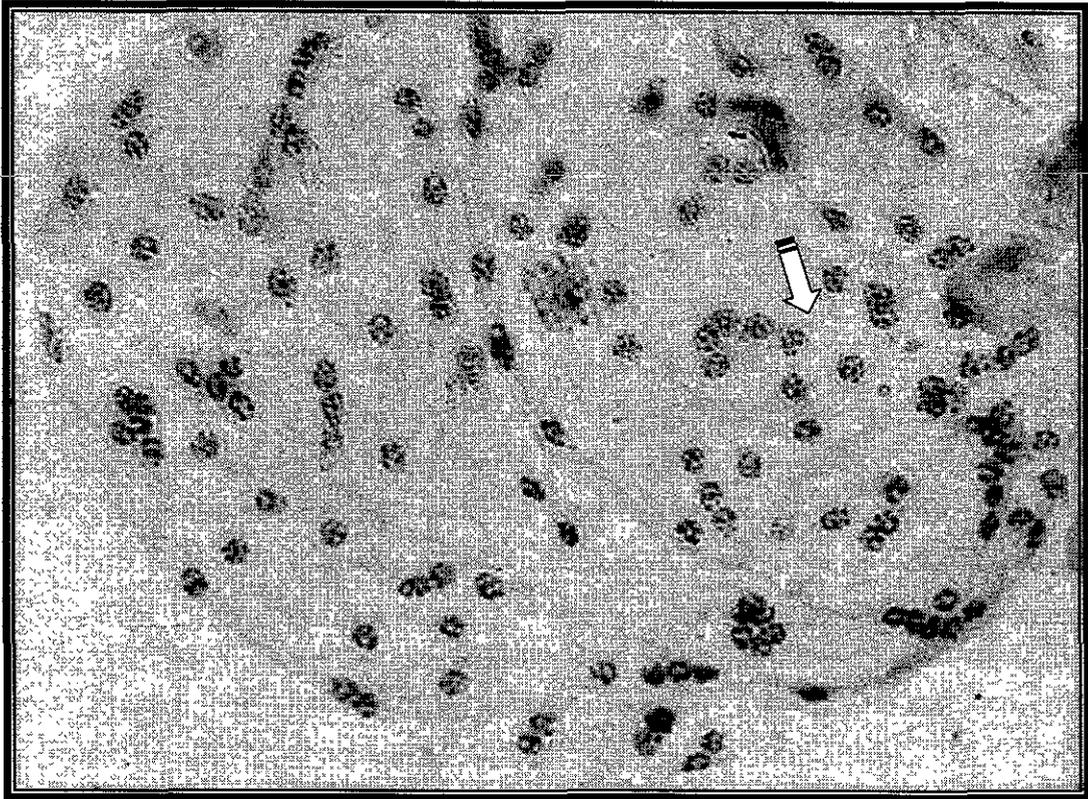
c



5 μ m

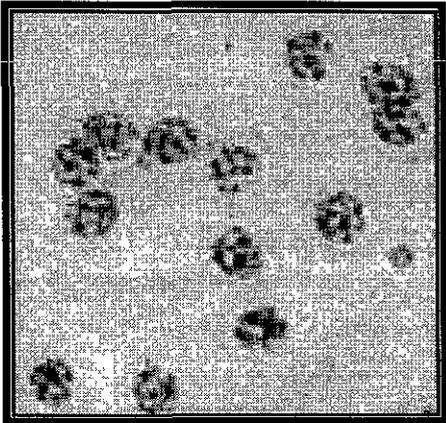
Figura 13.- a) Cromosomas de *Gymnogongrus johnstonii* (fase indeterminada 8) en célula multinucleada; b) Acercamiento de la figura (a); c) Esquema de la figura (b)

a

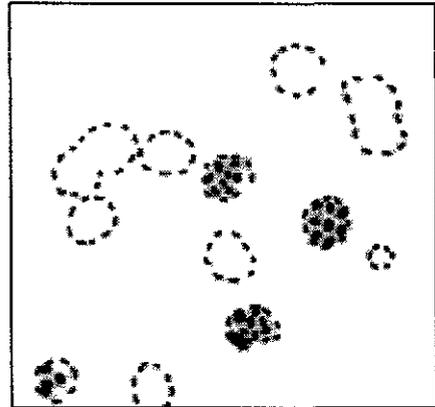


5 µm

b



c



5 µm

Figura 14.- a) Cromosomas de *Gymnogongrus johnstonii* (fase indeterminada 8) en célula multinucleada; b) Acercamiento de la figura (a); c) Esquema de la figura (b)

VIII.4 *Gelidium sclerophyllum*

División RHODOPHYTA

Orden Gelidiales

Familia Gelidiaceae

Género *Gelidium*

Gelidium sclerophyllum Taylor

***Gelidium* Lamouroux**

Talos saxícolas cartilagosos de rojo púrpura a negro, de hasta 30 cm de talla, a veces formando extensos tapetes. Talos conformados por ejes rastreros estoloníferos generalmente cilíndricos o por sistemas basales discretos, portando ejes erectos de cilíndricos a aplanados con ramificación variada y frecuente, generalmente dística. Estructura interna constituida por una corteza de varias capas de células de las cuales las más externas están pigmentadas, de células redondeadas y pequeñas (2-12 μm de diámetro) y una médula de células globosas más grandes. Entremezclados en la médula o en posición subcortical se encuentran filamentos rizoidales o hifas con paredes muy gruesas que varían en cantidad y en la forma de su distribución a lo largo del talo. Estructuras reproductivas tetrasporangiales en ramas especiales o en los ápices de ramas y ejes normales formando soros con o sin márgenes de células estériles. Estructuras cistocárpicas en los extremos distales de las ramas, cistocarpos biloculares con uno o varios ostiolas en cada superficie. (Santelices, 1974; Abbott y Hollenberg, 1976)

DESCRIPCION DEL CICLO DE VIDA DEL GÉNERO

Las especies del género *Gelidium* presentan un ciclo de vida tipo-*Polysiphonia* con gametofitos y tetrasporofitos isomórficos de manera natural (West y Hommersand, 1981) el cual se ha demostrado en cultivos de *Gelidium culteri* Harvey (Macler y West, 1987). El gametofito, el tetrasporofito y el carposporofito diploide se desarrolla sobre el gametofito femenino (Dixon, 1982; Masuda, et al. 1996)



Género *Gelidium* en campo

***Gelidium sclerophyllum* Taylor**

La especie *Gelidium sclerophyllum* presenta la siguiente morfología: Talos en tufos formando céspedes de color púrpura o morado verdoso en las partes basales y verde de oscuro a claro en las partes altas, presentan una textura cartilaginosa suave. Los talos crecen en sustratos rocosos y mixto o ambos a la vez, se encuentran en la zona mesomareal alta, media y baja. Los ejes postrados cilíndricos forman estolones y los ejes rectos, casi rectos o anchos se encuentran en las partes altas, con atenuación apical ligera o marcada o atenuación subapical media, con márgenes irregulares, liso-irregulares o lisos. Las dimensiones de las plantas son de 0.7 - 2.0 cm de alto, 0.50 - 1.50 mm de ancho y con un espesor de 0.10 - 0.30 mm. Los ápices vegetativos presentan un plano transversal medio: ovoide, elíptico, elíptico agudo o elíptico en media luna, el ápice tipo F es ligeramente atenuado, redondeado o plano, presenta un margen cortical liso, la célula apical se encuentra en el extremo distal inmersa en el margen, laterales con división transversal a corta distancia de la célula apical. El ápice bilobulado es recto, la célula apical se encuentra en el extremo distal dentro de la depresión cortical, iniciales laterales con división transversal a corta distancia pero no en depresiones corticales (lamina 6). Presentan también ejes simples o ramificación múltiple irregular en las partes medias y altas o irregulares en todo el eje. Las células corticales superficiales sin agregación se distribuyen irregularmente (tipo *Gelidium*). Las células medulares se presentan en hileras de 5 a 6, de forma circular o subcircular, con paredes delgadas o medias, con espacios intercelulares grandes o muy grandes. En la subcorteza se presentan filamentos rizoidales de frecuentes a escasos y en la médula de abundantes a frecuentes. La rama tetrasporangial se localiza en las partes altas de las ramas ordinarias, a veces ramificadas y ensanchadas en forma de paleta, con ápices no modificados o acorazonados y ensanchados. Los soros tertasporangiales son de forma ovoide irregulares y a veces estrangulados, con márgenes estériles, de angostos a medianos. Tetrasporangios de 22 - 38 μm de diámetro, de forma ovoide o esféricos, dispuestos irregularmente en el soro (Rodríguez-Vargas, 1989:195-202).

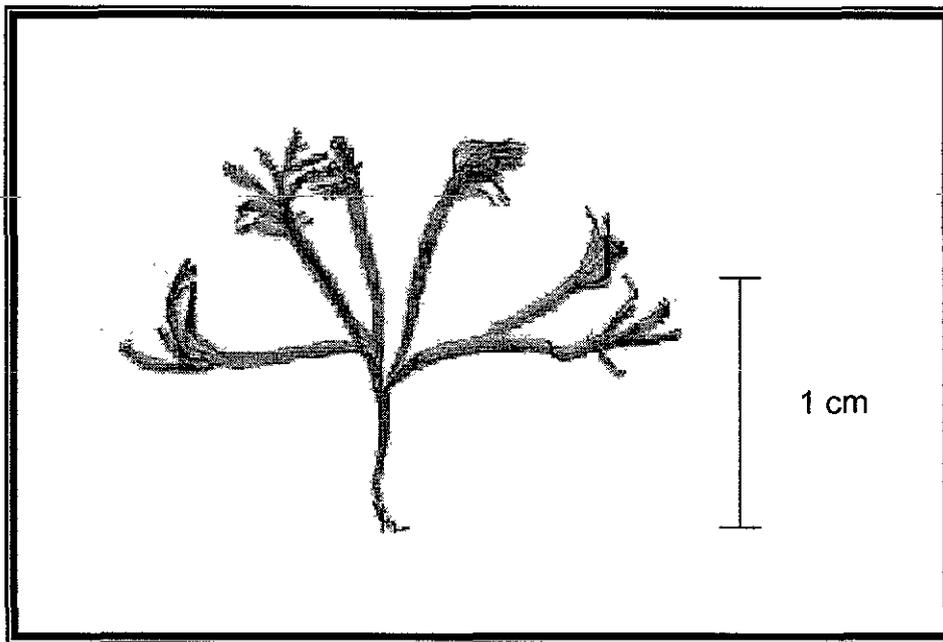


Lámina 6.- *Gelidium sclerophyllum*

Determinación cromosómica

Los cromosomas fueron claramente observados y medidos en numerosas mitosis de células apicales vegetativas. Del análisis de 200 mitosis por manto poblacional, en cada una de las estaciones del año, se consiguió establecer que los cromosomas son de forma circular con ligero alargamiento en los polos y con un tamaño de aproximadamente $0.8\mu\text{m}$ de longitud máxima (Figuras 15, 16 y 17), el número fue de 4 con una variación de ± 1 .

La presencia consistente de células con 3, 4 y 5 cromosomas y la alta proporción de 4 cromosomas en la mayoría de las ocasiones, permite concluir que ése es el número modal de la especie y que hay una variación normal de ± 1 cromosoma. Esto nos indica que la especie presenta aneuploidía con un estado monosómico y otro disómico para uno de los pares (Tabla 4). En las gráficas 1-4, se observa para cada población, la frecuencia de células con 3, 4 y 5 cromosomas durante las cuatro estaciones del año, en que se llevaron a efecto las colectas.

La variación de ± 1 cromosomas (aneuploidía) en células de un mismo individuo se ha registrado ampliamente en estudios previos de algas marinas (Knaggs, 1964; Athanasiadis, 1983; Goff y Coleman, 1986; Maggs y Rico, 1991), incluso con una variación de más de 10 cromosomas (Yabu, 1979; Steward y Rüdénberg, 1978; Maggs, 1988b), por lo que no resulta raro que en esta especie exista dicha variación.

Maggs y Rico (1991) reportan una variación de ± 2 en *Gelidium latifolium* con un número haploide de 29 cromosomas meióticos, explicando que esto se ha dado como una alternancia de eventos aneuploides y poliploides, como los propuestos para *Ulvales* (Kapraun y Bailey, 1992). Ciertamente el significado biológico de esta variación aún no se ha discutido con la profundidad necesaria y aunque seguramente tiene repercusiones importantes en términos de la variabilidad genética de las generaciones sucesivas y, en consecuencia, en cuanto a su capacidad de respuesta a las diferentes condiciones del medio ambiente, no se tiene un registro preciso al respecto, sin embargo, se sabe que en la mayoría de las especies vegetales la aneuploidía y en particular la poliploidía han participado en la especiación.

Del total de células en mitosis revisadas, el 25% presentaron 6, 8 y 10 cromosomas (Tabla 4 y Figuras 16 y 18 y gráficas 1-4), el tamaño de las células que presentaron este número fueron de mayor tamaño casi del doble de las células comunes. Cabe mencionar que en las células en profase, se podía apreciar a la cromatina formando anillos, delimitando claramente el contorno de la membrana nuclear; Athanasiadis et Rueness, (1992) comentan que este fenómeno se da cuando se presenta una asociación entre los cromosomas homólogos.

Por la alta frecuencia con que se presentan en la zona de trabajo, los talos tetrasporangiales, la observación de ramas con estructuras reproductoras (tetrasporangios) en los talos colectados en verano y otoño, y la escasez de plantas cistocárpicas reportada mundialmente (Santelices y Stewart, 1985; Macler y West, 1987), es posible garantizar que todos los ápices analizados aunque aparentemente vegetativos provenían de plantas tetrasporofíticas y por lo tanto diploides. Asimismo, la confirmación de la posición de la meiosis, que se realiza en el momento de la producción de las esporas por lo menos en *Gelidium*

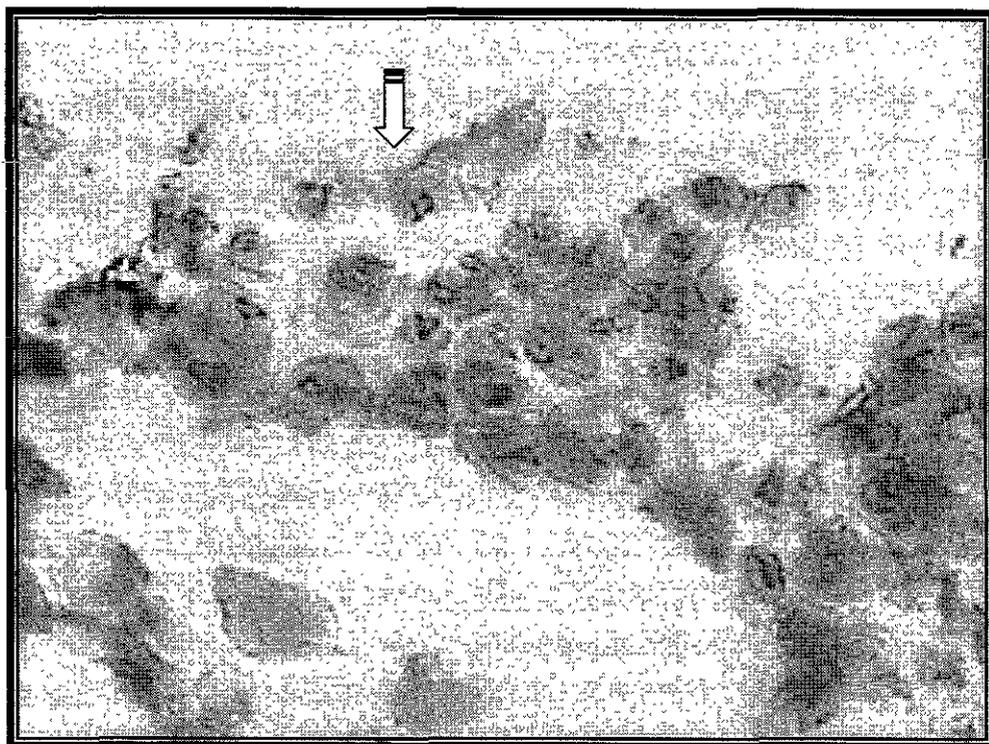
latifolium (Maggs y Rico, 1991) y en *Gelidium pristoides* (Carter, 1993), impiden paradójicamente decidir a qué corresponde el valor cromosómico encontrado por las siguientes razones.

Normalmente, en *Gelidium sclerophyllum* hay formación de ramas tetrasporangiales laterales pero también se producen tetrasporangios en los ápices de los ejes y las ramas principales. Según Maggs y Rico (1991), la formación de tetrasporangios en ápices se produce a partir de células madres tetrasporangiales que no difieren morfológicamente de las células vegetativas, donde ocurre la división meiótica, produciéndose una coexistencia de células mitóticas y células meióticas morfológicamente muy semejantes en el mismo ápice. En este sentido el valor 4 ± 1 podría pertenecer perfectamente a cualquiera de los dos tipos celulares.

ESPECIE	TIPO DE TEJIDO	Número Cromosómico		
		n	*	2n
<i>Gelidium sclerophyllum</i>	MA	4 ± 1 (3,4,5) (6,8,10)		

Tabla 4.- Número cromosómico de la especie *Gelidium sclerophyllum* con dos posibles alternativas; (n-haploide, 2n-diploide e (*)-indeterminado); Tipo de tejido: MA=Meristemo Apical

a

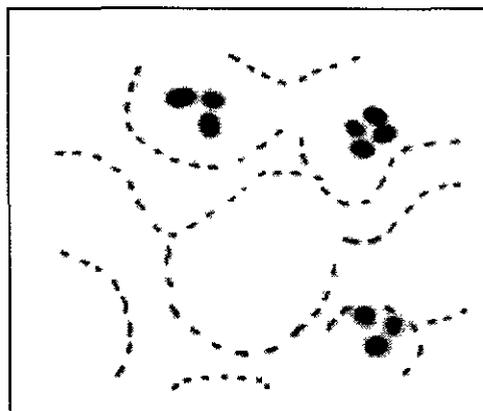


10 μm

b



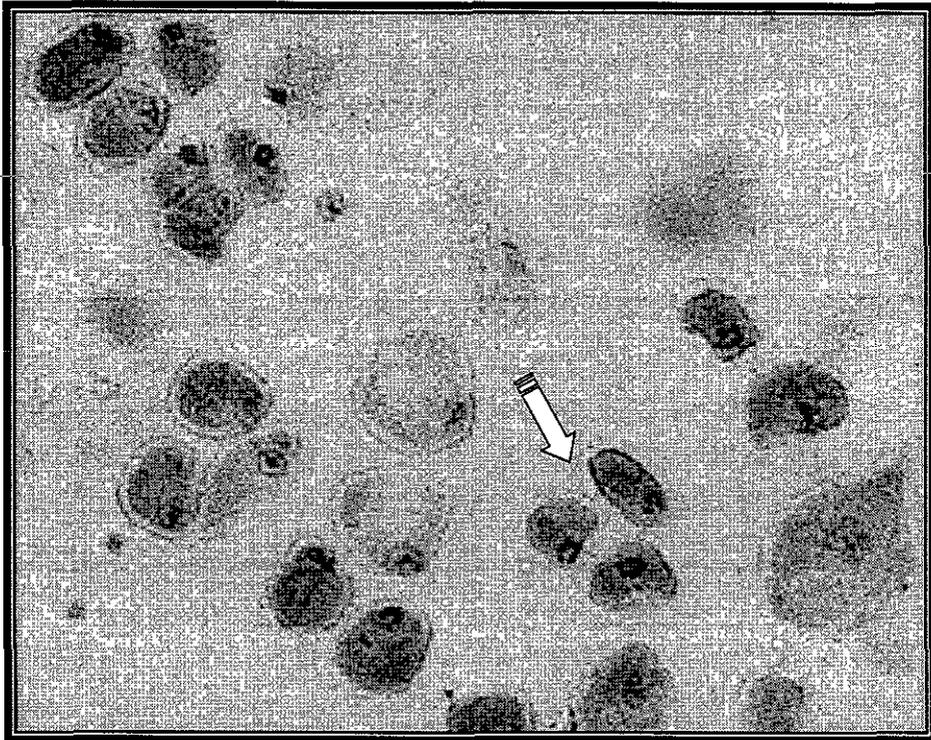
c



10 μm

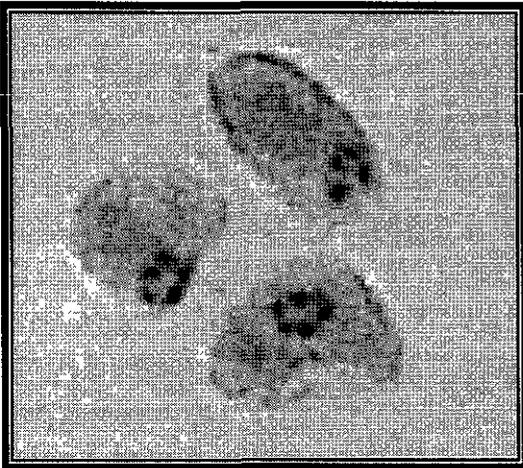
Figura 15.- a) Cromosomas de la especie *Gelidium sclerophyllum* (fase indeterminada 3 y 4); b) Acercamiento de la figura (a); c) Esquema de la figura (b).

a

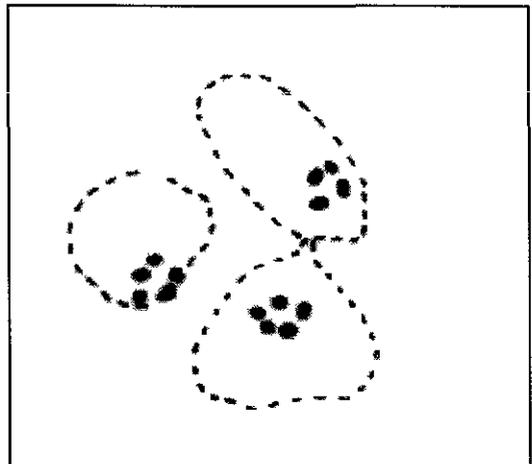


10 μm

b



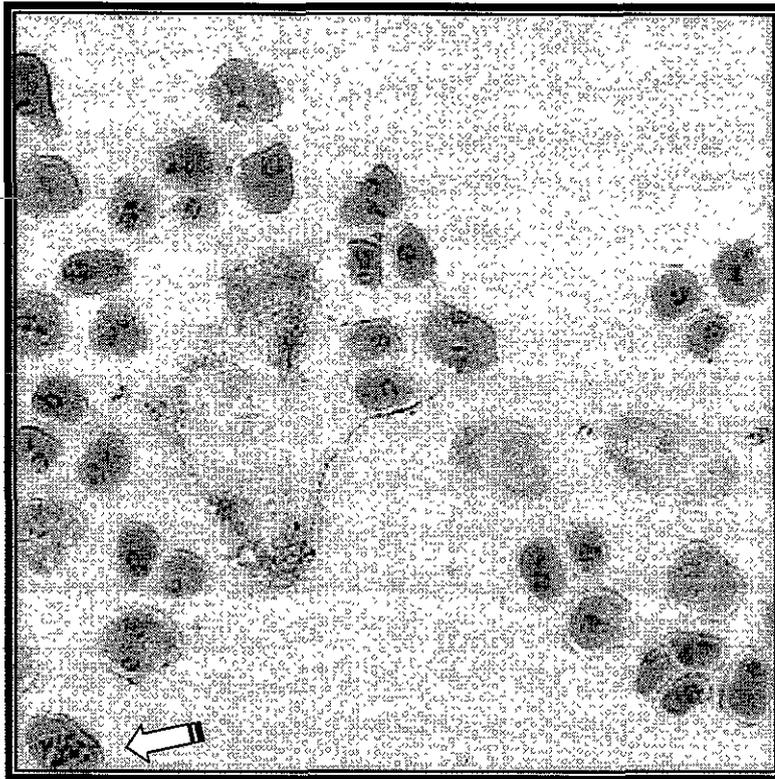
c



10 μm

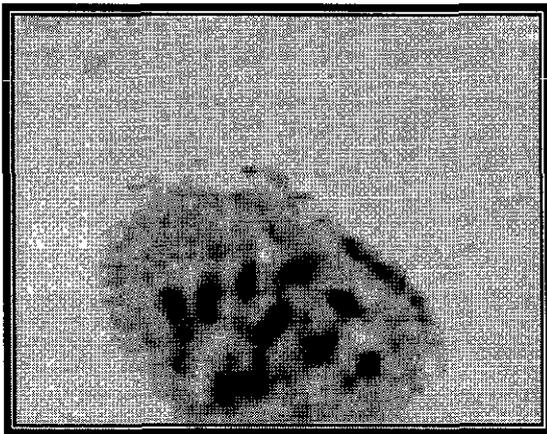
Figura 16.- a) Cromosomas de *Gelidium sclerophyllum* (fase indeterminada 4 y 5); b) Acercamiento de la figura (a); c) Esquema de la figura (b).

a

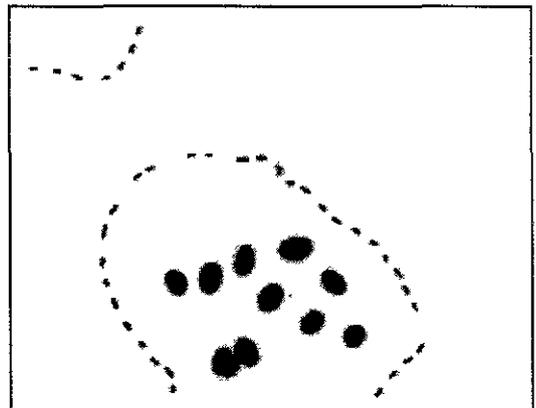


10 μm

b



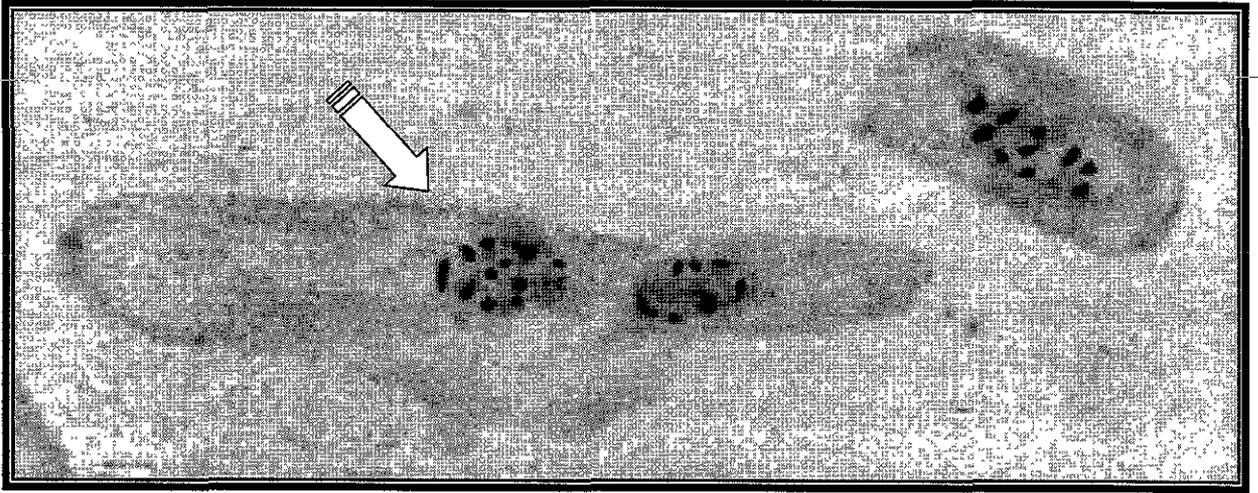
c



10 μm

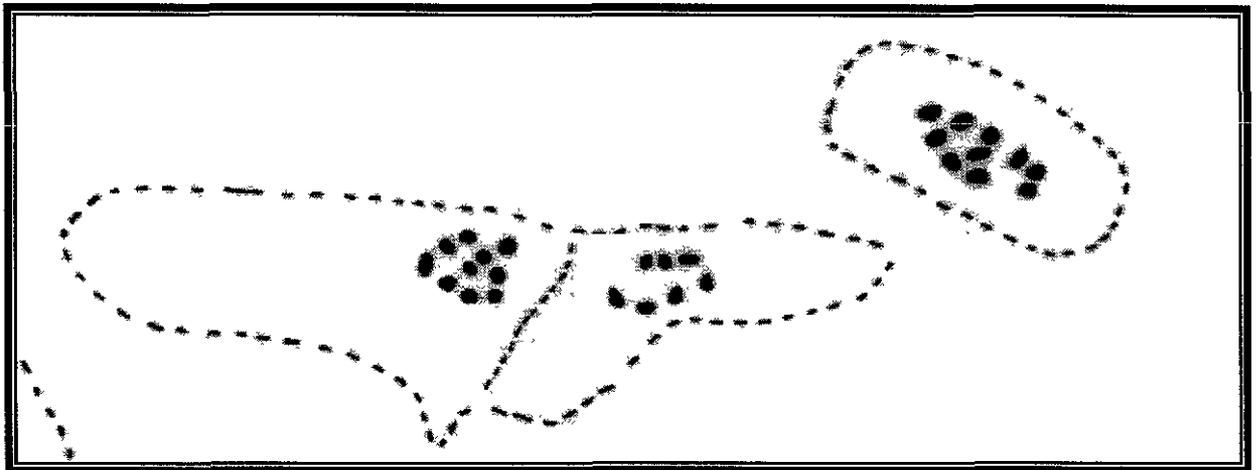
Figura 17.- a) Cromosomas de la especie *Gelidium sclerophyllum* (fase indeterminada 10); b) Acercamiento de la figura (a); c) Esquema de la figura (b).

a



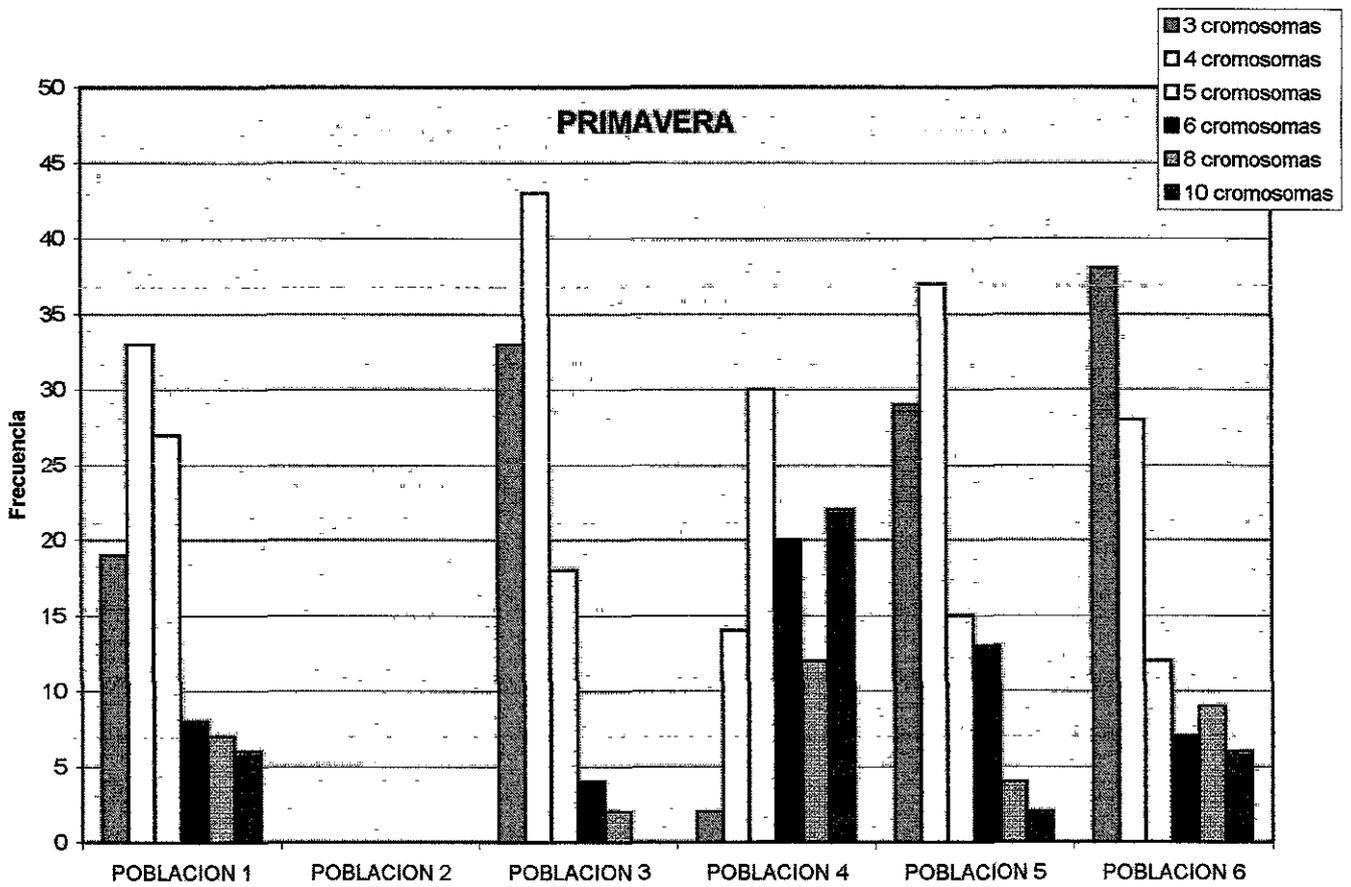
10 μm

b

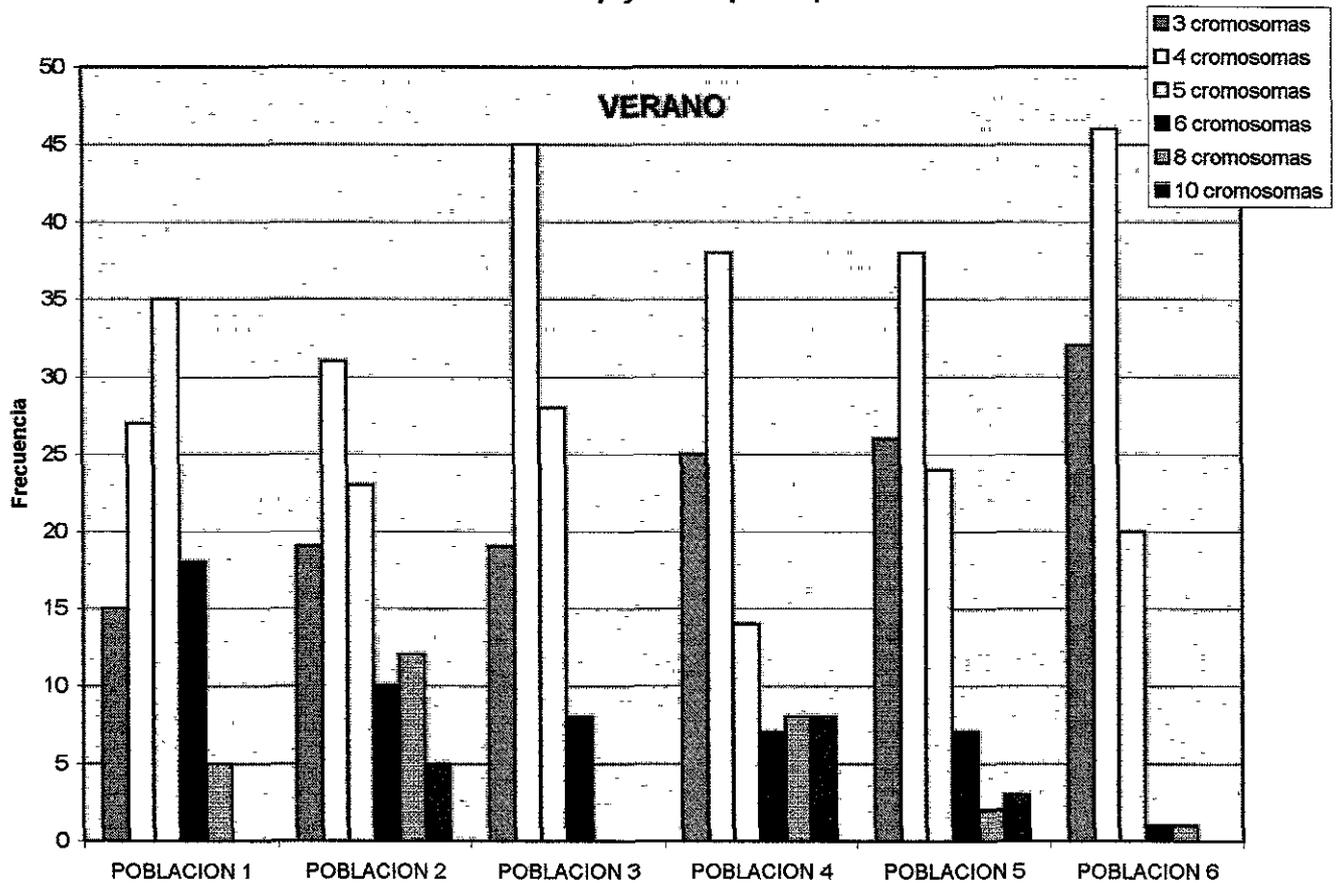


10 μm

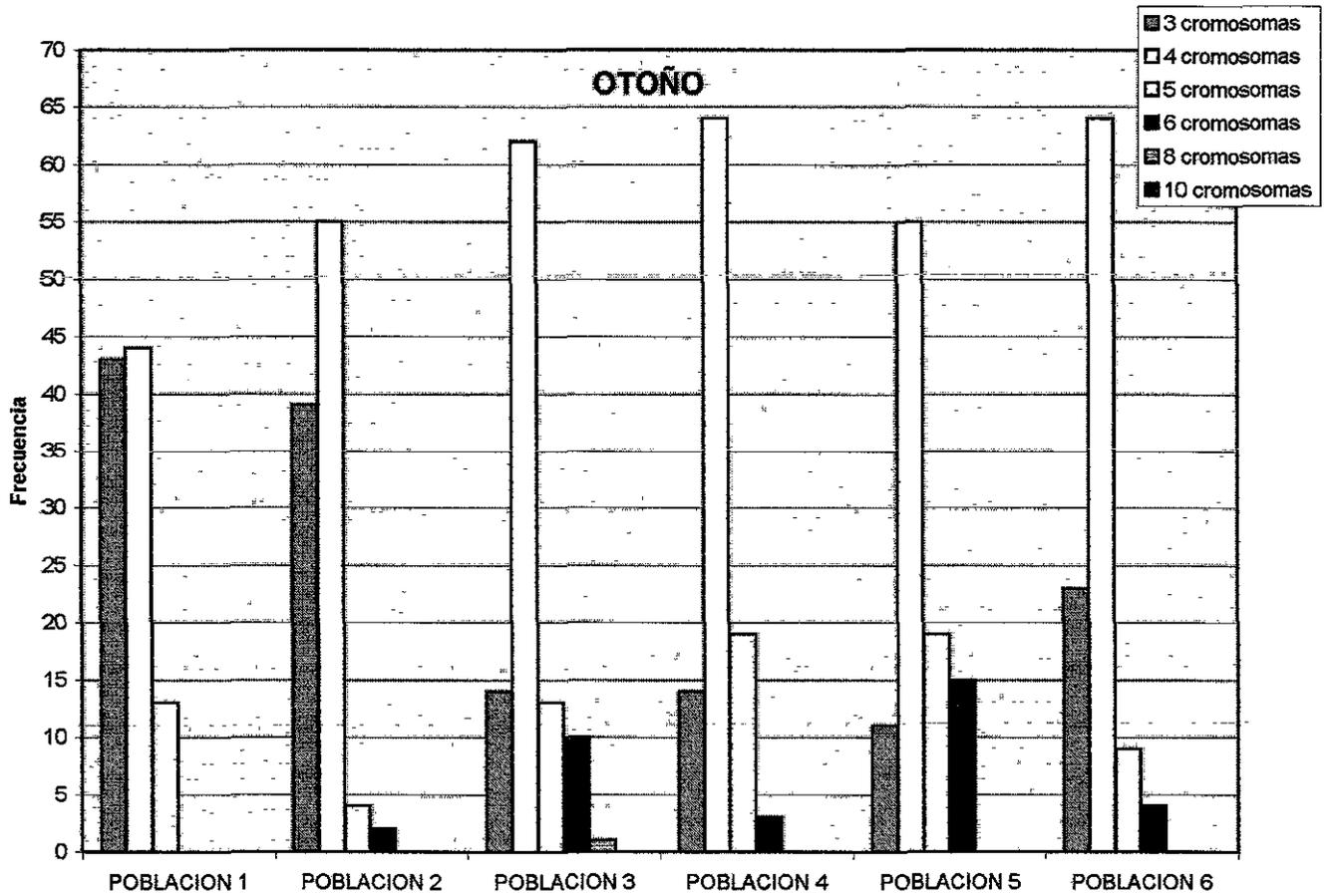
Figura 18.- a) Cromosomas de *Gelidium sclerophyllum* (fase indeterminada 10);
b) Esquema de la figura (a)



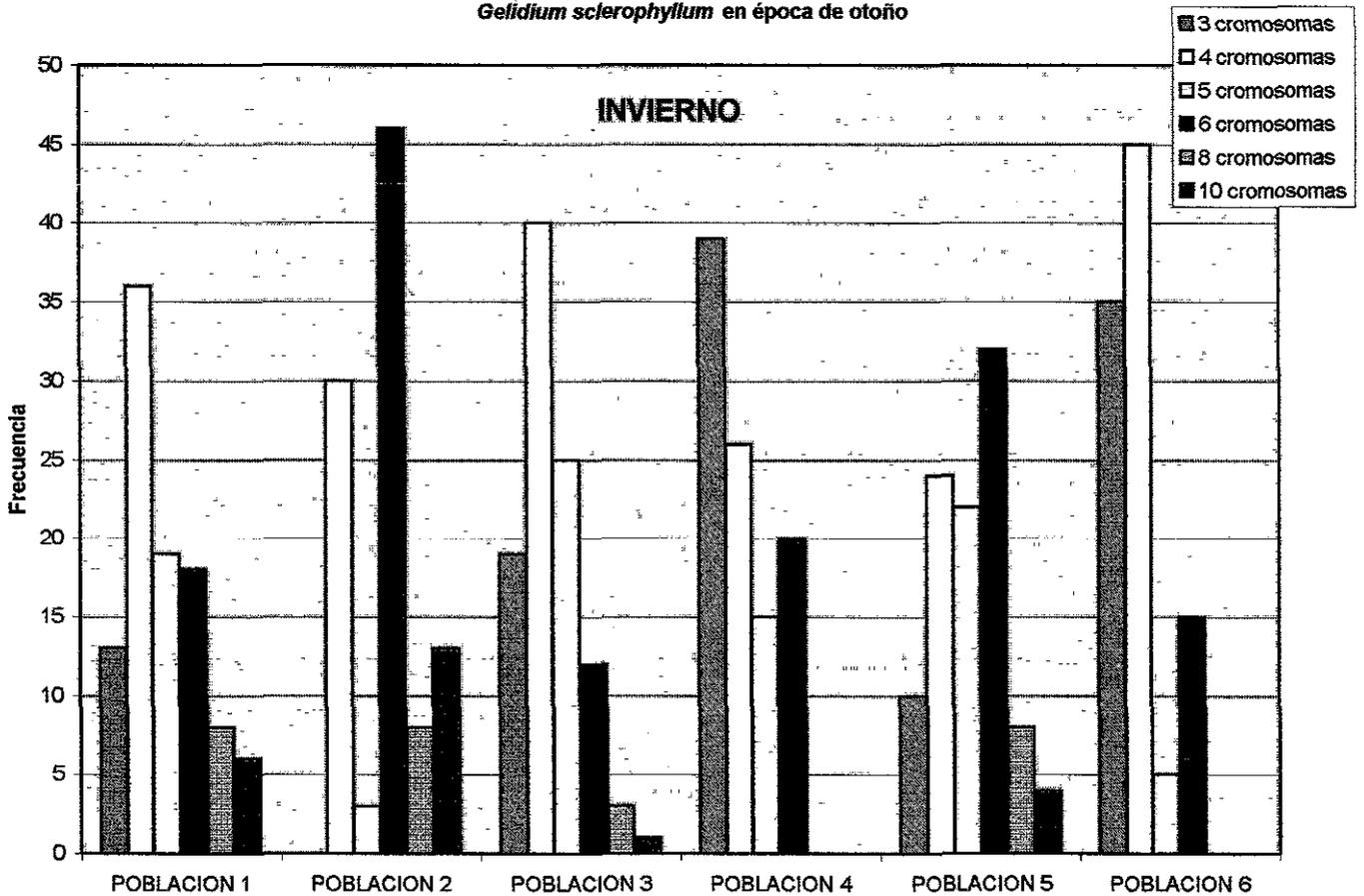
Gráfica1.- Variación del número cromosómico de las seis poblaciones de *Gelidium sclerophyllum* en época de primavera



Gráfica 2.-Variación del número cromosómico de las seis poblaciones de *Gelidium sclerophyllum* en época de verano



Gráfica 3.- Variación del número cromosómico de las seis poblaciones de *Gelidium sclerophyllum* en época de otoño



Gráfica 4.- Variación del número cromosómico de las seis poblaciones de *Gelidium sclerophyllum* en época de invierno

De acuerdo con los datos cromosómicos que reportan otros autores, cabe mencionar que, los números cromosómicos diploides registrados para otras especies de Rhodophyta y en particular las de *Gelidium*, no son tan bajos en ninguno de los casos, varían entre 10 y 58 en individuos diploides ($2n$). Carter (1993) menciona que las diferencias que existen en el número cromosómico de las especies de *Gelidium* podría ser resultado de una euploidía, que ha servido como ventaja biológica al género, suponiendo que este género es monofilético, lo que aún está bajo estudio, y que el incremento de material genético *per se* aumenta la variabilidad.

Sin embargo, los artículos recientes sobre Gelidiales indican un intervalo de $n = 5 - 29$ cromosomas, lo que sugiere un número básico del genoma de $X = 5$, en las especies con números diploides de 20 y 30, se cree surgieron por poliploidía (Kaneko, 1968; Kapraun y Bailey, 1989; Kapraun *et al.*, 1993a).

Los datos anteriores permiten suponer que las células con 6, 8 y 10 cromosomas, son las células vegetativas diploides y las de 3, 4 y 5 las células madres tetrasporangiales después de la primera división meiótica. En consecuencia el número básico de la especie sería $n = 4 \pm 1$ y $2n = 8 \pm 2$.

No obstante, la poliploidía es común en todo el reino vegetal y se le considera como un factor de evolución en las plantas (Jackson, 1976), aunque como Nichols (1980) menciona, la poliploidía en eucariontes no vasculares se ha estudiado poco. Los poliploides contienen un número múltiple del genoma básico y puede desarrollarse espontáneamente por la falta de citocinesis después de una meiosis (van der Meer, 1977). Stebbins (1971) sugiere que el aumento en el número haploide es más común en plantas y se realiza a través de alopoliploidías, éste es un mecanismo por el cual las plantas tienden a aumentar su genoma básico por medio de una hibridación natural.

Según los valores obtenidos podría suponerse también que el valor 4 ± 1 corresponde al $2n$ y entonces sería $n = 2$. La presencia de células con 6, 8 y 10 cromosomas se explicaría entonces, como poliploidías correspondientes a los valores triploide, tetraploide y pentaploide.

Datos publicados para otras especies algales sirven de apoyo para la propuesta anterior. Especies de Ceramiales y Gigartinales (Cole, 1990) confirman procesos de poliploidías en algas rojas como los realizados por Drew (1934, 1939 y 1943) quien detectó la presencia de autoploidías en ejemplares de Ceramiales; también en *Spermothamnion repens* (Dillwyn) Rosenvinge que presenta valores de $n=30$, $2n=60$, $3n=90$ y $4n=120$ y *Plumaria elegans* (Bonnem.) Schm. con $n=31$, $2n=62$ y $3n=93$. Considerando que los intervalos en el número cromosómico de Ceramiales son de $n=7-42$, Rao *et al.* (1978) y Annapurna y Rao (1985) sugieren que el antecesor común para Ceramiales haya sido posiblemente $x=7$. Ellos observaron cromosomas meióticos en varias especies de la India, *Ceramium spp.* (Rao *et al.*, 1978), *Laurencia caraibica* P.C.Silva (como *L. nana*) Rao y Annapurna (1983) y *Polysiphonia ferulacea* J. Agardh y notaron univalencia, bivalencia y polivalencia durante la profase I (Annapurna y Rao, 1985; Cole, 1990).

Estos autores concluyen con base en sus resultados y otros publicados previamente, que la aloploidía (hibridación) y la autoploidía son los principales factores en la evolución de las especies de los géneros *Ceramium*, *Laurencia* y *Polysiphonia*. De acuerdo con Kapraun (1993b), el número cromosómico básico $n=30$ para el género *Polysiphonia* se deriva probablemente de una triploidía del genoma básico $n=10$.

Los estudios preliminares sobre modificaciones genéticas en *Gracilaria tikvahiae* productora de agar, sugieren que la autoploidización es un fenómeno que da como resultado especies mejoradas para maricultivo. En el caso de especies del género *Gelidium* se puede considerar, en vista del comportamiento de los poliploides, un taxa con candidatos prometedores para mejoramiento genético por autoploidización (Kapraun y Bailey, 1989) y, de acuerdo con los resultados del presente estudio, se incluiría a *Gelidium sclerophyllum*, dentro de este grupo.

Definir con precisión el significado de los números cromosómicos encontrados requiere de un análisis muy concreto pero poco práctico que es el de hacer el cariograma de las esporas, estudio que está aun en proceso. Es claro que existe una variación muy constante que se repite tanto en los parches poblacionales como a lo largo de un ciclo estacional, sin embargo, es necesario

constatar que dicha variación tiene permanencia en el tiempo por un período prolongado. Explicar esta variación resulta de gran importancia e interés genético, ecológico y fundamentalmente evolutivo pero por el momento se carece de la información necesaria que será objeto de estudios futuros.

VIII. 5 Número Cromosómico en especies de Rhodophyta (tomada de Cole, 1990 y actualizada hasta 1997)

A manera de síntesis de los resultados obtenidos en el presente trabajo, se realizó una actualización del conocimiento sobre los números cromosómicos para especies de algas rojas. En la siguiente tabla se concentra esta información incluyendo los resultados mostrados en los incisos anteriores.

Taxon	Número	Cromosómico ^a	Tipo de célula	Referencia ^b
	n	2n		
Acrochaetiales				
ACROCHAETIACEAE				
<i>Audouinella botryocarpa</i> (como <i>Acrochaetium botryocarpum</i>)	5	ca.10	CA,T	Woelkerling, 1970
<i>Audouinella concrescens</i> (como <i>Rhodochorton concrescens</i>)	-	12-14	T	West,1970
<i>Audouinella floridula</i> (como <i>Rhodothamniella floridula</i>)		20	ST	Magne, 1964
(como <i>Rhodochorton floridulum</i>)	10+1	20+2	R,G,T	Knaggs, 1964
<i>Audouinella hermannii</i>	6	-	ST	Hymes y Cole, 1983
<i>Rhododraparnaldia oregonica</i>	7	-	C,S	Sheath <i>et al.</i> , 1994 *
Bangiales				
BANCIACEAE				
<i>Bangia atropurpurea</i>	3	-	G	Sheath y Cole, 1980
(como <i>B. fuscopurpurea</i>)	2	-	G	Dangeard, 1927
	3,4	6,8	G,FC	Yabu, 1967
	3	-	G,CO	Sommerfeld y Nichols, 1970a
	4	8	G,CA	F. Magne com. pers. (Cole 1972)
	3+1	-	G	Gargiulo <i>et al.</i> , 1991 *
<i>Bangia vermicularis</i>	3,4	6,8	G,C,FC, CA	Cole <i>et al.</i> , 1983
	sexual	sexual		
	3	6	G,M	Cole <i>et al.</i> , 1983
	asexual	asexual		
(como <i>B. fuscopurpurea</i>)		10	G,CO	Richardson y Dixon, 1968
	4	-	S	Cole, 1972
<i>Porphyra abbottae</i>	3	-	G,S,CA	Conway <i>et al.</i> , 1975
	3	6	G,S,CA	Mumford y Cole, 1977
<i>Porphyra amplissima</i>	3	6	G,S,CA, FC	Kito <i>et al.</i> , 1967
	3	6	G,S,CA	Yabu, 1970
<i>Porphyra atropurpurea</i>	3	-	S	Yabu <i>et al.</i> , 1974
<i>Porphyra brumalis</i>	4	-	S	Mumford, 1975
	4	-	S,CO	Mumford y Cole, 1977

Taxon	Número Cromosómico ^a		Tipo de célula	Referencia ^b
	n	2n		
<i>Porphyra carolinensis</i>	4	-	G,S,CA, CO,CS	Freshwater y Kapraun, 1986
	4	-	G,S,CA,CO,CS	Kapraun y Freshwater, 1987
<i>Porphyra columbina</i> (Chile)	3	-	S	Avila <i>et al.</i> , 1986
	3	6	S,G,CA,CO	Candia <i>et al.</i> , 1990 *
(Australia)	4	-	S	J. Coll y E. C. Oliveira com. pers. (Cole, 1990)
<i>Porphyra crispata</i>	3	-	S	Yabu, 1971
<i>Porphyra cuneiformis</i>	3	-	S	Lindstrom y Cole 1992a*
<i>Porphyra dentata</i>	3	6	S,CA	Yabu, 1971
	4	8	G,S,CA	Kito, 1978
<i>Porphyra fucicola</i>	3(2)	-	S	Mumford y Cole, 1977
	5	-	S,CA	Krishnamurthy, 1984
<i>Porphyra fallax</i>	2	-	S,CA	Lindstrom y Cole, 1990b *
<i>Porphyra gardneri</i>	4	8	G,S,CA,CO	Hawkes, 1977, 1978
<i>Porphyra haitanensis</i>	5	10	G,S,CA	Tseng y Sun, 1989
<i>Porphyra hiberna</i>	3	-	----	Lindstrom y Cole, 1992 *
<i>Porphyra irregularis</i>	4	8	G,S,FC,CA	Kito <i>et al.</i> , 1967
(como <i>P. umbilicalis f. linearis</i>)	4	8	G,S,CA	Kito, 1978
<i>Porphyra katakaensis</i>	3	-	G	Mumford, 1973
	3	6	G,S,CA,CO	Mumford y Cole, 1977
<i>Porphyra katadae</i>	4	8	G,S,CA	Kito, 1966
	5	10	S,CA	Yabu, 1972a
	5	10	G,S,CA	Kito, 1978
<i>Porphyra katadae var. hemiphylla</i>	5	10	G,S,CA,CO	Tseng y Sun, 1989
<i>Porphyra kinositae</i>	3	6	G,S,CA	Yabu, 1972a
<i>Porphyra kuniedae</i>	2	4	S,CA	Yabu, 1971
	3	6	G,S,CS	Kito, 1978
<i>Porphyra lanceolata</i>	3	-	G	Pringle y Austin, 1970
	3	-	S	Mumford y Cole, 1977
<i>Porphyra leucosticta</i>	4	-	S,CA	Coll y Oliveira, 1977a,b
	3	6	G,S,CA	Yabu, 1978a
	4	-	G,S,CA,CO,CS	Kapraun y Freshwater, 1987
	3	-	S,CO	Gargiulo <i>et al.</i> , 1994 *
<i>Porphyra linearis</i>	4	8	G,S,FC,CA	Magne, 1952
	5	10	S,CA	Yabu, 1978a
(como <i>P. umbilicalis f. linearis</i>)	2	4	R,G,FC	Dangeard, 1927
<i>Porphyra maculosa</i>	3	-	G,S,CA	Conway <i>et al.</i> , 1975
<i>Porphyra marginata</i>	3	6	G,S,CA	Tseng y Sun, 1989

Taxon	Número Cromosómico ^a		Tipo de célula	Referencia ^b
	n	2n		
<i>Porphyra miniata</i>	3	6	G,S,CA,CO	Kito <i>et al.</i> , 1971
	3	-	S,CO	Conway <i>et al.</i> , 1975
	3	-	S,CO	Mumford y Cole, 1977
	3	6	G,S,CA	Kito, 1978
(como <i>P. cuneiformis</i>)	5	-	S,CA,CO	Krishnamurthy, 1984
<i>Porphyra moriensis</i>	4	8	G,S,FC,CA	Kito <i>et al.</i> , 1967
	4	8	G,S,CA	Kito, 1978
<i>Porphyra nereocystis</i>	3	-	S	Yabu, 1970
	3	-	S	Mumford y Cole, 1977
	3	-	S	Krishnamurthy, 1984
<i>Porphyra mumfordii</i>	5	-	---	Lindstrom y Cole, 1992 *
<i>Porphyra okamurae</i>	4	8	G,S,CA	Yabu, 1969a
	3	6	G,S,CA	Kito, 1978
<i>Porphyra oligospermatangia</i>	3	6	G,S,CA	Tseng y Sun, 1989
<i>Porphyra onoi</i>	3	-	G,S	Yabu y Tokida, 1963
	3	6	G,S,CA	Yabu, 1972a
	3	6	G,S,CA	Kito, 1978
<i>Porphyra papenfussii</i>	3	-	G,S,CO	Conway y Cole, 1973
	3	-	G,S,CO	Mumford y Cole, 1977
<i>Porphyra perforata</i>	2	-	S	Conway <i>et al.</i> , 1975
	2	4	G,S,CA,CO	Mumford y Cole, 1977
	3	-	S	J. Coll y E. C. Oliveira com.pers. (Cole,1990)
<i>Porphyra pseudocrassa</i>	3	-	G,S	Kito <i>et al.</i> , 1967
	3	-	G,S	Yabu, 1969a
	3	6	G,S,CA	Kito, 1978
<i>Porphyra pseudolanceolata</i>	5	-	S,CA	Conway <i>et al.</i> , 1975
	5	-	G,S	Mumford y Cole, 1977
	5	-	S,CA	Krishnamurthy, 1984
<i>Porphyra pseudolinearis</i>	4	-	G,S	Kito <i>et al.</i> , 1967
	4	8	G,S,FC,CA	Yabu, 1969a
	4	8	R,G,S,CA, CO,CS	Kito, 1974, 1978
<i>Porphyra purpurea</i>	5	10	G,S,CA	Kito <i>et al.</i> , 1971
	5	10	G,S,CA	Kito, 1978
	4	-	S	Lindstrom y Cole, 1992 *
(como <i>P. umbilicalis</i> var. <i>laciniata</i>)	5	-	G,S,CA,CO	Krishnamurthy, 1959
<i>Porphyra rosengurtii</i>	3	-	G,S,CA	Kapraun y Luster, 1980
	3	-	G,S,CO	Kapraun y Freshwater, 1987
<i>Porphyra sanjuanensis</i>	3	-	G	Mumford y Cole, 1977
<i>Porphyra schizophylla</i>	2	-	S	Conway <i>et al.</i> , 1975
	2	4	G,S,CA	Mumford, 1975
	2	4	G,S,CA,CO	Mumford y Cole, 1977
(como <i>P. norrisii</i>)	5	10	S,CA,CO	Krishnamurthy, 1984
<i>Porphyra seriata</i>	3	6	G,S,CA	Yabu, 1969a

Taxon	Número Cromosómico ^a		Tipo de célula	Referencia ^b
	n	2n		
<i>Porphyra smithii</i>	3	-	S	Mumford y Cole, 1977
<i>Porphyra spiralis</i> var. <i>amplifolia</i>				
(Venezuela)	4	-	G,S,CO,CS	Kapraun y Freshwater, 1987
(Venezuela y Brazil)	3	-	S,CO	J. Coll y E. C. Oliveira com. pers. (Cole, 1990)
<i>Porphyra suborbiculata</i>	2	-	G,S	Yabu, 1969a
	3	-	S	Yabu, 1971
	3	6	G,S,CA	Kito, 1978
<i>Porphyra subtumens</i>	12-13	-	G	Conway y Wylie, 1972
<i>Porphyra tasa</i>	3	-	S	Yabu, 1972a
<i>Porphyra tenera</i>	3	-	G,S	Ishikawa, 1921
	5	10	R,S,FC,CA	Tseng y Chang, 1955
	4	8	G,CA,CO	Fujiyama <i>et al.</i> , 1955
	4	8	G,CA,CO	Fujiyama, 1957
	3	6	R,G,S,FC	Kito, 1968, 1974, 1978
			CA,CO,CS	
	3	6	G,S,CA	Yabu, 1969b
	3	6	R,G,S,CA	Tseng y Sun, 1989
			CO,CS	
<i>Porphyra torta</i>	3	-	S,CA	Conway <i>et al.</i> , 1975
	3	-	G,S	Mumford, 1975
	3	-	G,S	Mumford y Cole, 1977
	3	-	S,CA,CO	Krishnamurthy, 1984
	3	6	R,S,CA,CC,CO,CS	Burzycki y Waaland, 1987
<i>Porphyra umbilicalis</i>	4	8	G,FC	Kito <i>et al.</i> , 1971
	4	8	G,S,CA	Kito, 1978
	5	10	S,CA,CO	Yabu, 1978a
	4	8	S,CA	Kapraun y Freshwater, 1987
	3	-	S	J. Coll y E. C. Oliveira com. pers. (Cole, 1990)
(como <i>P. umbilicalis</i> var. <i>laciniata</i>)	4	8	R,G,CA,CO,CS	Giraud y Magne, 1968
<i>Porphyra variegata</i>	3	-	S,CO	Mumford y Cole, 1977
<i>Porphyra yezoensis</i>	3	6	S,FC,CA	Yabu y Tokida, 1963
	3	6	R,G,S,CO,CS	Kito, 1967, 1974, 1978
	3	6	R,G,S,FC	Migita, 1967
			CA,CO,CS	
	3	6	G,S	Yabu, 1969a
	3	6	R,G,CS	Ma y Miura, 1984
	3	6	R,G,CA	Tseng y Sun, 1989
			CO,CS	
<i>Porphyra</i> sp no.1"Ooba-asakusanori"	3	6	G,S,CA	Kito, 1978

Taxon	Número	Cromosómico ^a	Tipo de célula	Referencia ^b
	n	2n		
<i>Porphyra</i> sp. no. 2	3	6	G,S,CA	Kito, 1978
"Narawa-susabinori"	3	6	G,S,CA	Kito, 1978
<i>Porphyra</i> sp. no. 3 "Muroneamanori"	7	14	S,CA	Yabu, 1971
<i>Porphyra</i> s p. no. 1	5	10	G,S,CA	Yabu, 1971
<i>Porphyra</i> sp. no. 2	6	-	S	Yabu, 1971
<i>Porphyra</i> sp. no. 3	2	-	S	Yabu, 1971
<i>Porphyra</i> sp. no. 4	3	-	---	Fujiyama y Yokouchi, 1955
<i>Porphyra</i> sp.	3	6	G,S,CA	Tseng y Sun, 1989
<i>Porphyra</i> sp. aff. <i>P. yezoensis</i>				
Batrachospermales				
BATRACHOSPERMACEAE				
<i>Batrachospermum ambiguum</i>	3	6	C	Necchi y Sheath, 1992 *
<i>Batrachospermum</i> cf. <i>atrum</i>	4	-	FA	Sheath y Cole, 1993 *
<i>Batrachospermum boryanum</i>	3,9	6	S,C,GO	Sheath y Cole, 1993 *
<i>Batrachospermum brasiliense</i>	3	6	---	Necchi y Sheath, 1992 *
<i>Batrachospermum breutelii</i>	5	10	G,S,C	Sheath y Cole, 1993 *
<i>Batrachospermum carpocontortum</i>	4	-	FA	Sheath y Cole, 1993 *
<i>Batrachospermum crouanianum</i>	3	-	FA	Sheath y Cole, 1993 *
<i>Batrachospermum delicatulum</i>	3	6	---	Necchi y Sheath, 1992 *
<i>Batrachospermum gelatinosum</i>	3	6	FA,GO	Sheath y Cole, 1993 *
<i>Batrachospermum globosporum</i>	4	-	FA,S	Sheath y Cole, 1993 *
<i>Batrachospermum</i> cf. <i>helminthoideum</i>	4(5)	-	FA	Sheath y Cole, 1993 *
<i>Batrachospermum keratophytum</i>	4(5)	-	FA	Sheath y Cole, 1993 *
<i>Batrachospermum louisianae</i>	6	-	FA,S	Sheath y Cole, 1993 *
<i>Batrachospermum macrosporum</i>	4	-	FA,S	Sheath y Cole, 1993 *
<i>Batrachospermum mahabaleshwarensis</i>	7	14	R,G,CA,CH	Balakrishnan y Chaugule, 1980
<i>Batrachospermum moniliforme</i>	10	-	S	Kylin, 1917
	10	20	G,FC,CA	Faridi, 1971
	12	-	CA	Del Grosso y Pogliani, 1977
<i>Batrachospermum procarpum</i>	3	-	FA	Sheath y Cole, 1993 *
var. <i>americanum</i>				
<i>Batrachospermum puiggarianum</i>	3	-	---	Necchi y Sheath, 1992 *
<i>Batrachospermum sirodotii</i>	5(6)	-	FA	Sheath y Cole, 1993 *
<i>Batrachospermum sporulans</i>	6	-	FA	Sheath y Cole, 1993 *
<i>Batrachospermum vagum</i>	4	-	C	Necchi y Sheath, 1992 *
<i>Batrachospermum virgatum</i>	4	-	---	Necchi y Sheath, 1992 *
<i>Batrachospermum</i> sp.	10	-	G,S,CA	Yoshida, 1959
	22	-	---	Drew, (en Dixon 1966)
<i>Sirodotia huillensis</i>	14	-	CA	Del Grosso, 1981

Taxon	Número n	Cromosómico ^a 2n	Tipo de célula	Referencia ^b
LEMANEACEAE				
<i>Lemanea australis</i>	10	-	S,CA	Mullahy, 1952
<i>Lemanea fluvialtilis</i>	24	-	G	Del Grosso, 1978
	18-19	36-38	R,G,S,CA CH	Thirb y Benson-Evans, 1982
<i>Lemanea mamillosa</i>	20 o 21	39 o 42	R,G,CA	Magne, 1967a
	21	41	R,G,CH	Magne, 1967b
<i>Lemanea rigida</i>	15-17	31-34	G,CA	Magne, 1961a
<i>Tuomeya americana</i> (como <i>T. fluvialtilis</i>)	8	-	G,S,CA	Webster, 1958
Bonnemaisoniales				
BONNEMAISONIACEAE				
<i>Asparagopsis armata</i>	10	20	R,G,S,FC	Svedelius, 1933
	20	> 30	G	Magne, 1964
<i>Bonnemaisonia asparagoides</i>	20	-	G,S	Kylin, 1916a
	18	-	G,S	Svedelius, 1933
	18	35-36	G,S,FC	Magne, 1960a
	30	-	T	Rueness y Asen, 1982
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	20-25	> 40	G	Magne, 1964
Ceramilales				
CERAMIACEAE				
<i>Aglaothamnion diaphanum</i>	32	-	S	L'Hardy-Halo y Maggs, 1991 *
<i>Antithamnion cruciatum</i>		85-110	T	Whittick y Hooper, 1977
	24	48	R,TS	D. F. Kapraun com. pers. (Cole, 1990)
<i>Antithamnion heterocladum</i>	46+4	86+8	R,G,T,TS	Athanasiadis, 1983
<i>Antithamnion tenuissimum</i>	32	64	G,T	Rueness y Rueness, 1973
<i>Antithamnionella floccosa</i>	31-33	-	G	Jacobsen <i>et al.</i> , 1991 *
<i>Antithamnionella sarniensis</i>	34	> 60	G,T	Magne, 1986
<i>Antithamnionella spirographidis</i> (como <i>Antithamnion spirographidis</i>)	32-34	-	---	Rao, 1959
<i>Callithamnion byssoides</i>	28-33	-	---	Harris, 1962
	30	60	R,TS	D.F.Kapraun com.per. (Cole,1990)
(como <i>Aglaothamnion byssoides</i>)	22-24	44-48	R,TS	Rao, 1967 ^a
<i>Callithamnion corymbosum</i>	30	60	R,G,T,TS	Hassinger-Huizinga, 1952
	28-33	-	R,G,T,TS	Harris, 1962
	-	55-60	T	Whittick, 1992 *

Taxon	Número	Cromosómico ^a	Tipo de célula	Referencia ^b
	n	2n		
<i>Callithamnion hookeri</i>				
(como <i>C. brodiaei</i>)	28-33	-	---	Harris, 1962
<i>Callithamnion roseum</i>	39	-	---	Harris, 1962
<i>Callithamnion sepositum</i>				
(como <i>C. Purpurascens</i>)	28-33	-	---	Harris, 1962
<i>Callithamnion tetragonum</i>	28-33	-	---	Harris, 1962
(como <i>C. Brachiatum</i>)	9-10	18-20	R,G,S,TS	Mathias, 1927,1928
<i>Callithamnion tetricum</i>	25	50	G,S,T	Westbrook, 1930
		90-100	---	Harris, 1962
<i>Ceramium cruciatum</i>	21	42	R,TS	Rao et al., 1978
<i>Ceramium deslongchampii</i>	20	40	R,TS	Dammann, 1930
<i>Ceramium fastigiatum</i>	28	56	R,G,CA,T,TS	Yabu et al., 1981
<i>Ceramium fimbriatum</i>	21	42	R,TS	Rao y Sundari, 1977
	21	42	R,TS	Rao et al., 1978
<i>Ceramium gracillimum</i>				
(como <i>C. Gracillimum</i> var. <i>byssodeum</i>)	42	84	R,TS	Sundari y Rao, 1977
	42	84	R,TS	Rao et al., 1978
<i>Ceramium japonicum</i>	30	-	G,S	Notoya y Yabu, 1979a
<i>Ceramium rubrum</i>	6-8	-	G,S	Grubb, 1925
	?8	-	G,S	Petersen, 1928
	34	-	---	Austin, 1956, 1959
	-	64	T	Magne, 1964
<i>Ceramium</i> sp. (ocean: Báltico)	-	8	T,TS	Ravanko, 1993 *
<i>Griffithsia corallinoides</i>	20	40	R,S,T,TS	Kylin, 1916b
(como <i>G. corallina</i>)	> 10	13-14	G,S	Grubb, 1925
<i>Griffithsia globulifera</i>				
(como <i>G. Bometiana</i>)	7	14	R,G,T,TS	Lewis, 1909
<i>Griffithsia pacifica</i>	5-8	10-16	G,T	Goff y Coleman, 1987
<i>Halurus equisetifolius</i>	10	-	G,S	Grubb, 1925
<i>Herposiphonia tenella</i>	-	46	T	Annapurna y Rao, 1989 *
<i>Microcladia coulteri</i>	14-16	-	---	Gonzalez y Goff, 1989
<i>Microcladia californica</i>	14-16	-	---	Gonzalez y Goff, 1989
<i>Plumaria elegans</i>	31	62	R,G,T,TS	Drew, 1939
		3n = 93	PS	
	29	54	R,TS	Magne, 1964
		3n = 90+	PS	Whittick, 1977
<i>Pterothamnion crispum</i>	24+2	48+4	G,T	Athanasiadis, 1985
<i>Pterothamnion plumula</i>	24+2	48+4	G,T	Athanasiadis, 1985
(como <i>Antithamnion plumula</i>)	23	46	R,T,TS	Magne, 1964
<i>Ptilota serrata</i> (como <i>P. pectinata</i>)	34	68	R,TS	Yabu, 1979
(como <i>P. pectinata</i> f. <i>litoralis</i>)	32	40-60	R,G,T,TS	Yabu, 1979
<i>Scagelia pylaisaei</i>	-	50	T	A. Whittick com. pers.(Cole,1990)
<i>Scagelia</i> sp.	32-38	57-68	T	Athanasiadis y Rueness, 1992 *

Taxon	Número Cromosómico ^a		Tipo de célula	Referencia ^b
	n	2n		
<i>Spermothamnion repens</i> (como <i>S. turneri</i>)	30	60 3n = 90	R,G,CAT,TS ST	Drew, 1934, 1943
(como <i>S. roseolum</i>)	20	-	G,S	Schussnig y Odle, 1927
<i>Tiffaniella snyderae</i> (como <i>Spermothamnion snyderae</i>)	32	64	R,G,S,T,TS	Drew, 1937
<i>Wrangelia argus</i>	26-28	52-56	R,TS	Rao, 1970, 1971
<i>Wrangelia penicillata</i>	28	56	R,TS	Magne, 1964
<i>Wrangelia plumosa</i>	27	-	G	Goff y Coleman, 1990 *
DASYACEAE				
<i>Dasya baillouviana</i> (como <i>D. elegans</i>)	20	40	G,T	Rosenberg, 1933
<i>Dasya hutchinsiae</i> (como <i>D. arbuscula</i>)	-	40	T	Westbrook, 1935
<i>Heterosiphonia plumosa</i>		44	ST	Magne, 1964
<i>Heterosiphonia pulchra</i>	35 (30-36)	60	R,G,T,TS	Notoya y Yabu, 1979b
DELESSERIACEAE				
<i>Apoglossum ruscifolium</i>	20	-	G	Kylin, 1923
<i>Caloglossa lepieurii</i>	30	60	R,G,T,TS	Rao, 1967a
<i>Cryptopieura ramosa</i> (como <i>Nitophyllum laceratum</i>)	30 8	-	---	Austin, 1956, 1959 Grubb, 1925
<i>Delesseria sanguinea</i>	20 31 30	40 62	R,G,S,CA,T,TS R,G,TS G	Svedelius, 1911, 1912, 1914a Magne, 1964 Austin, 1959
<i>Erythroglossum minimum</i>	41	-	---	Kim <i>et al.</i> , 1994 *
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>	58	-	---	Austin, 1959
<i>Membranoptera alata</i>	32	-	---	Austin, 1956, 1959
<i>Nienburgia andersoniana</i>	8-10	16-20	T	Stewart y Rudenberg, 1978
<i>Nitophyllum hollenbergii</i>	20-26	40-52	R,TS	Stewart y Rudenberg, 1978
<i>Nitophyllum punctatum</i>	20	40	R,G,T,TS	Svedelius, 1914b
<i>Phrix gregarium</i>	7-8	-	G	Stewart y Rudenberg, 1978
<i>Phycodrys rubens</i> (como <i>P. sinuosa</i>)	20	-	G	Kylin, 1923
<i>Sorella repens</i>	30	60	R,TS	Yabu <i>et al.</i> , 1981
RHODOMELACEAE				
<i>Acanthophora spicifera</i>	32	64	R,TS	Cordeiro-Marino <i>et al.</i> , 1974
<i>Chondria armata</i> var. <i>plumaris</i>	-	50-55	T	Rao, 1967a
	28-29	56-58	R,TS	Pal, 1981
<i>Chondria crassicaulis</i>	20	40	R,T,TS	Yabu y Kawamura, 1959

Taxon	Número	Cromosómico ^a	Tipo de célula	Referencia ^b
	n	2n		
<i>Chondria dasyphylla</i>	31	61-62	R,T,TS	Rao y Gujarati, 1973
	25	50	R,G,T,TS	Westbrook, 1928, 1935
<i>Chondria nidifica</i>	-	40	T	Tozun, 1974
<i>Chondria tenuissima</i>	20	40	R,T,TS	Tozun, 1974
	25	50	R,G,T,TS	Westbrook, 1935
<i>Chondrus crispus</i>	30	60	R,ST,TS	Magne, 1964
	32-35	51-82	G,T	Hanic, 1973
<i>Halopitys pinastroides</i>	14	-	G	Celan, 1941
<i>Laurencia arbuscula</i>	29	58	R,TS	Cordeiro-Marino <i>et al.</i> , 1983
<i>Laurencia catarinensis</i>	28	56	R,G,TS	Cordeiro-Marino y Fuji, 1985
<i>Laurencia hybrida</i>	20	40	R,TS	Westbrook, 1935
	30	-	---	Austin, 1959
<i>Laurencia caraibica</i>	29?	58	R,TS	Rao y Annapurna, 1983
(como <i>L. nana</i>)		(52-66)		Annapurna y Rao, 1987
<i>Laurencia nipponica</i>	28	56	R,G,T,TS	Yabu, 1978b
<i>Laurencia obtusa</i>				
(como <i>L. obtusa</i> var. <i>majuscula</i>)	20	40	R,T,TS	Yabu y Kawamura, 1959
<i>Laurencia okamurae</i>	32	64	R,TS	Yabu, 1985
<i>Laurencia papillosa</i>	20	40	R,T,TS	Yabu y Kawamura, 1959
	26	52	R,TS	Cordeiro-Marino <i>et al.</i> , 1974
<i>Laurencia parvula</i>	16	32	R,TS	Pal, 1981
<i>Laurencia pinnata</i>	32	64	R,TS	Yabu, 1985
<i>Laurencia pinnatifida</i>	20	-	G,S	Kylin, 1923
	29	58	G,T	Austin, 1956, 1959
	29	-	---	Magne, 1964
	15-16	20	G,S	Grubb, 1925
	20	40	R,T,TS	Westbrook, 1928, 1935
<i>Laurencia undulata</i>	30	60	R,TS	Yabu, 1985
<i>Leveillea jungermannioides</i>	23-24	46-48	G,T	Rao, 1967b
<i>Odonthaliaf occosa</i>	5	10	S,T	Goff y Cole, 1973
<i>Polysiphonia binneyi</i>	28	56	R,TS	Kapraun, 1993a*
<i>Polysiphonia breviararticulata</i>	30	60	R,TS	Kapraun, 1993a *
<i>Polysiphonia brodiaei</i>	29-31	60	R,T,TS	Magne, 1964
<i>Polysiphonia denudata</i>	30	60	R,TS	Kapraun, 1993a*
<i>Polysiphonia eastwoodae</i>	32	-	---	Goff y Coleman, 1986
<i>Polysiphonia elongata</i>	36	-	G	Austin, 1959
<i>Polysiphonia ferulacea</i>				
(N. Carolina)	30	60	R,G,TS	Kapraun, 1977
(Bermuda)	27	54	R,G,TS	Kapraun, 1977, 1978
	14	28	R,T,TS	Annapurna y Rao, 1985
<i>Polysiphonia flexicaulis</i>				
(como <i>P. violacea</i>)	20	40	R,G,S,T,TS	Yamanouchi, 1906a, b
<i>Polysiphonia harveyi</i> var. <i>arietina</i>	32	64	R,TS	Kapraun, 1978
<i>Polysiphonia harveyi</i> var. <i>olneyi</i>	28	56	R,TS	Kapraun, 1978

Taxon	Número Cromosómico ^a		Tipo de célula	Referencia ^b
	n	2n		
<i>Polysiphonia japonica</i>	20	40	R,G,S,CA,T,TS	Yabu y Kawamura, 1959
<i>Polysiphonia lanosa</i>	26	-	---	Austin, 1959
<i>Polysiphonia mollis</i>	16	32	G,T	Goff y Coleman, 1986
<i>Polysiphonia nigrescens</i>	20	40	G,FC,T	Kylin, 1923
	30	60	G,T	Austin, 1956, 1959
<i>Polysiphonia opaca</i>	34-36	-	---	Kapraun, 1993a*
<i>Polysiphonia platycarpa</i>	26	52	R,G,S,T,TS	Iyengar y Balakrishnan, 1950
<i>Polysiphonia subtilissima</i>	27	54	R,TS	Kapraun, 1993a *
<i>Polysiphonia urceolata</i>	30	60	R,TS	Kapraun, 1993a *
<i>Polysiphonia sp.</i>	30	60	R,TS	Kapraun, 1993a *
<i>Polysiphonia violacea</i>	16	32	G,T	Ravanko, 1987
	-	16	T	Ravanko, 1989 *
<i>Rhodomela confervoides</i>	32	-	---	Austin, 1956, 1959
	32	-	---	Magne, 1964
(como <i>R. subfusca</i>)	20	40	R,TS	Westbrook, 1935
<i>Rhodomela virgata</i>	20	40	R,S,T,TS	Kylin, 1914
Compsopogonales				
BOLDIACEAE				
<i>Boldia erythrosiphon</i>		8 + 1	S,T	Nichols, 1964a
COMPSOPOGONACEAE				
<i>Compsopogon coeruleus</i>		7 + 1	S,T	Nichols, 1964b
	12	-	S,T	Rao, 1966
<i>Compsopogon sp</i>	7 u 8	-	S,T	Shyam y Sarma, 1980
ERYTHROPELTIDACEAE				
<i>Erythropeltis subintegra</i>	7	-	G	D.F. Kapraun y M. Gargiulo com. pers. (Cole, 1990)
Corallinales				
CORALLINACEAE				
<i>Corallina officinalis</i>	24	-	G,S	Suneson, 1937
	20-25	48	R,T,TS	Magne, 1964
<i>Corallina officinalis</i> var. <i>mediterranea</i>	24	48	R,G,S,C,T,TS	Yamanouchi, 1921

Taxon	Número Cromosómico ^a		Tipo de célula	Referencia ^b
	N	2n		
<i>Jania rubens</i>	-	48	T	Magne, 1964
(como <i>Corallina rubens</i>)	24	-	G,S	Suneson, 1950
<i>Lithophyllum corallinae</i>	16	32	R,G,T,TS	Suneson, 1950
<i>Lithophyllum litorale</i>	-	30	T	Suneson, 1950
<i>Marginisporum aberrans</i>				
(como <i>Amphiroa aberrans</i>)	24	-	S	Segawa, 1941
<i>Mastophora lamourouxii</i>	24	-	S	Suneson, 1945
<i>Melobesiafarinosa</i>	24	48	R,TS	Balakrishnan, 1947
Gelidiales				
GELIDIACEAE				
<i>Acanthopeltis japonica</i>	15	30	R,TS	Kaneko, 1968
<i>Gelidium amansii</i>	22-26	-	TS	Yabu, 1991 *
<i>Gelidium americanum</i>	12	-	G	Kapraun, <i>et al.</i> , 1993b *
<i>Gelidium floridanum</i>	2	12	G,T	Kapraun, <i>et al.</i> , 1993b *
<i>Gelidium latifolium</i>	4-5	9-10	G,CA	Dixon, 1954
		18	G	Boillot, 1963
	29±2	58±4	T	Maggs y Rico, 1991 *
<i>Gelidium latifolium</i> var. <i>luxurians</i>		25-30	ST	Magne, 1964
<i>Gelidium pristoides</i>	13-17	28-33	B	Carter, 1993 *
<i>Gelidium pusillum</i>	10	20	T,G	Kapraun y Bailey, 1989
<i>Gelidium sesquipedale</i>				
(como <i>G. corneum</i>)	4-5	9-10	G,CA	Dixon, 1954
<i>Gelidium serrulatum</i>	10	20	G,T	Kapraun, <i>et al.</i> , 1993b *
<i>Gelidium sclerophyllum</i>	-	4±1	T	Ponce-Márquez M.E. (tesis)
		6, 8, 10	T	
<i>Gelidium vagum</i>	7-10	-	G	Kaneko, 1966
	14-15	18-30	R,TS	D. Renfrew com. pers. (Cole,1990)
<i>Pterocladia capillacea</i>				
Venezuela	8	16	G,T	Kapraun <i>et al.</i> , 1993b *
México	10	20	G,T	Kapraun <i>et al.</i> , 1993b *
GELIDIELLACEAE				
<i>Gelidiella acerosa</i>	4	8	R,T,TS	Rao, 1974
	6	12	T,TS	Rao <i>et al.</i> , 1991 *
	6	-	T	Kapraun <i>et al.</i> , 1994a *

Taxon	Número Cromosómico ^a		Tipo de célula	Referencia ^b
	n	2n		
Gigartinales				
CHOREOCOLACEAE				
<i>Harveyella mirabilis</i>	6	12	R,G,S,T,TS	Goff y Cole, 1973
CYSTOCLONIACEAE				
<i>Calliblepharis jubata</i> (como <i>C. lanceolata</i>)		35-40	ST	Magne, 1964
<i>Cystoclonium purpureum</i> (como <i>C. purpurascens</i>)	- 20	50 -	-- G,S	Austin, 1956 Kylin, 1923
<i>Rhodophyllis divaricata</i> (como <i>R. bifida</i>)	20	-	G	Kylin, 1923
DUMONTIACEAE				
<i>Dilsea carnosa</i>	26	50	R,G,TS	Magne, 1964
<i>Dumontia contorta</i> (como <i>D. incrassata</i>) (como <i>D. filiformis</i>)		22-24 7	ST G	Magne, 1964 Dunn, 1917
FURCELLARIACEAE				
<i>Furcellaria lumbricalis</i> (como <i>F. fastigiata</i>)	16 34	- 68	G,S R,G,S,FC,CA,TS	Grubb, 1925 Austin, 1955,1957,1959, 1960a,b
	30	-	G	Magne, 1964
GIGARTINACEAE				
<i>Agardhiella subulata</i>	22	44	C	Kapraun <i>et al.</i> , 1992b *
<i>Gigartina pistillata</i>		32	ST	Magne, 1964
<i>Iridaea cordata</i>	4	8	G,T	Fralick y Cole, 1973
<i>Iridaea heterocarpa</i>	4	8	G,T	Fralick y Cole, 1973
<i>Mastocarpus stellatus</i> (como <i>Gigartina stellata</i>)	-	15-20 40-50	T G	Drew (en Marshall <i>et al.</i> , 1949) Maggs, 1988
GRACILARIACEAE				
<i>Gracilaria bursa-pastoris</i>	24	48	R,TS	Bird <i>et al.</i> , 1982
<i>Gracilaria chilensis</i>	24	48	R,TS	Bird <i>et al.</i> , 1986
<i>Gracilaria chordata</i>	24	-	---	Yabu y Yamamoto, 1989 *
<i>Gracilaria coronopifolia</i>	24	48	R,TS	Bird y McLachlan, 1982
<i>Gracilaria cortica</i>	7	-	---	Goswamy y Chaugule, 1989 *

Taxon	Número Cromosómico ^a		Tipo de célula	Referencia ^b
	n	2n		
<i>Gracilaria flobelliforme</i>	24	-	---	Kapraun, 1993b *
<i>Gracilaria foliifera</i>	6 o 7	-	CA	Greig-Smith, 1954
(como <i>G. multipartita</i>)	24	48	R, TS	McLachlan <i>et al.</i> , 1977
<i>Gracilaria longa</i>	24	-	---	Kapraun, 1993b *
<i>Gracilaria mammillaris</i>	24	-	---	Giargiulo <i>et al.</i> , 1987
<i>Gracilaria pacifica</i>				
(como <i>G. verrucosa</i>)	24	48	R,TS	Bird <i>et al.</i> , 1982
<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	24	-	---	Yabu y Yamamoto, 1989
<i>Gracilaria sjoestedtii</i>	29-30	58-60	R,TS	Zhang y van der Meer, 1988b
<i>Gracilaria sordida</i>	24	-	S	Bird <i>et al.</i> , 1990 *
<i>Gracilaria tikvahiae</i>	2n = 48	4n = 96	R,TS	Patwary y van der Meer, 1984
(como <i>G. sp.</i>)	24	48	R,TS	McLachlan, <i>et al.</i> , 1977
<i>Gracilaria verrucosa</i>	32	-	G	Magne, 1964
	32	64	R,TS	Bird <i>et al.</i> , 1982
	24	-	---	Rice y Bird, 1990 *
	24	-	---	Bird y Rice, 1990 *
	24	-	---	Yabu y Yamamoto, 1988
	17±1	33±2	G	Gordin <i>et al.</i> , 1993 *
<i>Gracilaria sp.</i> (Italy)	24	-	R,TS	Bird y McLachlan, 1982
<i>Gracilariopsis lemneiformis</i>	32	-	---	Kapraun, 1993b *
<i>Gracilariopsis tenuifrons</i>	32	-	---	Kapraun, 1993b *
HYPNEACEAE				
<i>Hypnea spinella</i>	-	8	T	Ponce-Márquez M.E. (tesis)
<i>Hypnea johnstonii</i>	-	10	T	Ponce-Márquez M.E. (tesis)
<i>Hypnea musciformis</i>	5	-	G	Kapraun <i>et al.</i> , 1994b *
<i>Hypnea pannosa</i>	-	10	T	Ponce-Márquez M.E. (tesis)
PEYSSONNELIACEAE				
<i>Peyssonnelia obscura</i>				
var. <i>bombeyensis</i>	23-24	46-48	R,G,S,TS	Rao, 1967 ^a
<i>Peyssonnelia squamaria</i>		40-46	ST	Magne, 1964
<i>Rhodophysema elegans</i>	-	30-35	T,TS	South y Whittick, 1976
PHYLLOPHORACEAE				
<i>Ahnfeltia plicata</i>	4,8	-	G	Gregory, 1930
	4	-	G	Rosenvinge, 1931a, b
<i>Ahnfeltiopsis gigartinoïdes</i>	4	8	G,T	Ponce-Márquez M.E. (tesis)
<i>Gymnogongrus chiton</i>	31	-	G	Maggs, 1988
<i>Gymnogongrus devoniensis</i>	-	46	G	Maggs, 1988
<i>Gymnogongrus furcellatus</i>	-	48	T	Maggs, 1988

Taxon	Número Cromosómico ^a		Tipo de célula	Referencia ^b
	n	2n		
<i>Gymnogongrus johnstonii</i>	4	8	G,T	Ponce-Márquez, M.E. (tesis)
<i>Gymnogongrus griffithsiae</i>	4	8	G,T	Gregory, 1930
	23	-	TS	Kapraun <i>et al.</i> , 1993b *
<i>Gymnogongrus linearis</i>	6	-	G	Doubt, 1935
<i>Erythrodermis traillii</i> (como <i>Phyllophora traillii</i>)	23	46	G,T	Maggs, 1989 *
<i>Phyllophora pseudoceranooides</i>	16-18	28-34	G,T,TS	Newroth, 1972
<i>Phyllophora truncata</i> (como <i>P. brodiaei</i>)	15-16 4	32 8	R,G,T,TS R,G,CA,TS	Newroth, 1971 Claussen, 1929
<i>Stenogramme interrupta</i>		30	R,TS	Westbrook, 1928
POLYIDEACEAE				
<i>Polyides rotundus</i> (como <i>P. caprinus</i>)	20 68-72	- 136-144	G R,TS	Kylin, 1923 Rao, 1956, 1959
SOLIERIACEAE				
<i>Anatheca montagnei</i> <i>Turnerella pennyi</i>	7-8? 18-20	14-16 36-40	R,G,CA,T,TS G,CA,T	Bodard, 1966 South <i>et al.</i> , 1972
Nemaliales				
GALAXAURACEAE				
<i>Galaxaura corymbifera</i>	10 (9-12)	20 (15-20)	R,G,TS	Svedelius, 1942
<i>Galaxaura diesingiana</i>	10-12	17	R,G,S,CA,TS	Svedelius, 1942
<i>Galaxaura tenera</i>	10	20	R,G,S,TS	Svedelius, 1942
<i>Nothogenia erinacea</i> (como <i>Chaetangium saccatum</i>)	8-10	-	G	Martin, 1939a
<i>Scinaia capensis</i> (como <i>Pseudogloiophloea capensis</i>)	> 12	15-20	S,FC	Svedelius, 1956
<i>Scinaia confusa</i> (como <i>Pseudogloiophloea confusa</i>)	4 o 5	8 o 10	G,FC,CA,T	Ramus, 1969
<i>Scinaiaforcellata</i> (como <i>S. furcellata</i>)	10	20	R,G,S,FC	Svedelius, 1915
	7-9	15-17	G,CA	Magne, 1961a
	6	12-15	T,TS	Boillot, 1972
<i>Scinaia turgida</i>	6	12	R,T,TS	Boillot, 1972
HELMINTHOCLADIACEAE				
<i>Helminthocladia calvadosil</i>	8	16-18	G,S,T	Boillot, 1971

Taxon	Número	Cromosómico ^a	Tipo de célula	Referencia ^b
	n	2n		
<i>Helminthocladia papenfussii</i>	10	-	S	Martin, 1939b
<i>Helminthocladia senegalensis</i>	8	16	R,G,T,TS	Bodard, 1971
<i>Helminthora divaricata</i>	8-10	16-20	R,FC,CA	Kylin, 1928
	9	18	R,T,TS	Boillot, 1972
<i>Nemalion helminthoides</i>	8	16	G,S,CA,T	Magne, 1961b
	10	20	G,S,FC,T	Chen, <i>et al.</i> , 1978
(como <i>N. multifidum</i>)	8	16	S,CA	Wolfe, 1904
	8	16	R,G,S,FC	Cleland, 1919
	10	20	R,S,FC	Kylin, 1916c
Palmariales				
PALMARIACEAE				
<i>Devaleraea ramentacea</i>				
(como <i>Halosaccion ramentaceum</i>)	24	48	R,G,T,TS	van der Meer y Chen, 1979
	24	48	R,G,FC,TS	van der Meer, 1981a
	8	16	R,G,TS	Jonsson y Chesnoy, 1982
<i>Devaleraea yendoii</i>				
(como <i>H. saccatum</i>)	17	30	R,T,TS	Yabu, 1976
<i>Palmaria mollis</i>	21	42	R,T,TS	van der Meer y Bird, 1985
(como <i>Rhodymenia palmata f. mollis</i>)		14	G	Sparling, 1961
<i>Palmaria palmata</i>	18-23	38-48	R,G,T,TS	van der Meer, 1976
(como <i>Rhodymenia palmata</i>)	21	-	(R),T	van der Meer y Chen, 1979
	20	-	G,T,TS	Westbrook, 1928
	20	-	---	Austin, 1959
	26	52	R,T,TS	Yabu, 1972b
	21-26	40-50	R,G,TS	Yabu, 1976
		14	G,T,TS	Magne, 1959
<i>Rhodophysetra elegans</i>	18	36	G,T,TS	Saunders <i>et al.</i> , 1989 *
Porphyridiales				
PORPHYRIDACEAE				
<i>Porphyridium aerugineum</i>		2	ST	Sommerfeld y Nichols, 1970b
<i>Porphyridium purpureum</i>		8-10	ST	Schornstein y Scott, 1982
(como <i>P. Cruentum</i>)		2	ST	Sommerfeld y Nichols, 1970b
Rhodochaetales				
RHODOCHAETACEAE				
<i>Rhodochaete parvula</i>	4	8	G,S,FC	Magne, 1960b, c
	4	8	G,S,T	Boillot, 1969, 1975

Taxon	Número Cromosómico ^a		Tipo de célula	Referencia ^b
	n	2n		
Rhodymeniales				
CHAMPIACEAE				
<i>Champia parvula</i>	12	24	R,TS	D. F. Kapraun com. pers. (Cole, 1990)
<i>Chylocladia verticillata</i> (como <i>C. kaliformis</i>)	20	-	G	Kylin, 1923
LOMENTARIACEAE				
<i>Lomentaria articulata</i>	10	20	R,G,T,TS	Magne, 1964
<i>Lomentaria baileyana</i>	10	20	R,TS	D. F. Kapraun com. pers. (Cole, 1990)
<i>Lomentaria clavellosa</i>	10	20	R,G,S,T,TS	Svedelius, 1935, 193P
	22 o 23	44 o 46	R,T,TS	Magne, 1964
<i>Lomentaria orcadensis</i> (Brest)		10	R,T,TS	Magne, 1964
(Morlaix)		20	--	
(como <i>L. rosea</i>)		20	T,TS	Svedelius, 1935, 1937
RHODYMENIACEAE				
<i>Rhodymenia pertusa</i>	28	30-40	R,G,T,TS	Yabu, 1976
<i>Rhodymenia pseudopalmata</i>	10	20	R,TS	D. F. Kapraun com. pers. (Cole, 1990)

Tipo de Tejido: C = Carpogonio infértil, CA = carposporas o formación de carposporas, carposporofito (en Florideophycidae) (incluyendo el gonimoblasto), CH = chantransia o pseudochantransia, CO = conchocelis, CS = conchosporangio o conchospora, FC = Carpogonio Fértil (cigoto), G = gametofito, M = formación de monosporas, PS = parasporangio, R = meiosis, S = espermatio o espermatangio, ST = estéril o asexual, T = tetrasporofito, TS = tetrasporangio, GO = Gonimoblasto, FA = Fascicle -- = sin información sobre el tipo de célula estudiada.

^a El número cromosómico ubicado entre el valor n y 2n, es el valor encontrado en especímenes vegetativos por lo que se desconoce la fase en que se encontraban, de esta manera son considerados números cromosómicos indeterminados.

^b La referencia completa de los datos actualizados del 90 al 97 y algunos de 89 que no fueron incluidos, se encuentra en la literatura citada (*); las anteriores se pueden consultar en Cole, 1990.

* Ponce-Márquez, 1999 (Presente trabajo)

IX. CONSIDERACIONES FINALES Y PERSPECTIVAS

El presente trabajo contribuye al conocimiento citogenético de 6 especies de cuatro géneros de algas rojas: *Hypnea johnstonii*, *Hypnea pannosa* e *Hypnea spinella*, *Ahnfältiopsis gigartinoides*, *Gymnogongrus johnstonii* y *Gelidium sclerophyllum*, dando a conocer el número cromosómico que presentan y el cariograma de las cuatro primeras especie, se confirma la complejidad estructural y el ciclo de vida de algunas de las especies estudiadas. Sin embargo, no se logró obtener, la determinación del cariograma en las dos últimas especies, por la complicación biológica de su ciclo de vida, por lo que se torna muy importante dar seguimiento a los estudios citogenéticos de estas especies para establecer los cariogramas y confirmar los ciclos de vida, inclusive en las especies del género *Hypnea*.

Con respecto al estudio de variación anual, cabe destacar que la relación encontrada entre el número cromosómico y las diferentes poblaciones en *Gelidium sclerophyllum*, abre un campo de investigación tanto para encontrar las causas de la variación de ± 1 cromosoma, como para establecer la explicación del significado de dicha variación, así como el estudio sobre el papel que juegan las variaciones en los números cromosómicos, en los procesos de especiación en las algas. En el caso de *Gymnogongrus johnstonii* resulta también interesante, en tanto la coexistencia de células uninucleadas y multinucleadas en la misma planta.

Además de la contribución citogenética y conocer más sobre las especies, es importante, recurrir no sólo a las nuevas herramientas de la biología molecular, para contar con mayores elementos en la resolución de problemas taxonómicos y precisar aspectos de mejoramiento en las especies algales de importancia comercial.

En nuestro país existe una vasta diversidad de algas que han sido escasamente estudiados y que presentan un gran potencial, algunas de estas especies, se han aprovechado en muchos países y pueden ser explotadas en el nuestro.

Los resultados citogenéticos obtenidos y los que se obtengan en el futuro, junto con información complementaria (fisiología, ecología, molecular entre otras)

permitirían valorar mejor el recurso fitológico. Esto da la pauta para decir que conocer, a través de la citogenética, los ciclos de vida de las especies de importancia comercial, permitiría hacer una mejor valoración del recurso y abre la posibilidad de proponer planes de manejo y cultivo o ambos de las especies con gran potencial, que se encuentran en México.

X.- LITERATURA CITADA

- Abbott, I.A. y G.L. Hollenberg, 1976. *Marine algae of California*. Stanford University Press. Stanford, California. 827p.
- Afaq-Husain, S., M. Shameel, K. Usmanhani, M. Ahmad, S. Perveen, y V.U. Ahman. 1991. Brominated sesquiterpene metabolites of *Hypnea pannosa* (Gigartinales, Rhodophyta). *J. Appl. Phycol.* 3: 111-113.
- Aguilar, R.R. 1982. Identificación y distribución de las algas del estero de Punta Banda, Baja California, México. *Cienc. Mar.* 8(1): 78-87.
- Aguilar, R.L. 1986. Taxonomía, ecología y variaciones espacio temporales de macroalgas marinas bentónicas en la reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. *Informe Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Cancún*, 30 p.
- Aguilar, R.R. and R.L. Aguilar 1985. *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt (Fucales, Phaeophyta) en las costas de Baja California, México. *Cienc. Mar.* 11: 127-129.
- Aguilar, R.R. and G.A. Machado 1990. Ecological aspects of *Sargassum muticum* (Fucales, Phaeophyta) in Baja California, México: reproductive phenology and epiphytes. *Hydrobiol.* 204/205: 185-190.
- Aguilar, R.R. and G.A. Machado 1991. Estructura por edad, talla y reproducción de una población de *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt (Phaeophyta) en Baja California, México. *Rev. Inv. Cient.* 2(2):1-7.
- Aguilar-Rosas, L.E., R. Aguilar-Rosas, I. Pacheco -Ruíz, E. Bórquez-García, M.A. Aguilar-Rosas y E. Urbieta-González. 1982. Algas de importancia económica de la región Noroccidental de Baja California, México. *Ciencias Marinas* 8:49-63
- Anderson, R.J. y J.J. Bolton. 1990. Reproductive morphology and life histories of Southern African *Gymnogongrus* species (Rhodophyta, Phylloporaceae). *Br. Phycol. J.* 25: 381-390.
- Annapurna, B y B.G.S. Rao. 1985. Cytological studies in Rhodophyceae: meiosis in *Polysiphonia ferulacea*. *Proc. All. India Mar. Plants* 1985: 103-108.
- Annapurna, B y B.G.S. Rao. 1989. Cytological studies on *Herposiphonia tenella*. *Cytologia* 54:449-454.
- Athanasiadis, A. 1983. The life history of *Antiithamnion heterocladum* (Rhodophyta, Ceramiales) in culture. *Bot. Mar.* 26: 153-157.

- Athanasiadis, A. y J. Rueness. 1992. Biosystematic studies of the genus *Scagelia* (Rhodophyta, Ceramiales) from Scandinavia: genetic variation, life histories, and chromosome numbers. *Phycologia* 31: 1-15.
- Austin A.P. 1959. Iron-alum aceto-carmin staining for chromosomes and other anatomical features of Rhodophyceae. *Stain. Technol.* 34: 69-75.
- Bird, C.J. y E.L. Rice. 1990. Recent approaches to the taxonomy of the Gracilariaceae (Gracilariales, Rhodophyta) and the *Gracilaria verrucosa* problem. *Hydrobiologia* 204/205: 111-118.
- Bird, C.J., W.A. Nelson, E.L. Rice, K.G. Ryan, y R. Villermur. 1990. A critical comparison of *Gracilaria chilensis* and *G. sordida* (Rhodophyta, Gracilariales). *J. Appl. Phycol.* 2: 375-382.
- Breden, P.C. y K.T. Bird. 1994. Effects of environmental factors on carrageenan from *Gymnogongrus griffithsiae* (Gigartinales, Rhodophyta). *J. Appl. Phycol.* 6: 371-380.
- Candelaria S.C.F. 1985. *Caracterización de la ficoflora de la localidad de Puerto Escondido, Gro.* Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México. pp.101,102,104,107.
- Candia, A., M. Cordeiro-Marino, y E. Reyes. 1990. Kariological studies in *Porphyra* C. Agardh: I Chromosome number in phase of *Porphyra columbina* Montagne (Bangiales, Rhodophyta). *Hoehnea* 17: 91-98.
- Carter A.R. 1993. Chromosome observations relating to bispore production in *Gelidium pristoides* (Gelidiales, Rhodophyta). *Bot. Mar.* 36:253-256.
- Casas-Valdez, M. 1985. Cuantificación y caracterización parcial de alginatos de algunas especies de algas feofitas de las costas de México. *Inv. Mar. CICIMAR* 2(1): 46-68.
- Casas-Valdez, M., I. Sanchez-Rodríguez y G. Hernández-Carmona. 1993. Evaluación de mantos de *Sargassum* spp. en Bahía Concepción, B.C.S. *Investigaciones Marinas, CICIMAR* 8(2): 61-69.
- Cole K.M. 1990. Chromosomes. En: (Cole K.M. y R.G. Sheath Eds.) *Biology of the red algae*. Cambridge University Press, New York. pp. 73-101.
- Cole, K.M., B.J. Hymes, y R.G. Sheath. 1983. Karyotypes and reproductive seasonality of the genus *Bangia* (Rhodophyta) in British Columbia, Canada. *J. Phycol.* 19: 136-145.
- Coll, J. y E.C. Oliveira. 1977. Chromosome counting on 79-year-old dried seaweed, *Porphyra leucosticta*. (Rhodophyta). *Experimentia* 33:102.

- Collado, V. L. 1989. *Estudio ecológico de las algas filamentosas como grupo funcional de la laguna de Bojorquez, Cancún*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 102p.
- Collado Vides Ligia. 1992. *"Caracterización de las formas de crecimiento ficológicas en los distintos ambientes del Sistema lagunar Nichupte, Q.R. México"*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Collado-Vides, L. y J. González-González. 1993. Macroalgas del Sistema Lagunar de Nichupté, Quintana Roo. In: (Salazar-Vallejo S.I. and N.E. González, eds). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 752-760 pp.
- Combaut G., J-M. Kornprobst, J. Mollion. 1981. Chemistry of seaweeds from Senegal. *Int. Conf. Chem. Biotech. Biol. Act. Nat. Prod.* 3: 272-276
- Dawes, C.J. 1986. *Botánica Marina*. Ed. Limusa, México. 673p.
- Dawson, E.Y. 1961. Marine red algae of Pacific Mexico. Part. 4. Gigartinales. *Pac. Nat.* 2: 191-343.
- Del Grosso, F. 1981. Studio cariologico in *Sirodotia huillensis* (Welw.) Skuja (Rhodophyta). *Inform. Bot. Ital.* 13: 126-127.
- De Lara I. G. y M.E. Ponce-Márquez. 1992. Detección de la actividad antibacteriana de algunas algas de playa paraíso, Veracruz, México. *BIOTAM* 3 (1):20-26
- De Lara I. G., Ponce-Márquez M.E., N. Hernández Soto y A. Aguilar Sánchez, 1993. Actividad antibiótica de las algas de las costas de Nayarit, Jalisco y Colima, México. *Publ. Cien. del Mar. Univ. Católica del Norte. Coquimbo Chile. Serie Ocasional* 2:43-46
- De Lara I G., M.E. Ponce-Márquez, R.M.S. Ortega. 1994. Actividad anticuagulante del algunas especies de algas marinas de las costas del estado de Oaxaca. *Serie grandes Temas de la Hidrobiología 2: Los Sistemas Litorales UAMI, UNAM* (2):47-49.
- De la Mora, J.I. 1996. *Dinámica de la comunidad algal de un ambiente mixto (Rocoso-Arenoso) en playa "Las Cuatas", Guerrero, México*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 177 p.
- Dixon, P. S. 1966. The Rhodophyceae. En: (Godward M.B.E. Ed.) *The Chromosomes of the Algae*. New York. pp. 168-204.
- Dixon, P. S. 1973. *Biology of the Rhodophyta*. Oliver and Boyd. Edinburgh 280 p.

- Dixon, P.S. 1982. Life histories in the Florideophyceae with particular reference to the Nemaliales *sensu lato*. *Bot. Mar.* 25: 611-621
- Doty, M. S. y V.B. Alvarez. 1975. Status, problems, advances and economic of *Eucheuma* farms. *Mar. Tech. Soc. J.* 9: 30-35.
- Dreckmann, E.K.M. 1998. Clasificación y nomenclatura de las macroalgas marinas bentónicas del Atlántico mexicano. *Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad CONABIO*. México. 140 p.
- Drew, K. M. 1934. Contributions to the cytology of *Spermolhamnion turneri* (Mert.) Aresch. I. The diploid generation. *Ann. Bot.* 48:549-573.
- Drew, K. M. 1939. An investigation of *Plumaria elegans* (Bonnem.) Schmitz with special reference to triploid plants bearing parasporangia. *Ann. Bot. N.S.* 3:347-67.
- Drew, K. M. 1943. Contributions to the cytology of *Spermothamnion turneri* (Mert.) Aresch. II. The haploid and triploid generations. *Ann. Bot. N.S.* 7:23-30.
- Dutcher, J.A., D.F. Kapraun y R.K. Sizemore. 1990. Inter- and intraspecific variation of nuclear DNA reassociation kinetics in the Gracilariales (Rhodophyta). *J. Appl. Phycol.* 2:259-267.
- Espinoza, J. and G.H. Rodríguez 1985. Preliminary observations of *Sargassum sinicola* Setchell and Gardner (Phaeophyta) in Bahía de La Paz, Gulf of California. *Cienc. Mar.* 11(3):115-120.
- Espinoza, J. and G.H. Rodríguez 1986. Variaciones de *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt en la exposición al oleaje. *Inv. Mar. CICIMAR.* 3(1):119-126.
- Espinoza, J. and G.H. Rodríguez 1987. Seasonal phenology and reciprocal transplantation of *Sargassum sinicola* Setchell et Gardner in the Southern Gulf of California. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 110:183-195.
- Espinoza, J. and G.H. Rodríguez 1989. Growth of *Sargassum sinicola* Setchell et Gardner (Phaeophyta) in the Southern Gulf of California, Mexico. *Cienc. Mar.* 15(4):141-149.
- Fragoso-Tejas, D. 1991. *Ficoflora de la localidad de Caleta de Campos, Mich. México*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. pp.104,106.

- Fredericq, S. y M.E. Ramírez. 1996. Systematics studies of the antarctic species of the Phyllophoracea (Gigartinales, Rhodophyta) based on *rbcL* sequences analysis. *Hydrobiologia* 326/327:137-143
- García, V.A. 1977. *Manual de técnicas de citogenética*. Colegio de Posgraduados. México. 118 p.
- Gardner, E.J. 1974. *Principios de genética*. Ed. Limusa, México. 551p.
- Gargiulo, G.M., F. De Masi y G. Tripodi. 1991. Karyology of *Bangia atropurpurea* (Rhodophyta, Bangiales) from Mediterranean and northeastern Atlantic populations. *J. Phycol.* 27:306-309.
- Gargiulo, G.M., F. De Mansi, G. Genovese y G. Tripodi. 1994. Karyology and effects of temperature and photoperiod on the life-cycle of *Porphyra leucosticta* Thuret in Le Jolis (Bangiales, Rhodophyta) from the Mediterranean Sea. *Jpn. J. Phycol.* 42:271-280.
- Giménez-Martín, G., A. González-Fernández, A. Del Campo y C. De la Torre. 1982. The role of protein synthesis in cell progression through G2 and mitosis in plant multinucleate cells. *Biol. Cell.* 46:161-174.
- Glicksman, P.M. 1987. Utilization of seaweed hidrocolloids in the food industry. *Hydrobiologia* 41:31-47
- Godin, J., C. Destombe y C.A. Maggs. 1993. Unusual chromosome number of *Gracilaria verrucosa* (Gracilariales, Rhodophyta) in the Cape Griz-Nez area, northern France. *Phycologia* 32:291-294.
- Goff, L. J. y A.W. Coleman. 1986. A novel pattern of apical cell polyploidy, sequential polyploidy reduction and intercellular transfer in the red alga *Polysiphonia*. *Am. J. Bot.* 73:1109-1130.
- González-González, J. 1992a. *Estudio florístico ecológico de ambientes y comunidades algales del litoral rocoso del Pacífico tropical mexicano*. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 167p.
- González-González, J. 1992b. Flora ficológica de México: concepciones y estrategias para la integración de una flora ficológica nacional. *Ciencias* (6):13-33.
- González-González J., 1993. Comunidades algales del Pacífico tropical, In: *Biodiversidad marina y costera de México*. Salazar-Vallejo S.I. y González N.E. (Eds.), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), 865 p.

- González-González, J., M. Gold-Morgan, H. León-Tejera, C. Candelaria-Silva, D. León-Alvarez, E. Serviere y D. Fragoso. 1996. *Catálogo onomástico (nomenclátor) y bibliografía indexada de las algas bentónicas marinas de México*. Cuadernos del Instituto de Biología 29. UNAM. México. 492 p.
- Goswamy, S. y B.B. Chaugule. 1989. Cytological observations on *Gracilaria corticata* J. Ag. var. *corticata* J. Ag. *Cytologia* 54 (3):587-588.
- Guiry, M.D. y D.J. Garbary. 1990. A preliminary phylogenetic analysis of the Phylloporaceae, Gigartinaceae and Petrocelidaceae (Rhodophyta) in the North Atlantic and North Pacific. En: (Garbary, D.J. y G.R. South, Eds.) *Evolutionary biogeography of the marine algae of the North Atlantic*. Springer-Verlag, Berlin. 265-290 p.
- Guist, G., C.J. Dawes y J.R. Castle. 1982. Mariculture of the red seaweed, *Hypnea musciformis*. *Aquaculture* 28:275-384.
- Guzmán del Proo G., M. Casas, A. Díaz, M.L. Díaz, J.Pineda y M.E. Sánchez. 1986. Diagnóstico sobre las investigaciones y explotación de las algas marinas en México. *Inv. Mar. CICIMAR* 3(2):1-4.
- Haroun, R.J. y Prud'homme van Reine, W.F. 1993. A biogeographical study of *Laurencia* and *Hypnea* species of the Macaronesian region. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 159:119-125.
- Hernández-Carmona, G., M. Casas-Valdez, C. Fajardo-León, I. Sánchez-Rodríguez y E. Rodríguez-Montesinos. 1990. Evaluación de *Sargassum* spp. en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Investigaciones Marinas CICIMAR* 5(1):11-18.
- Hommersand, M.H., S. Fredericq y D.W. Freshwater. 1994. Phylogenetic systematics and biogeography of the Gigartinaceae (Gigartinales, Rhodophyta) base on sequence analysis of *rbcl*. *Bot. Mar.* 37:193-203
- Hommersand, M.H., M.D. Guiry, S. Fredericq y G. Leister. 1993. New perspectives in the taxonomy of the Gigartinaceae (Gigartinales, Rhodophyta). *Proc. Int. Seaweed Symp.* 14:105-120.
- Jackson, R. C. 1976. Evolution and systematic significance of polyploidy. *Anna. Rev. Ecol. System.* 7:209-34.
- Jacobsen, T., J. Rueness y A.A. Athanasiadis. 1991. *Antithamnionella floccosa* (Rhodophyta) in culture: Distribution, life history and chromosome number. *Bot. mar.* 34:491-499.

- Kaneko T. 1968. Morphological and developmental studies of Gelidiales. II. On *Acanthopeltis japonica* Okamura. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 19:165-172.
- Kapraun, D.F. 1993a. Karyology of marine green algae. *Phycologia* 32:1-21.
- Kapraun, D.F. 1993b. Karyology and cytophotometric estimation of nuclear DNA variation in several species of *Polysiphonia* (Rhodophyta, Ceramiales). *Bot. Mar.* 36:507-516
- Kapraun, D.F. 1993c. Karyology and cytophotometric estimation of nuclear DNA content variation in *Gracilaria*, *Gracilariopsis*, and *Hydropuntia* (Gracilariales, Rhodophyta). *Eur. J. Phycol.* 28:253-260.
- Kapraun, D.F. y J.C. Bailey. 1989. Karyology and nuclear DNA content of *Gelidium pusillum* (Gelidiales, Rhodophyta) from North Carolina, USA. *Jpn. J. Phycol.* 37 (3):201-207.
- Kapraun, D.F. y J.C. Bailey. 1992. Karyology and cytophotometric estimation of nuclear DNA variation in seven species of Ulvales (Chlorophyta). *J. Appl. Phycol.* 40:13-24.
- Kapraun, D.F. y J.A. Dutcher. 1991. Cytophotometric estimation of inter and intraspecific nuclear DNA content variation in *Gracilaria* and *Gracilariopsis* (Gracilariales, Rhodophyta). *Bot. Mar.* 34:139-144.
- Kapraun, D.F. y D.W. Freshwater. 1987. Kariological studies of five species of *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta) from the North Atlantic and Mediterranean. *Phycologia* 26:82-87.
- Kapraun, D.F., J.C. Bailey y J.A. Dutcher. 1994a. Nuclear genome characterization of the carrageenophyte *Hypnea musciformis* (Rhodophyta). *J. Appl. Phycol.* 6:7-12.
- Kapraun, D.F., J.A. Dutcher y W. Freshwater. 1993a. Quantification and characterization of nuclear genome in commercial red seaweeds: Gracilariales and Gelidiales. *Hydrobiologia* 260/261:679-688.
- Kapraun, D.F., J.A. Dutcher y J. Lopez-Bautista. 1992. Nuclear genome characterization of the carrageenophyte *Agardhiella subulata* (Rhodophyta). *J. Appl. Phycol.* 4:129-137.
- Kapraun, D.F., T.K. Hindson y A.J. Lemus. 1991. Karyology and cytophotometric estimation of inter and intraspecific nuclear DNA variation in four species of *Porphyra* (Rhodophyta). *Phycologia* 30:458-466.

- Kapraun, D.F., J.A. Dutcher, K.T. Bird y M.F. Capecchi. 1993b. Nuclear genome characterization and carrageenan analysis of *Gymnogongrus griffithsiae* (Rhodophyta) from North Carolina. *J. Appl. Phycol.* 5:99-107.
- Kapraun, D.F., E. Ganzon-Fortes, K.T. Bird, G. Trono y C. Breden. 1994b. Karyology and agar analysis of the agarophyte *Gelidiella acerosa* (Forssål) Feldmann et Hamel from the Philippines. *J. Appl. Phycol.* 6:545-550.
- Kim, G.H., J.H. Oak y I.K. Lee. 1994. Taxonomic investigation of *Erythrogloussum minimum* Okamura and *Sorella repens* (Okamura) Hollenberg (Delesseriaceae, Rhodophyta). *J. Plant Biol.* 37:403-410.
- Knaggs, F. W. 1964. Cytological and life-history studies in the genus *Rhodochorton*. *Br. Phycol. Bull.* 2:393.
- Knudsen, J.W. 1966. *Biological techniques*. Harper & Row Publishers. New York. pp. 26-37.
- Krishnamurthy, V. 1984. Chromosome numbers in *Porphyra* C. Agardh. *Phykos* 23:185-90.
- León-Alvarez D., 1996. *Feofitas costrosas del Pacífico tropical mexicano: contribución a la flora tónica de macroalgas de la región*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM. México 290 p.
- León-Alvarez D., E. Serviere-Zaragoza y J. González-González. 1997. Description of the tetrasporangial crustose and gametangial erect phases of *Ahnfeltiopsis gigartinoïdes* (J. Ag.) Silva et. DeCew (Rhodophyta, Phylloporaceae) in Bahía Banderas, Mexico. *Bot. Mar.* 40:397-404.
- León-Tejera, H. 1980. *Abundancia y distribución de algunas macroalgas arrecifales del Caribe mexicano*. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias. UNAM. México 50 p.
- Lewis, I.F. 1909. The life history of *Griffithsia bornetiana*. *Ann. Bot.* 23:639-690.
- Lewis, R.J. 1996. Chromosomes of the brown algae. *Phycologia* 35:19-40.
- L'Hardy-Halos, M.T. y C.A. Maggs. 1991. A novel life history in *Aglaothamnion diaphanum* new species (Ceramiaceae, Rhodophyta) from Brittany (France) and the British Isles. *Phycologia* 30:467-479.
- Lindstrom, S.C. y K.M. Cole. 1990. *Pophyra fallax*, new species of Rhodophyta from British Columbia (Canada) and northern Washington (USA). *Jpn. J. Phycol.* 38:371-376.

- Lindstrom, S.C. y K.M. Cole. 1992a. Relationships between some North Atlantic and North Pacific species of *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta): evidence from isozymes, morphology and chromosomes. *Can. J. Bot.* 70:1355-1363.
- Lindstrom, S.C. y K.M. Cole. 1992b. The *Porphyra lanceolata* *P. pseudolanceolata* (Bangiales, Rhodophyta) complex unmasked: recognition of new species based on isozymes, morphology, chromosomes and distributions. *Phycologia* 31:431-448.
- López, N. A. 1993. *Caracterización de la fitoflora sublitoral de Acapulco y Zihuatanejo Gro.* Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México. pp. 68-69.
- López, N. A. 1997. *Comunidades de macroalgas submareales de la Costa Grande de Guerrero, México.* Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México. pp. 31-39.
- López, N. A., D. Rodríguez, C. Candelaria y J. González-González. 1998. Subtidal macroalgal communities of Acapulco and Zihuatanejo, Guerrero, Mexico. *The Aquatic Ecosystems of Mexico*. (en prensa)
- Macler, B.A. y J.A. West. 1987. Life history and physiology of the red alga, *Gelidium coulteri*, in unialgal culture. *Aquaculture* 61:281-293.
- Maeda S. y T. Sakagushi. 1990. Accumulation and detoxification of toxic metal elements by algae. En: (Akatsuka I. Ed.). *Introduction to Applied Phycology*. SPB Academic Publishing. Netherlands. pp.109-136.
- Maggs, C. A. 1988a. A karyological study of life history in *Gymnogongrus* and *Mastocarpus* (Rhodophyta). *Br. Phycol. J.* 23:293.
- Maggs, C. A. 1988b. Intraspecific life history variability in the Florideophycidae (Rhodophyta). *Bot. Mar.* 31:465-490.
- Maggs, C. A. 1989. *Erythrodermis allenii* Batters in the life history of *Phyllophora trillii* Holmer et Batters (Phyllophoraceae, Rhodophyta). *Phycologia* 28:305-317.
- Maggs, C. A. 1990. Taxonomy of phylloporoid algae: the implications of life history. *Proc. Int. Seaweed Symp.* 13:119-124.
- Maggs, C.A. y C.M. Pueschel. 1989. Morphology and development of *Ahnfeltia plicata* (Rhodophyta): proposal of Ahnfeltiales ord. nov. *J. Phycol.* 25:333-351.

- Maggs, C.A. y J.M. Rico. 1991. A karyological demonstration of meiosis in *Gelidium latifolium* (Gelidiaceae, Rhodophyta) from Ireland. *Phycologia* 30:487-494.
- Magne, F. 1964. Recherches caryologiques chez les Floridées (Rhodophycées). *Cuh. Biol. Mar.* 5:461-671.
- McCourt, R.M. 1984a. Seasonal patterns of abundance, distribution and phenology in relation to growth strategies of three *Sargassum* species. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 74:141-156.
- McCourt, R.M. 1984b. Niche differences between sympatric *Sargassum* species in the northern Gulf of California. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 18:139-148.
- McCourt, R.M. 1985. Reproductive biomass allocation in 3 *Sargassum* species. *Oecologia* 67:113-117.
- Mahran, G.H., F.M. Soliman y M.M. Fathi. 1985. Carbohydrates of *Hypnea musciformis* (Wulf) Lamx. *Egypt. J. Pharm. Sci.* 24:131-137.
- Masuda, M., K. Kogame y M.D. Guiry. 1996. Life history of *Gymnogongrus griffithsiae* (Phyllophoraceae, Gigartinales) from Ireland: implications for life history interpretation in Rhodophyta. *Phycologia* 35:421-434
- McCandless E.L. y C.M. Vollmer. 1984. The nemathecium of *Gymnogongrus chiton* (Rhodophyceae, Gigartinales): immunochemical evidence of meiosis. *Phycologia* 23:119-123.
- McLachlan, J. 1985. Macroalgae (seaweed): industrial resources and their utilization. *Plant & Soil* 89:137-157.
- McLachlan, J., J.P. van der Meer y N.L. Bird. 1977. Chromosome numbers of *Gracilaria foliifera* and *Gracilaria* sp. (Rhodophyta) and attempted hybridization. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 57:1137-1141
- Melo, R.A. y M. Neushull. 1993. Life history and reproductive potential of the agarophyte *Gelidium robustum* in California. *Hydrobiologia* 260/261:223-229.
- Mishigeni, K.E. 1976. Studies on reproduction of selected species of *Hypnea* (Rhodophyta, Gigartinales) from Hawaii. *Bot. mar.* 19:341-346.
- Mumford Jr. T.F. y K. Cole. 1977. Chromosome numbers for fifteen species in the genus *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta) from the west coast of North America. *Phycologia* 16:373-377.

- Muñetón, G.M.S. 1987. *Fenología de Sargassum horridum (Setchell et Gardner), en tres localidades de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México.* Tesis Profesional, Universidad Autónoma de Baja California Sur, 71 p.
- Muñetón, G.M.S. 1989. Morfología y época de reproducción de *Sargassum horridum* (Setchell y Gardner) en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Rev. Inv. Mar. CICIMAR* 4(2):257-266.
- Necchi, O. Jr. y R.G. Sheath. 1992. Karyology of Brazilian species of *Batrachospermum* (Rhodophyta, Batrachospermales). *Br. Phycol. J.* 27:423-427.
- Neish, A.C. y P.F. Shacklock. 1971. *Greenhouse experiments (1971) on the propagation of strain T4 of Irish Moss.* Tech. Rep. No. 14. Atlantic Regional Laboratory National Research Council of Canada, Halifax, N.S. 303 p.
- Nichols, H. W. 1980. Polyploidy in Algae. En: (Lewis, W.H. Ed) *Polyploidy: Biological Relevance.* Plenum. New York. pp.151-161.
- Nieto A. y J. Llorente. 1989. Caracteres bioquímicos y nucleares en los métodos de la sistemática moderna. *Ciencias* 3:56-77.
- Núñez-López, R.A. and M. Casas-Valdez. 1997. Variación estacional de la biomasa y talla de *Sargassum* spp. (Sargassaceae, Phaeophyta) en Bahía Concepción, B.C.S., México. *Hidrobiológica* 7:19-25.
- Núñez-López, R.A. and M. Casas-Valdez. 1998. Seasonal variation of seaweed biomass in San Ignacio Lagoon, Baja California Sur, México. *Bot. Mar.* 41:421-426.
- Orduña J. Y D. Robledo. 1996. Efecto de la irradiación y temperatura en la liberación y desarrollo de las carposporas de *Gracilaria cornea* J. Agardh. *Resúmenes del II Congreso Mexicano de Ficología, de la Sociedad Ficológica de México, A.C. UABC, Ensenada, B.C.*
- Ortega M.M., J.L. Godínez y M.M. Ruvalcaba. 1993. *Una clave de campo de las algas pardas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe.* AGT Editores. México. 42 p.
- Pacheco-Ruiz, I., J.A. Zertuche-González, A. Chee-Barragán and R. Blanco-Betancourt. 1998. Distribution and quantification of *Sargassum* beds along the west coast of the Gulf of California, Mexico. *Bot. Mar.* 41:203-208.

- Patwary M.U. y J.P. van der Meer. 1983. Genetic modification of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyceae). The production and evaluation of polypliods. *Aquaculture*, 33:311-316.
- Pedroche F.F., 1998. *El género Codium (Chlorophyta) en el Pacífico Mexicano*. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 129 p.
- Pedroche F.F. y P.C. Silva. 1996. *Codium picturatum* sp. nov. (Chlorophyta), una especie extraordinaria del Pacífico Tropical Mexicano. *Acta Botánica Mexicana* 35:1-8.
- Pelegrin Y.F. y D. Robledo. 1996. Caracterización del agar de *Gracilaria cornea* J. Agardh: Variación estacional y composición química. *Resúmenes del II Congreso Mexicano de Ficología, de la Sociedad Ficológica de México, A.C. UABC, Ensenada, B.C.*
- Puertas, M.J. 1992. *Genética, Fundamentos y Perspectivas*. Ed. Interamericana Mc Graw-Hill. México. 741p.
- Rao, C. S. P. 1971. Sex chromosomes of *Wrangelia argus* Mont. *Bot. Mar.* 14:113-115.
- Rao, B. G. S. y B. Annapurna. 1983. Cytological studies in Rhodophyceae: meiosis in *Laurencia nana*. *Adv. Biol. Res* 1:1-7
- Rao, B. G. S., S. Mantha y M.U. Rao. 1978. Chromosome behaviour at meiosis and its bearing on the cytotaxonomy of *Ceramium* species. *Bot. Mar.* 21:123-9.
- Rao, P.S., Y.B.K. Chowdary y K. Subbaramaiah. 1991. Karyology of *Gelidiella acerosa* (Forsskal) Feldmann et Hamel. *Cytologia* 56:187-190.
- Rao, R.K. 1977. Studies on Indian Hypneaceae. II. Reproductive capacity in the two species of *Hypnea* over the different seasons. *Bot. mar.* 20:33-39.
- Rao, R.K. y V. Krishnamurthy. 1978. Studies on Indian Hypneaceae. I. Seasonal variation in phycocolloid content in two species of *Hypnea* (Gigartinales, Rhodophyceae). *Bot. Mar.* 21:257-257.
- Rice, E.L. y C.J. Bird. 1990. Relationship among geographically distant populations of *Gracilaria verrucosa* (Gracilariales, Rhodophyta) and related species. *Phycologia* 29:501-510.
- Riosmena-Rodríguez R., y Siqueiros Beltrones D.A., 1996. Taxonomy of the genus *Amphiroa* (Corallinales, Rhodophyta) in the southern Baja California Peninsula, México. *Phycologia*, 35(2):135-147.

- Rivas-Lechuga, G., C. Candelaria, D. Rodríguez, I. De la Mora y J. Serna. 1993. "Estructura de las comunidades algales del intermareal rocoso, Playa Las Cuatas, Guerrero, México". *III Congreso Latinoamericano de Ficología, I Congreso Mexicano de Ficología*. México.
- Rocha-Ramírez, V. and B.D. Siqueiros-Beltrones. 1990. Revisión de las especies del género *Sargassum* C. Agardh registradas para la Bahía de la Paz, B.C.S., México. *Cienc. Mar.* 16(3):15-26.
- Rodríguez-Vargas, D. 1989. *Gelidiales- Rhodophyta: Una Contribución a la Flora Tónica del Pacífico Tropical Mexicano*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México. pp. 195-196.
- Roughgarden, J. 1996. *Theory of population genetic and evolutionary ecology: an introduction*: Prentice Hall. New York. 612 p.
- Runess, J. 1978. Hybridization in Red Algae. En: (Irvine, D.E.G. and J.H. Price. Eds.) " *Modern Approaches to the taxonomy of red and brown algae* " Academic Press, London. Vol. 10. pp. 247-262.
- Sánchez R. I. 1996. *Fenología de Sargassum sinicola (Setchell & Gardner) en Bahía Magdalena, BCS, México*. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 84 p.
- Sánchez, R.I., L.M. Fajardo and P.C. Oliveiro. 1989. Estudio florístico estacional de las algas en Bahía Magdalena, B.C.S., México. *Inv. Mar. CICIMAR* 4(1):35-48.
- Santelices, B. 1977. *Ecología de Algas marinas Bentónicas, efectos de factores ambientales*. Depto. de Biología Ambiental de Poblaciones. Instituto de Ciencias Biológicas Pontificas. Universidad Católica de Chile. Santiago. pp. 1-6.
- Santelices B. y M.S. Doty. 1989. A review of *Gracilaria* farming. *Aquaculture* 78:95-113.
- Santelices B. y J.G. Stewart. 1985. Pacific species of *Gelidium* Lamouroux and other Gelidiales (Rhodophyta). with keys and descriptions to the common or economically important species. En: (Abbott, I.A. y Norris, J.N. eds.) *Taxonomy of Economic Seaweeds with Reference to some Pacific and Caribbean Species*. California Sea Grant Program, University of California, La Jolla. pp.17-31.
- Santelices B., P. Camus y A.J. Hoffman. 1989. Ecological studies for harvesting and culturing *Gymnogongrus furcellatus* (Rhodophyta, Gigartinales) in Central Chile. *J. Appl. Phycol.* 1:171-181.

- Saunders, G.W., C.A. Maggs y J.L. McLachlan. 1989. Life-history variation in *Rhodophysema elegans* (Palmariales, Rhodophyta) from the North Atlantic and crustose *Rhodophysema* spp. from the North Pacific. *Can. J. Bot.* 67:2857-2872.
- Scagel R.F., R.J. Bandoni, G.E. Rouse, W.B. Schofield, J.R. Stein y T.M.C. Taylor. 1980. *El Reino Vegetal*. Ed. Omega, S.A. México. 145-298 p.
- Schenkman, R.P.F. 1989. *Hypnea musciformis* (Rhodophyta): Ecological influence on growth. *J. Phycol.* 25:192-196.
- Senties G. A., 1993. *Evaluación taxonómica del género Polysiphonia Greville (Ceramiales, Rhodophyta) en el Pacífico tropical mexicano*. Tesis de Meastría. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 79 p.
- Senties G. A., 1995. El género *Polysiphonia* (Ceramiales: Rhodomelaceae) en el Pacífico tropical mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 43 (1-3):39-54.
- Serna, P.J. 1996. *Variación estacional de la comunidad algal de un canal de corriente en playa "Las Cuatas", Guerrero, México*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 130 p.
- Sheath, R.G. y K.M. Cole. 1993. Distribution and systematics of *Batrachospermum* (Batrachospermales, Rhodophyta) in North America. 2. Chromosome numbers. *Phycologia* 32:304-306.
- Sheath, R.G., A. Whittick y K.M. Cole. 1994. *Rhododraparnaldia oregonica*, a new freshwater red algal genus and species intermediate between the Acrochaetiales and the Batrachospermales. *Phycologia* 33:1-7.
- Silva, P.C. y T.C. De Cew. 1992. *Ahnfeltiopsis*, a new genus in the Phylloporaceae (Gigartinales, Rhodophyceae). *Phycologia* 31:576-580.
- Silva P.C., P.W. Basson y R.L. Moe. 1996. Catalogue of the Benthic Marine Algae of the Indian Ocean. *Univ. Calif. Pub. Bot.* 79:1259 p.
- Sousa-Pinto, I., R. Lewis y M. Polne-Fuller. 1996. The effect of phosphate concentration on growth and agar content of *Gelidium robustum* (Gelidiales, Rhodophyta) in culture. *Hydrobiologia* 326/327:437-443.
- Stanley, N. 1987. Production, properties and uses of carrageenans. En: (McHugh, D.J. ed.) Production and utilization of products from commercial seaweeds. *FAO Fisheries Technical Paper* 288:116-146.
- Stansfield, W.D. 1992. *Genética*. 3er. Ed. McGraw Hill. México. 574 p.

- Stebbins, G.L. 1971. *Chromosomal evolution in higher plants*. Edward Arnold. London. 257 p.
- Stebbins, G.L. 1976. Chromosome, DNA and plant evolution. *Evol. Biol.* 9:1-34
- Tavlitzki, J. 1987. De los guisantes de Mendel a la genética molecular. *Mundo Científico* 4:703-716.
- Taylor, W.R. 1945. Pacific Marine algae of the Allan Hancock Expeditions to the Galapagos Islands. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 12:1-528.
- Torres, M.E. 1991. *Zonación de macroalgas bentónicas en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana, Roo*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 64 pp.
- Torrucó, D., M.A. González y W.D. Liddell. 1993. Integración ecológica de grupos funcionales en la laguna arrecifal de Alacranes, Yucatán, México. *Brenesia* 39-40:37-49
- Tseng C.K. y A. Sun. 1989. Studies on the alternation of the nuclear phases and Chromosome numbers in the life history of some species of *Porphyra* from China. *Bot. Mar.* 32:1-8.
- van der Meer J.P. 1977. Genetics of *Gracilaria* sp. (Rhodophyceae, Gigartinales). II The life history and genetic implications of cytokinesic failure during tetraspore formation. *Phycologia* 16:367-371.
- van der Meer J.P. 1981. Genetics of *Gracilaria tikvahiae*. (Rhodophyceae, Gigartinales). VII. Further observation on mitotic recombination and the construction of polyploids. *Can. J. Bot.* 59:787-792.
- van der Meer J. P. 1987. Experimental hybridization of *Palmaria palmata* (Rhodophyta) from the northeast and northwest Atlantic Ocean. *Can. J. Bot.* 65:1451-1458.
- van der Meer J.P. y N.L. Bird. 1977. Genetics of *Gracilaria* sp. (Rhodophyceae, Gigartinales). I. Mendelian inheritance of two spontaneous green variants. *Phycologia* 16:159-161.
- West, J. A. y M.H. Hommersand. 1981. Rhodophyta: life histories. En: (Lobban, C.S. y M. J. Wynne, Eds.) *The Biology of the Seaweeds*. University of California Press. Berkeley. pp. 276.
- Whittick, A. 1992. Culture, cytology, and reproductive biology of *Callithamnion corymbosum* (Rhodophyceae, Ceramiaceae) from a western Newfoundland fjord. *Can. J. Bot.* 70:1154-1156.

- Wolfe, J.J. 1904. Cytological studies on *Nemalion*. *Ann. Bot.* 18:607-630.
- Yabu, H. 1979. Cytological observations on *Ptilota pectinata* (Gunn) Kjellm. and *Pt. pectinata* f. *litoralis* Kjellm (Ceramiales, Rhodophyta). *Jpn. J. Phycol.* 27:17-24.
- Yabu, H. 1991. Nuclear divisions in the tetrasporangia and tetraspore germings of *Gelidium ammansii* Lamouroux. *Jpn. J. Phycol.* 39:21-26
- Yabu, H. y H. Yamamoto. 1988. Chromosome number of *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenfuss in the vicinity of Hakodate, Hokkaido. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Uni.* 39:4-5.
- Yabu, H. y H. Yamamoto. 1989. Chromosome number of *Gracilaria chorda* and *G. vermiculophylla*. *Jpn. J. Phycol.* 37:236-238.
- Yamanouchi, S. 1906. The life history of *Polysiphonia violacea*. *Bot. Gaz.* 41:425-433.
- Zertuche-González J.A. 1993. Situación actual de la industria de las algas marinas productoras de ficocoloides en México. En : Zertuche-González, J. (ed) *Proyecto Aquila II, GCP/RLA 102/ITA FAO* pp.33-38
- Zertuche-González J.A., I. Pacheco-Ruiz y I. Soria-Mercado. 1993. Carrageenan yield and properties of *Eucheuma unculatum* (Setch & Gard). *Daw. culture under natural conditions. Hydrobiologia* 260/261:601-605.
- Zertuche-González J.A., G. García-Lepe, I. Pacheco-Ruiz, A. Chee-Barragun y V. Gendrop-Funes. 1998. New approach for the culture of carrageenophytes in Mexico. *World Aquaculture Magazine* (en prensa)

XI. APÉNDICE

IMPORTANCIA BIOLÓGICA Y ECONÓMICA DE LAS ALGAS

Dada la importancia que las macroalgas tienen en la naturaleza y para el hombre, importancia que ha sido mencionada implícitamente en los párrafos del presente trabajo, por lo menos para las algas rojas; se ha considerado relevante hacer una breve sinopsis de algunos otros aspectos tanto biológicos como de las diferentes aplicaciones por lo que en forma breve se mencionaran estos aspectos.

Las algas bentónicas marinas se consideran organismos de gran importancia biológica dentro de su ambiente debido al importante papel que desempeñan en el ecosistema, pues producen cantidades considerables de oxígeno como resultado de su actividad fotosintética. Son las productoras primarias más importantes de las aguas costeras poco profundas. Son capaces de reciclar las sustancias abióticas utilizando la energía solar, transforman la materia inorgánica en orgánica y permiten la entrada de la energía y la materia a la red trófica a través de la absorción de sustancias orgánicas disueltas de origen vegetal o mediante el pastoreo animal; parte de estas sustancias se transforman en detritus orgánico, el que a su vez puede ser utilizado por los descomponedores (Santelices, 1977; Scagel *et al.*, 1980; Dawes, 1986).

Algunas algas tienen la capacidad de formar sedimentos en el mar a través del depósito de carbonato de calcio y constituyen un factor notable para la consolidación de arrecifes coralinos. Tienen un papel relevante en la producción de nitrógeno orgánico, fósforo, azufre, zinc y muchos otros fertilizantes, los cuales son absorbidos, concentrados y agregados a la zona eufótica (Scagel *et al.*, 1980; Dawes, 1986; González - González, 1992; Maeda y Sakaguchi, 1990).

Algunas especies de algas forman extensas superficies que representan un sustrato aprovechado por pequeños animales sésiles; entre sus rizoides ramificados y los discos adhesivos pueden alojar a muchos y diversos animales por lo que se consideran hábitat para cientos de organismos, sirven como zonas

de protección y reproducción para algunos organismos nectónicos y como alimento para muchos otros organismos. Las algas representan, una fuente directa o indirecta de detritus, formados por la descomposición de los tejidos, los cuales a su vez son aprovechados por organismos filtradores (Scagel *et al.*, 1980).

Las algas también actúan como filtros y estabilizadores de las aguas y sedimentos, detienen la erosión y consolidan los sustratos, entre otras actividades biológicas (Dawes, 1986; González-González, 1992).

Ha sido tal la importancia de las algas en los últimos años, que su utilización se ha incrementado y diversificado, lo que ha estimulado la realización de estudios ficológicos en diversas áreas como: taxonomía, genética, citología, ultraestructura, aprovechamiento y producción entre otros (Santelices, 1977; Akatsuka, 1990; González-González, 1992; Kapraun, 1993a).

El hombre ha utilizado a las algas de diversas formas, desde épocas muy antiguas, como producto directo de alimento, principalmente en los países orientales (1000 a. C.); de las 200 especies de algas rojas que se cosechan, alrededor del 90% se utiliza para alimento, como por ejemplo de una especie del género *Porphyra* se prepara el *nori* en japonés o *pahe* en Hawaiano que es consumido con arroz o en platillos calientes; de la especie *Rhodomenia palmata* (Linnaeus) Greville se prepara el *dulse*, en forma de confitura y se emplea como condimento con papas o cocido en sopa (Scagel *et al.*, 1980), consumido principalmente en Escocia e Irlanda desde el siglo X (Dawes, 1986); el musgo irlandés (*Chondrus crispus* Stackhouse) se utiliza para elaborar jaleas, y postres de crema. En Africa se consumen como alimento algunas de las especies del género *Hypnea*, así como algunas especies del género *Gracilaria* en países como la India y Hawai.

Otro de los usos de las algas son los referidos a la medicina. Los chinos y los japoneses han utilizado a las algas marinas desde el año 300 a.C. para el tratamiento de problemas glandulares; *Corallina officinalis* Linnaeus ha sido utilizada como vermífugo, para tratar malestares intestinales como dolores de estómago y úlceras, se han tratados con algunas especies de los géneros *Gracilaria*, *Gelidium*, y *Pterocladia*, con muy buenos resultados (Dawes, 1986).

Las algas se han utilizado como forrajes, fertilizantes y combustibles en algunos países, principalmente europeos y en la extracción de potasio, sodio y yodo. Sin embargo, la utilidad económica más importante de las algas rojas, es producto de la presencia de ficocoloides en sus paredes celulares: el agar y la carragenina (Dawes, 1986; Akatsuka, 1990; González-González, 1992; Zertuche, 1993).

El agar es un hidrocoloide con una gran capacidad para formar geles, se encuentra presente en algunas algas rojas como en las especies de *Gelidium*, *Gracilaria*, *Pterocladia*, *Gelidiella*, entre otros. Su nombre proviene del malayo o cingalés *agar-agar*, que significa gelatina. El principal uso del agar, como medio de cultivo, fue descubierto por la esposa del doctor alemán Robert Koch (Dawes, 1986). También se utiliza en la fabricación de cápsulas para administrar antibióticos, sulfamidas, vitaminas y otras sustancias; en las que se desea una lenta liberación del medicamento en un punto específico situado más allá del estómago (Scagel *et al.*, 1980); es muy útil también como medicamento para quemaduras. El agar es muy utilizado en la industria alimenticia, en el enlatado, como un protector para envolver carnes delicadas como el pescado y como estabilizador y agente protector de merengues, rellenos de pasteles, betún y glacés. Otra de las utilidades del agar es, como un ingrediente del papel, de la tela y de la goma a prueba de agua, como agente clarificante en la elaboración de vinos, cervezas y café, para obtener moldes dentales y en la elaboración de alimento para diabéticos, ya que el agar reemplaza al almidón (Dawes, 1986).

La carragenina es un ficocoloide que se encuentra en la matriz intercelular de algunas algas marinas, sirviéndoles como un soporte estructural análogo a la pectina u otras gomas de plantas terrestres (Stanley, 1987); en las Rhodophyta este compuesto se extrae principalmente de algas pertenecientes al orden Gigartinales. Este hidrocoloide es notable por su gran versatilidad, presenta una amplia gama de aplicaciones que van desde la industria alimenticia hasta la farmacéutica (Glicksman, 1987); se aprovecha en un 80% por la primera en la elaboración de productos lácteos, debido a sus efectos estabilizadores en las proteínas de la leche, en la producción de la leche con cacao, quesos, cremas heladas y gelatinas comestibles. También se utiliza en la elaboración de pastas, moldes e impresiones dentales, alimentos dietéticos, cremas para las manos, sopas, confituras, insecticidas de aspersion, pinturas de agua, tintas, tinturas para

zapatos, shampoos, cosméticos y productos farmacéuticos (Scagel *et al.*, 1980; Dawes, 1986).

La furcellarina (agar danés) se obtiene de una especie de *Furcellaria*; al igual que el agar libera el agua cuando se congela, sin embargo, su estructura es más parecida a la de la kappa (κ)-carragenina y su uso es similar al de las carrageninas (Dawes, 1986).

Stanley (1987), señala que el orden Gigartinales incluye algunas especies que producen carrageninas de importancia comercial como por ejemplo, *Gymnogongrus furcellata* C. Agardh que es un productor de iotta (ι)-carragenina, explotado en Chile (Brøden y Bird, 1994) y también produce lambda (λ)-carragenina durante la fase esporofítica (Santelices *et al.*, 1989). La especie *Gymnogongrus griffithsiae* (Turner) Martius produce iotta (ι)-carragenina (Kapraun *et al.*, 1993b) y *Gymnogongrus chiton* (Howe) P.C. Silva *et DeCew* produce lambda (λ) y kappa (κ) carrageninas (McCandless y Vollmer, 1984).

De *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux, se extrae kappa (κ)-carragenina (McLachlan, 1985) compuesto de gran interés e utilizado por la industria farmacéutica (Schenkman, 1989) y en particular se extrae de esta especie, por poseer un gran contenido del polisacárido (Guist *et al.*, 1982); se ha publicado que las especies *Hypnea cervicornis* J. Agardh, *Hypnea charoides* Lamouroux y *Hypnea valentiae* (Turner) Montagne producen carragenina, sustancias coloidales y sacáridas entre otras (Rao y Krishnamurthy, 1978; Combaut *et al.*, 1981; Mahran *et al.*, 1985). *Hypnea pannosa* J. Agardh produce sesquiterpenos bromados (laurene, filiformin y filiforminol) (Afaq-Husain *et al.*, 1991).

Los miembros del orden Gelidiales son considerados como las agarofitas de mayor importancia económica, por lo que se cultivan, para obtener agar y agarosa (Santelices y Doty, 1989); las especies del género *Gelidium* en particular son una de las principales fuentes de agar en el mundo ya que producen uno de los agares de mayor calidad (Macler y West, 1987).