

Ficología marina mexicana. Diversidad y Problemática actual

Mexican marine phycology. Diversity and problems

Francisco F. Pedroche^{1,2}
y Abel Senties G.²

¹Depto. Hidrobiología, UAM-Iztapalapa, Apdo. Postal 55-535, México, D.F. 09340, MEXICO
²University Herbarium, University of California 1001 VLSB # 2465, Berkeley, CA 94720-2465, USA

Pedroche, F. F. y A. Senties G., 2003. Ficología marina mexicana. Diversidad y Problemática actual, *Hidrobiológica* 13(1): 23-32.

RESUMEN

Se analiza la situación del inventario de las macroalgas marinas mexicanas en relación a las divisiones Chlorophyta, Rhodophyta y a la clase Pheophyceae. La información se clasificó de acuerdo a los estados o entidades federativas de la Republica Mexicana que poseen costas en el Pacífico o Atlántico. También se discuten las proporciones de géneros, familias y órdenes para las regiones costeras denominadas: Baja California occidental, Golfo de California, Pacífico tropical, Golfo de México y Caribe. Los estados que destacan por su diversidad son: Baja California, en su porción occidental, Baja California Sur y Sonora en cuanto al Pacífico; Veracruz y Quintana Roo para el Atlántico. Las regiones costeras por su parte muestran una biodiversidad alta en las áreas de transición del Pacífico y en la porción caribeña de la Península de Yucatán. Discutimos algunos de los problemas actuales que caracterizan a esta biodiversidad y la amenaza de las especies invasoras en su integridad.

Palabras clave: Macroalgas marinas, biodiversidad, Pacífico mexicano, Golfo de México y Caribe mexicano.

ABSTRACT

An analysis on marine macroalgal diversity in Mexico was done relating Chlorophyta, Rhodophyta and Phaeophyceae records with coastal Mexican states or geopolitical entities. Also, data were classify in species, genera, family and orders, and percentage of occurrence was evaluated in five different biogeographical regions called: Western Baja California, Gulf of California, Tropical Pacific, Gulf of México, and Caribbean. Most diverse states are Baja California in its western side, Baja California Sur, and Sonora in Pacific Mexico, Veracruz and Quintana Roo in Atlantic Ocean. Macroalgae high biodiversity was detected in transitional areas of Pacific Mexico and in the Caribbean area of Yucatán Peninsula. We discuss some inherent problems to this macroalgal biodiversity and threatening issues to it as alien species.

Key words: Marine macroalgae, biodiversity, Pacific Mexico, Gulf of Mexico, Caribbean Mexico.

INTRODUCCIÓN

La concertación de inquietudes, tanto a nivel nacional como internacional, alrededor del significado valioso e importancia de la biodiversidad, en el contexto de la humanidad y la pérdida acelerada de esta diversidad viviente, ha reunido esfuerzos algunos de ellos concretados en la agenda 2000 (Anónimo, 1994a, 1994b). En ella y como claramente se expresaba, los objetivos durante los siguientes veinticinco años serían: a) el descubrimiento del mayor número de especies no conocidas antes de que desaparezcan y no se tenga oportunidad de registrarlas; b) el entendimiento de esta biodiversidad a través de estudios filogenéticos, de clasificación y monográficos y c) conocimiento integrado, de amplia difusión, mediante bases de datos y redes de computo internacional, con el objeto de permitir un manejo más adecuado de toda la riqueza presente sobre el planeta. Sin embargo, esta preocupación parece estar principalmente orientada hacia los bosques tropicales, desiertos y otros ecosistemas terrestres y poca importancia se ha puesto en aquellos organismos de origen acuático habitantes de lagos, ríos y mares (John, 1994). Solamente en el caso de las algas, como organismos típicamente acuáticos, se considera que existen alrededor de 140 000 especies por descubrir; a la fecha, las descritas alcanzarían la cifra de 40 000 (Groombridge, 1992), de las cuales entre 6 500 y 7 000 corresponden a especies marinas (Silva, 1992). Sin embargo, la estimación de la diversidad algal ha sido un punto de debate que aún continúa y que difícilmente será resuelto (John, 1994; Pedroche, 2000; Silva, 1992).

Durante el año de 1992 se realizó la reunión denominada Simposio sobre Diversidad Biológica en México, auspiciada por la Sociedad Mexicana de Historia Natural y la Secretaría de Educación Pública. De este simposio se publicó un número especial de la revista de la propia sociedad y en él apareció una contribución que trató de dar un panorama, a esa fecha, de la riqueza de macroalgas marinas y algas de agua dulce presentes en nuestro territorio (Pedroche *et al.*, 1993). Antes, una representación gráfica delineó las principales regiones ficológicas y propuso porcentajes de presencia de las diferentes divisiones algales en el territorio mexicano (Pedroche *et al.*, 1992). De ese entonces al día de hoy muchos eventos han sucedido: las contribuciones en las cuales se citan registros y nuevos hallazgos se han multiplicado significativamente, el número de investigadores ficólogos jóvenes se ha incrementado, la nomenclatura hasta entonces no considerada con cuidado, ha pasado a formar una parte importante en los artículos que se someten y aceptan en revistas mexicanas, los estudios detallados o monográficos en ciertos grupos de algas han permitido aclarar nombres mal aplicados y profundizar en los problemas de taxonomía y sistemática que enfrentan estos organismos.

En aquel entonces (Pedroche *et al.*, 1993) y sólo para el Pacífico mexicano, 94 fuentes bibliográficas fueron consultadas,

ahora este número se ha incrementado en aproximadamente un 400%, esto nos da una ligera idea del incremento en el conocimiento de la diversidad, en términos de riqueza específica, con que cuenta nuestro país en ese litoral (Pedroche y Sentíes, 2003; Pedroche *et al.*, 2003). Como consecuencia es necesaria una actualización de la visión, que en este momento poseemos, de la diversidad algal en nuestros litorales, pero más importante aún es llamar la atención sobre los problemas que enfrenta.

A diferencia de los trabajos antes mencionados, este escrito se restringe ahora sólo a las macroalgas marinas, pues actualmente y como se mencionaba arriba, la existencia de ficólogos jóvenes trabajando en grupos diversos de agua dulce y fitoplancton marino hacen que una obra de dimensiones globales sea terreno de la interdisciplina e interinstitucionalidad, sobrepasando al intención del presente trabajo.

MÉTODOS

Una generalización del tipo que nos atrevemos a presentar no sería posible sin el respaldo de obras integradoras que representan años de trabajo. Para el presente escrito hemos empleado como fuentes de información los trabajos publicados de González-González *et al.* (1996), Dreckmann (1998) y Ortega *et al.* (2001); así como datos aún sin publicar para el Pacífico mexicano (Pedroche *et al.* en revisión). Todos los registros ahí presentados han sido analizados y ordenados geográficamente de acuerdo a regiones y estados de la República Mexicana y taxonómicamente en divisiones, órdenes, familias, géneros y especies. En el caso de los Estados de Baja California y Baja California Sur los registros se analizaron de acuerdo a si se encontraban en la porción que es bañada por el Océano Pacífico como tal (BCP y BCSP respectivamente) o por las aguas del Golfo de California o Mar de Cortés (BCG y BCSG). También y con la finalidad de brindar una percepción biogeográfica más que de divisiones políticas se realizó una evaluación del número de especies, géneros, familias y órdenes por áreas (Fig. 4). Para ello se consideraron nuevamente aquellas regiones ficológicas mencionadas por Pedroche *et al.* (1992) con algunas modificaciones de límite propuestas por Díaz-Martín y Espinoza-Avalos (2000) para las macroalgas del Caribe mexicano quienes mencionan que el punto más o menos asignable para separar a la ficoflora del Golfo de México con la del Caribe se encuentra en Cabo Catoche, y Arriaga Cabrera *et al.* (1998) para las provincias costeras correspondientes al Pacífico de México desplazando el límite sur de la región del Golfo de California a Bahía Banderas. Una discusión un poco más amplia sobre estas regiones se encuentra adelante.

Los análisis han contemplado a los tres grandes grupos de macroalgas marinas: Chlorophyta o algas verdes, Phaeophyceae o algas cafés y Rhodophyta, algas rojas. Debido a que en-

tre las Cianobacterias aún se debaten muchas de las denominaciones en casi todos los rangos taxonómicos, estas no fueron incorporadas. En esta tarea se eliminaron los epítetos que aparecieron en varias ocasiones resultado de ser sinónimos homotípicos o heterotípicos, también se depuraron algunos nombres mal aplicados y no se incluyeron los registros dudosos. Enfatizemos que los nombres, en cualquier rango taxonómico, son opiniones taxonómicas y que su apreciación varía con el tiempo y los métodos empleados para su reconocimiento. Incluso el nivel natural de especie representa en muchas de las veces una idealización y no una realidad biológica como ya hemos apuntado en su momento (Pedroche *et al.*, 1993). Sólo estudios detallados de filogenia nos darán, en un futuro, luz sobre este asunto.

SITUACIÓN DE LA FICOFLORA MARINA MEXICANA

En un excelente trabajo realizado hace 30 años y aunque fuera del contexto de las propuestas de la agenda 2000, Dixon (1970) aplicó parte de las ideas de Dixon y Heywood y de Turril para discutir las fases por las que debería pasar todo país para completar su conocimiento ficológico. De esta manera, cuatro etapas fueron consideradas: 1) pionera o alfa en la que se incluyen la identificación y conocimiento de los organismos basados en datos morfológicos y de herbario, con información limitada de presencia y distribución; 2) consolidación, en ésta se eliminan los caracteres o información "arbitraria" o "superflua" resultando la mayoría de las veces en una reducción de nombres a sinonimia; 3) biosistemática, fase que incorpora fuentes información fuera de la taxonomía clásica como citología, química, ultraestructura, entre otras y 4) enciclopédica, etapa de integración e interrelación que pretende llegar a una clasificación natural incorporando todos los posibles caracteres y datos "relevantes" de los organismos presentes en cierta región geográfica.

Si consideramos como marco de referencia estas consideraciones: ¿En qué fase, podríamos decir, se encuentra México? Independientemente de la historia ficológica, más o menos larga, que posee nuestro país y de la publicación de varios estudios regionales o monográficos recientes (ver Ortega *et al.*, 2001; Pedroche y Senties, 2003; Pedroche *et al.*, 2003). aún persisten áreas con lagunas en el conocimiento de las macroalgas marinas en ambos litorales o bien en algunos grupos taxonómicos. Para ilustrar esta situación baste ver las figuras 1-3 que proporcionan los números absolutos de las especies registradas a la fecha por estados de la Republica Mexicana y los porcentajes de especies mencionadas por Division o Clase algal también para estas entidades federativas.

Por ejemplo, en el Pacífico tres estados tienen más de 300 especies: Baja California en su porción occidental, Baja Califor-

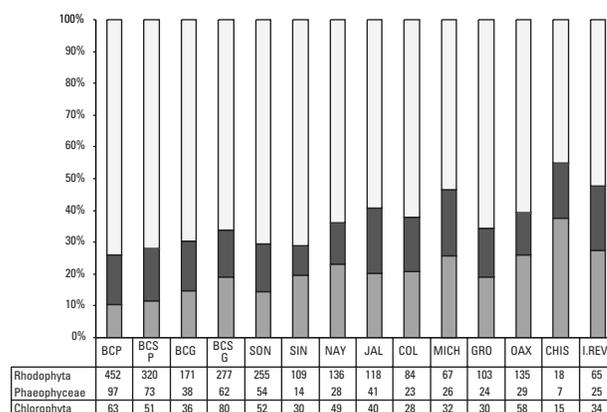


Figura 1. Número de especies por grupo taxonómico y entidad federativa para el Pacífico de México.

nia Sur y Sonora, mientras que el resto posee en promedio 160 especies. Destaca por su pobreza el Estado de Chiapas con sólo 40 registros, los cuales han sido incorporados en años recientes, pues hasta 1992 no había estudios en esa parte del territorio (Pedroche *et al.*, 1993). Comparativamente hace 10 años los estados con menor número de especies eran Sinaloa (15), Oaxaca (41) y en menor proporción Nayarit (48) y Jalisco (48), a la fecha el conocimiento de estos ha aumentado considerablemente (Fig. 3). Por lo que respecta al Atlántico, Tabasco es el Estado con menor diversidad algal seguido por mucho por Tampico (Fig. 3). Un panorama similar se aprecia si se comparan los datos de 1992 con los actuales. Estas diferencias pueden reflejar estudios intensivos heterogéneos, capacidad relativa de los estudiosos para tomar decisiones y asignar nombres correctos, características propias en la fisiografía o ecología de las costas en cada Estado o incluso una historia evolutiva particular por grupo taxonómico o por región geográfica.

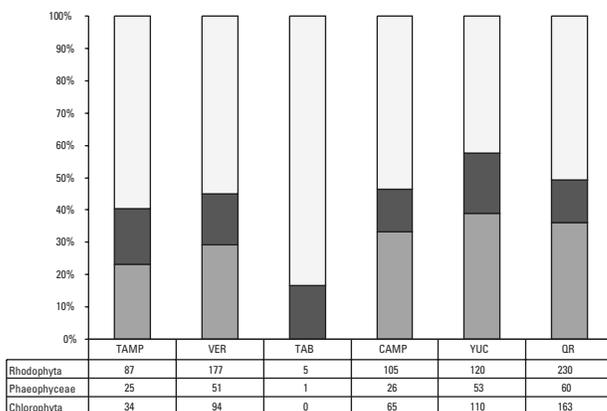


Figura 2. Número de especies por grupo taxonómico y entidad federativa para el Atlántico de México.

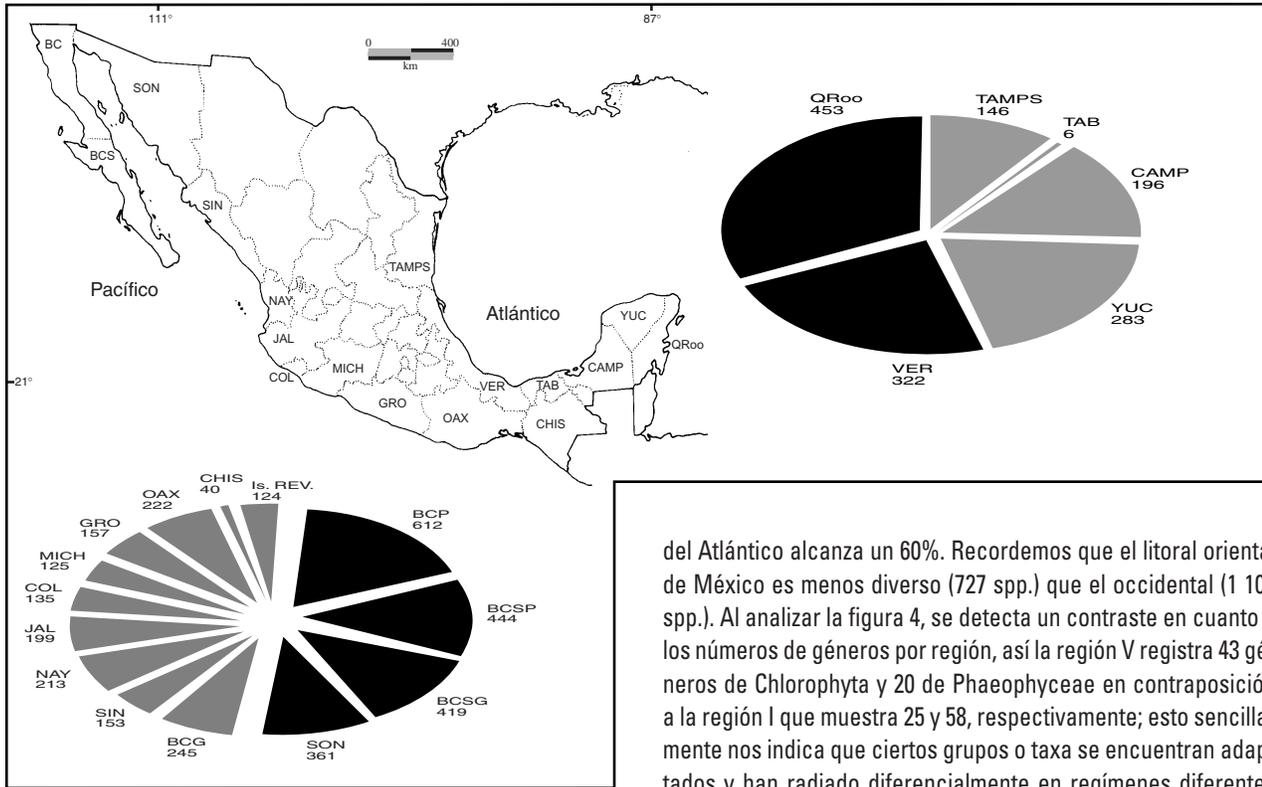


Figura 3. Número de especies totales por entidad federativa para el Pacífico y Atlántico mexicanos. Las áreas oscuras indican Estados con más de 300 especies.

del Atlántico alcanza un 60%. Recordemos que el litoral oriental de México es menos diverso (727 spp.) que el occidental (1 100 spp.). Al analizar la figura 4, se detecta un contraste en cuanto a los números de géneros por región, así la región V registra 43 géneros de Chlorophyta y 20 de Phaeophyceae en contraposición a la región I que muestra 25 y 58, respectivamente; esto sencillamente nos indica que ciertos grupos o taxa se encuentran adaptados y han radiado diferencialmente en regímenes diferentes ya sean tropicales o templados. Una situación semejante se expresa en la categoría familiar, por ejemplo, se observa que la región V tiene 17, 9 y 24 familias de cada una de las categorías algales, mientras que la región I manifiesta 14 familias de Chlorophyta, 23 de Phaeophyceae y 41 de Rhodophyta.

Un recurso importante para resolver estas dudas son los estudios monográficos, de integración y análisis que se han empezado a generar y que han permitido que aspectos de lo que Dixon denominaba parte de las fases de consolidación, biosistemática y enciclopédica se aprecien. Recientemente para el Pacífico de México se ha estimado que existen alrededor de 1 100 nombres actuales de los 1809 registrados (Pedroche y Sentíes, 2003). Por lo que concierne al Atlántico 1117 nombres habían sido mencionados en algún momento y se estima que hay sólo 727 taxa actualmente reconocidos (Ortega *et al.*, 2001). Esto indica que entre un 30-35% de los nombres eran sinónimos o nombres mal aplicados para el Océano Atlántico mientras que para el Pacífico el valor asciende a 40%.

¿Pero, estas categorías taxonómicas corresponden a clados filogenéticos? De ser así, estos valores pueden sugerir áreas de protección o conservación, de manejo y explotación. Regiones con varias familias y géneros deben ser ponderadas con respecto a regiones con menor número de estos taxa, independientemente de los números específicos.

Por lo que respecta a las regiones ficológicas analizadas (Tabla 1), se puede observar un escenario diferente en comparación a los números absolutos por entidad federativa o Estado, detectándose que la región I (Baja California Occidental) es la que más riqueza específica tiene (742 spp.), con un 67% del total de especies registradas para el Pacífico mexicano, mientras que la región V (Caribe Mexicano) cuenta sólo con 438 especies, pero que en porcentaje con respecto al número total de especies

Tabla 1. Datos comparativos entre las regiones ficológicas enfatizando el total de especies por región y su porcentaje del total registrado en cada litoral.

Región ficológica	Taxa registrados	Porcentaje del total de especies por litoral
Océano Pacífico		
I. Baja California Occidental	742	67.5%
II. Golfo de California	669	60.8%
III. Pacífico Tropical Mexicano	444	40.3%
Océano Atlántico		
IV. Golfo de México	452	62.1%
V. Mar Caribe Mexicano	438	60.2%

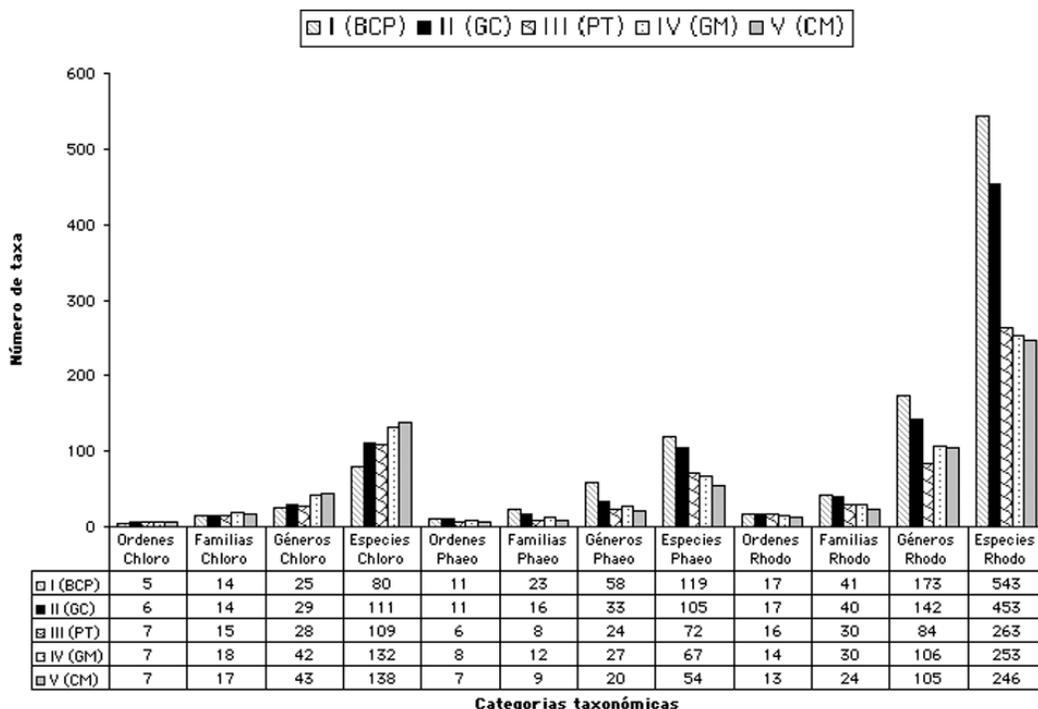


Figura 4. Especies y categorías supraespecíficas por grupo y región ficológica. BCP = Baja California Occidental, GC = Golfo de California, PT = Pacífico Tropical, GM = Golfo de México, CM = Caribe mexicano, Chloro = Chlorophyta, Phaeo = Phacopolyceae, Rhodo = Rhodophyta

ALGUNOS DE LOS PROBLEMAS

Naturaleza de los organismos. Las algas son organismos relativamente sencillos, con niveles de organización hasta cierto punto fáciles de reconocer, pero en muchas de las ocasiones con un bajo número de caracteres empleados para su descripción y caracterización. Esto aunado a que como grupo no natural se incluyen varios grupos monofiléticos, con grados diferenciales de evolución desde su origen. Una de las consecuencias de estos diversos caminos evolutivos es la gran plasticidad morfológica que hace difícil, en ciertos momentos, distinguir estadios morfológicos discretos de un mosaico de gradientes en forma. Esto ha traído como resultado la denominación de diversas categorías infraespecíficas, como es el caso del género *Caulerpa* con 12 variedades o formas en el Pacífico mexicano y 43 para el Atlántico, también de México. Este fenómeno se encuentra de igual manera a nivel de especie y en el pasado teníamos para cada variación morfológica una especie diferente, ejemplo de ello lo encontramos en una clorofita: el género *Codium* que en su momento y gracias a las interpretaciones de Setchell y Gardner (Setchell y Gardner, 1924) se describieron 11 especies de este taxon para el Golfo de California, para las 3 que actualmente se reconocen (Pedroche *et al.*, 2002). Estos son sólo dos ejemplos de los tantos presentes en nuestra flora.

El segundo aspecto de la naturaleza biológica de las algas que abordaremos se refiere a las estrategias reproductivas manifestadas por los diferentes grupos, con la inserción de fases iso y heteromórficas en historias de vida bi o trifásicas que han confundido hasta al ficólogo más experimentado. Sólo baste recordar la existencia de *Halicystis ovalis* (Lyngbye) Areschoug y *Derbesia marina* (Lyngbye) Solier, como dos representantes de la ficoflora mexicana cuando una es el estadio esporófito de la otra, dos nombres en una lista florística que corresponden en realidad a una sola especie.

Las propiedades arriba mencionadas son un ejemplo del abanico de condiciones particulares del grupo, que deben ser tomadas en cuenta al evaluar la diversidad de estos organismos. Por consecuencia, los estudios en ficología deben ser a largo plazo tanto en grupos como en localidades, permitiendo sólo de esta manera el reconocimiento de los diferentes estadios de vida involucrados en las historias vitales o de las manifestaciones múltiples de una morfología aparentemente estable. En ocasiones la estacionalidad determina la aparición o desaparición de floras y por lo tanto su manifestación en tiempos y espacios diferentes.

Tropicalidad vs diversidad. Es comúnmente reconocido que en casi todos los grupos de organismos el número de especies aumenta conforme su distribución alcanza las regiones tro-

picales, con contadas excepciones, entre ellas las algas (Lüning, 1990). El mencionado fenómeno lo podemos apreciar en el litoral de Pacífico en donde la mayoría de las especies se encuentran en las zonas de transición entre aguas frías, templadas o subtropicales (fig. 4). Otra historia es el Golfo de México que como podemos apreciar presenta una diversidad específica similar entre la región norte (IV) con 452 especies y la sureste (V) con 438 (tabla 1). En estos casos dos razones pueden explicar la situación: falta de estudio en muchas áreas particulares o bien que las latitudes tropicales pueden ser regiones inhóspitas para las algas (Bolton, 1994). A estos argumentos podríamos sumar la falta de conocimiento en la biología de muchos de los grupos de algas marinas los cuales podrían poseer, de acuerdo a su característica tropical, tallas muy pequeñas que pasan desapercibidas en estudios de orden general, historias vitales con fases muy cortas y restringidas a microhabitats muy específicos, y pastoreo excesivo por parte de los herbívoros, entre otras. Características apreciadas desde hace tiempo por algunos ficólogos tropicales y que deben ser foco de estudios específicos (González González, 1993; León Álvarez y González González, 1993; León Tejera y González González, 1993; Rodríguez Vargas *et al.*, 1993; Serviere Zaragoza *et al.*, 1993).

Islas Revillagigedo, aunque consideradas dentro de la porción tropical presentan elementos compartidos con la región templada, subtropical como lo demuestran registros típicos de aguas templadas o frías como *Cladophoropsis membranacea* (Hofman Bang ex C. Agardh) Børgesen, *Dictyosphaeria australis* Setchell, *Ostreobium quekettii* Bornet et Flahault, entre las Chlorophyta; *Feldmannia irregularis* (Kützting) G. Hamel, *Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C. Agardh, *Sargassum palmeri* Grunow como parte de las Pheophyceae y *Halymenia actinophysa* Howe y *Lithophyllum grumosum* (Foslie) Foslie por mencionar algunos entre las Rhodophyta. De acuerdo a León Tejera *et al.* (1996) el 34% de la flora de este archipiélago tiene afinidad con zonas templadas del Pacífico mexicano, por lo que podría considerarse más como una zona de transición que como un área estrictamente tropical.

Biodiversidad algal, regiones biogeográficas y regiones prioritarias. Es generalmente aceptado que un factor muy importante en la distribución horizontal de las macroalgas, y de otro tipo de organismos marinos, es la temperatura, que junto con la salinidad forman una mancuerna determinante en la presencia o ausencia de las especies a lo largo de los litorales. Estos factores ligados a la abundancia/presencia/ausencia específica son los elementos para conformar las regiones denominadas, biogeográficas. Actualmente la biogeografía está incorporando métodos e información nueva para esta tarea, como ejemplo podemos citar las aproximaciones filogenéticas (Avisé, 2000; Humphries y Parenti, 1999; Nelson y Platnick, 1981) o los métodos no convencionales como la termogeografía a través del tiempo

(Adey y Steneck, 2001). En el presente trabajo el Pacífico ha sido sectorizado sólo en tres grandes regiones: Pacífico de Baja California, Golfo de California y Pacífico Tropical mexicano; sin embargo, simplemente la región occidental de Baja puede ser caracterizada en pequeñas subregiones como lo ha apuntado Casas Valdez *et al.* (2000) y desde hace años Dawson había enfatizado la importancia de las surgencias en la modificación y presencia de floras a lo largo de la península de Baja California (Dawson, 1945, 1950, 1951, 1954). Aparentemente lo más importante en esta porción del litoral es que la ficoflora templada o cálida templada se limita a Bahía Magdalena, por lo que porción sur de Baja California Occidental es una zona posiblemente de transición con varios elementos tropicales y los límites de esta región deben ser reestudiados con detenimiento empleando quizás los puntos de inicio y puntos de terminación de distribuciones específicas (DeCew, datos no publicados). El Golfo de California, aunque también puede ser subdividido en subregiones (Espinoza Avalos, 1993) representa un panorama completamente distinto al Pacífico de Baja California. Sus intervalos de marea tan amplios en la región norte y la tasa alta de insolación hacen que la ficoflora se limite principalmente a las zona inframareal, condición que también se presenta en el sur de esta costa por una zona intermareal estrecha y con poco oleaje.

Por su parte el Pacífico tropical mexicano considerado como tal desde Bahía Banderas (Nayarit-Jalisco) hasta la frontera sureste mexicana se ha caracterizado por una ficoflora pobre en número de especies y en grupos supraespecíficos principalmente entre las Phaeophyceae y las Rhodophyta (ver fig. 4). Las razones parecen ser múltiples, desde la existencia de acantilados, sustratos inestables en sus playas de cantos rodados, alta insolación, pastoreo intenso y algunas que otras descargas fluviales importantes, no obstante también posee sus elementos endémicos (*Codium giraffa* Silva) y cierta afinidad con la flora Indopacífica (*Dermonema virens* Pedroche y Avila).

En lo que respecta al Atlántico mexicano, conformado por el Golfo de México (desde Tamaulipas hasta Yucatán) y el Caribe mexicano (Quintana Roo), presenta condiciones tropicales en el contexto ambiental (Lüning, 1990). En este sentido Earle (1972) señala que la mayoría de las algas de la región mexicana son tropicales con afinidades del Caribe y con una amplia distribución y tolerancia a variaciones en la temperatura. Además precisa que el sustrato marca 2 grandes zonas de manifestación algal, una zona que abarca los estados de Tamaulipas, Veracruz y Tabasco con sustrato arenoso-limoso, mientras que Campeche, Yucatán y Quintana Roo con un sustrato calcareo (arrecifes coralinos). Por otra parte Briggs (1974) menciona que Cabo Rojo ubicado al sur de Tampico, Tamps., es el punto que divide 2 provincias: la tropical hacia el sur (Provincia Caribeña) y la subtropical hacia el norte (Provincia Caroliniana), por tanto se infiere

que Tamaulipas es una zona de transición entre floras tropicales y templadas (Ortega *et al.*, 2001). Aún con estas sectorizaciones en zonas o provincias se requieren de estudios más detallados en el campo para comprobar los posibles límites de las manifestaciones algales. Sin embargo, comparado con el Pacífico, los números específicos son bajos (tabla 1).

Es importante resaltar, que en obras integradoras recientes (Groombridge y Jenkins, 2002) tres de estas cinco áreas arriba mencionadas son consideradas como regiones de endemismo considerable y con un riesgo alto de perder su biodiversidad, y aunque estas áreas están basadas en peces de arrecife, corales, moluscos y langostas, también en el caso de las algas vemos que son regiones muy importantes por sus números específicos y supraespecíficos. Estas áreas son el Pacífico de Baja California, el Golfo de California y el Mar Caribe, regiones que como hemos visto coinciden para la ficoflora. En cuanto al endemismo de sus integrantes, un 26% del total de la diversidad de algas marinas del Pacífico de México es endémica (18 especies de algas verdes, 34 de pardas y 233 de rojas). Destacan por esta condición la porción occidental de Baja California y el Golfo de California, posteriormente I. Guadalupe y las Revillagigedo. En el Atlántico hasta el momento no hay datos o registros de especies endémicas en cuanto a algas se refiere, aún así se han hecho esfuerzos estableciendo Reservas y Parque marinos, tanto en el Golfo de México como en el Caribe mexicano, a nivel continental e insular, lo cual ayuda a conservar nuestra amenazada flora algal.

En un gran esfuerzo la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) propuso 70 áreas prioritarias (43 para el Pacífico y 27 para el Atlántico) considerando criterios de alta biodiversidad, uso por sectores y ausencia de información (Arriaga Cabrera *et al.*, 1998). Dentro de estas áreas se consideran aquellas amenazadas en su diversidad por uso o explotación de los recursos debido a la intervención humana ¿Algunas de ellas corresponden a las zonas de alta diversidad ficológica? Desafortunadamente a la fecha no poseemos la información analizada a detalle para dar respuesta a esta pregunta pero es un hecho que esfuerzos orientados en este sentido enriquecerán el trabajo iniciado por la CONABIO.

Especies invasoras. Un aspecto que preocupa de sobremanera actualmente es el referente a la pérdida de biodiversidad debido a varias causas entre ellas, la mano del hombre que altera y sobreexplota causando la extinción de las especies. En lo que concierne a las macroalgas no existen datos documentados de la desaparición de especies de nuestros litorales, más bien lo que se ha mencionado en algunos trabajos florísticos es no haber encontrado especies que alguien en el pasado había registrado, pero en la mayoría de los casos esto se debe a identificaciones erróneas y no necesariamente a la extinción de ta-

xa. Solo seguimientos detallados a largo plazo y fundados en identificaciones certeras nos darán luz sobre este asunto. Sin embargo, un elemento que definitivamente está documentado y que a la larga trae el desplazamiento de poblaciones locales, es la invasión por especies foráneas. Un buen ejemplo es *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt, especie nativa de Japón y que desde los años 70 se ha instalado en las costas del Pacífico de México y que poco a poco ha ido ganando terreno en la Península de Baja California (Aguilar Rosas y Aguilar Rosas, 1993), otra alga también de la clase Phaeophyceae de reciente ingresión a México y de origen nipón como en el caso anterior es *Cutleria cylindrica* Okamura cuyo primer registro data de los años 90 (Aguilar Rosas, 1994). Aparentemente estas especies no desplazan a la flora nativa pero estudios más detallados son necesarios.

Dos especies de algas verdes que son consideradas malezas y que se encuentran muy cercanas a nuestras fronteras son *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* (van Goor) Silva, probablemente traída con embarques de ostiones de Japón, se ha instalado en aguas californianas (Silva, 1979) y representa una amenaza para la ficoflora mexicana y aunque es habitante de aguas tranquilas su invasión en bahías puede provocar la modificación de la flora al ocupar áreas extensas de la zona mesomareal. Por lo que respecta a esta especie afortunadamente se ha establecido un monitoreo en las costas de Ensenada para determinar su migración (Aguilar Rosas com. pers.). El segundo ejemplo es *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh, alga de origen caribeño invadió por primera vez el Mediterráneo en los años 80 y ahora es una plaga incontrolable, inclusive se le conoce como el alga asesina (Meinesz, 1999). Recientemente durante el año 2000 fue detectada en algunas lagunas de San Diego, California, USA posiblemente arrojada por algún acuarista y ahora se expande hacia el sur (Silva com. pers.). Esta alga forma mantos extensos y desplaza a la flora nativa. Ejemplos como los anteriores deben ser detectados y monitoreados en los años por venir.

CONCLUSIONES

Podríamos decir que México ya no se encuentra como otros países, incluyendo algunos considerados como desarrollados (Huisman *et al.*, 1998), en la fase primaria de exploración y de "descubrimiento" en cuanto a ficología marina se refiere, cuando menos en un panorama generalizado. En este sentido, nos atreveríamos a decir que los ficólogos marinos mexicanos han abandonado los estudios inventariales de orden general y se tienden a concentrar en el trabajo de inventario fino y monográfico en grupos poco conocidos que abarcan géneros como es el caso de *Codium* en las Chlorophyta (Pedroche, *et al.*, 2002), o bien *Amphiroa* (Riosmena Rodríguez y Beltrones, 1996), *Gracilaria* (Dreckmann, 2002), *Polysiphonia* (Senties, 1995) o *Laurencia* (Senties y

Fujii, 2002) en las Rhodophyta. A nivel de Familia, Sphacelariaceae (Mendoza González *et al.*, 2000), Ralfsiaceae (León Alvarez y González González, 1993), Laminariaceae (Aguilar Rosas, L. *et al.*, 1993), Dictyotaceae (Mateo-Cid *et al.*, 2000) y Fucaceae (Aguilar Rosas, R. *et al.*, 2002), han sido tratadas en las Phaeophyceae y las Corallinaceae (Mendoza González y Mateo Cid, 1992; Riosmena-Rodríguez y Woelkerling, 2000) y las Gelideaceae (Rodríguez Vargas *et al.*, 1993) en las Rhodophyta. Falta sin embargo iniciar el estudio de grupos tan comunes y complicados taxonómicamente como las Ulvales o Bryopsidales en las Chlorophyta; Ectocarpales entre las Phaeophyceae o bien las Acrochaetiales o algunas familias del orden Ceramiales entre las Rhodophyta. Estos trabajos afrontan el elemento crucial de la definición de los taxa como unidades de trabajo, eliminando en muchas ocasiones los errores de determinación y su perpetuación trayendo como consecuencia una percepción inadecuada de la realidad ficológica de nuestro país.

El panorama acerca de las categorías taxonómicas por encima del nivel de especie, como elementos del discurso de la biodiversidad, se presenta en un contexto de artificialidad ya que no constituyen agrupaciones naturales (De Queiroz y Gauthier, 1994); sin embargo, analizarlas como un complemento a la diversidad específica, permite integrar una aproximación diferente a las regiones ficológicas y su posible empleo en el ámbito de la utilización y conservación de los recursos algales. Esto en espera de un esquema a nivel supraespecífico que refleje las relaciones evolutivas entre los componentes de una flora y su comprensión para fines de manejo, conservación y recuperación ecológicas.

En este trabajo sólo hemos esbozado algunos de los problemas que podrían ser prioritarios en el estudio de las macroalgas marinas mexicanas. El número de especies mencionadas podría incrementarse notablemente conforme se atiende a ambientes y regiones poco estudiadas; sin embargo, estos estudios deben tener en cuenta algunos requisitos como: considerar plazos adecuados, por lo general largos, para obtener la información real de los fenómenos que se presentan, estos lapsos incluyen el monitoreo de regiones clave para detectar pérdida, modificación o invasión de especies.

Las acciones mencionadas requieren por su parte de la formación integral de recursos humanos profesionales y altamente capacitados, con entrenamiento en campo y laboratorio, la coordinación de instituciones y la optimación de fuentes de financiamiento que redituen en infraestructura bibliográfica, bases de datos y equipo de laboratorio. La cooperación entre ficólogos de diversas áreas geográficas en proyectos de magnitud permitirá la detección de la biodiversidad, su modificación a lo largo del tiempo y la evaluación de los daños a la misma, acciones de

recuperación ecológica y propuestas de conservación y manejo. Finalmente una red de difusión y publicación de resultados permitirá que la apreciación de la biodiversidad sea más real que el panorama a la fecha elucidado.

LITERATURA CITADA

- ADEY, W. H. y R. S. STENECK. 2001. Thermogeography over time creates biogeographic regions: A temperature/space/time-integrated model and an abundance-weighted test for benthic marine algae. *Journal of Phycology* 37 (5): 677-698.
- AGUILAR ROSAS, L., R. AGUILAR ROSAS y J. PONS Z. 1993. La familia Laminariaceae (Laminariales, Phaeophyta) en las costas de la península de Baja California, México. *Revista de Investigación Científica* 4 (1): 53-63.
- AGUILAR ROSAS, R. 1994. Notas ficológicas. I. Primer registro de *Cutleria cylindrica* Okamura (Cutleriaceae, Phaeophyta) para las costas del Pacífico mexicano. *Acta Botánica Mexicana* 29: 55-60.
- AGUILAR ROSAS, R. y L. E. AGUILAR ROSAS. 1993. Cronología de la colonización de *Sargassum muticum* (Phaeophyta) en las costas de la península de Baja California, México (1971-1990). *Revista de Investigación Científica* 4 (1): 41-51.
- AGUILAR ROSAS, R., L. E. AGUILAR ROSAS, L. E. MATEO CID, A. C. MENDOZA GONZÁLEZ y H. KRAUSS C. 2002. *Hesperophycus* y *Silvetia* representantes de la familia Fucaceae (Fucales, Phaeophyta) en la costa del Pacífico de México. *Hidrobiológica* 12 (2): 147-156.
- ANÓNIMO. 1994a. *Systematics agenda 2000. Charting the biosphere*. Committees of Systematics agenda 2000. Chicago. 20 p.
- ANÓNIMO. 1994b. *Systematics agenda 2000. Charting the biosphere. Technical Report*. Committees of Systematics agenda 2000. Chicago. 34 p.
- ARRIAGA CABRERA, L., E. VÁZQUEZ DOMÍNGUEZ, J. GONZÁLEZ CANO, R. JIMÉNEZ ROSENBERG, E. MUÑOZ LÓPEZ y V. AGUILAR SIERRA. (Eds.). 1998. *Regiones prioritarias marinas de México*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F. 198 p.
- AVISE, J. C. 2000. *Phylogeography. The history and formation of species*. Harvard University Press. Cambridge. 447 p.
- BOLTON, J. J. 1994. Global seaweed diversity: patterns and anomalies. *Botanica Marina* 37: 241-245
- BRIIGGS, J. C. 1974. *Marine zoogeography*. McGraw-Hill. New York. 475 p.
- CASAS VALDEZ, M., R. A. NUÑEZ LÓPEZ, M. B. CRUZ AYALA, I. SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, R. VÁZQUEZ BORJA y G. E. LÓPEZ. 2000. Biodiversity and biogeographic affinities of the algal flora of Baja California Sur: A

- synthesis of the literature. In: M. MUNAWAR, S. G. LAWRENCE, I. F. MUNAWAR y D. F. MALLEY (Eds.) *Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and scope*. Leiden, Backhuys Publishers, pp. 273-282.
- DAWSON, E. Y. 1945. Marine algae associated with upwelling along the northwestern coast of Baja California. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 44 (3): 57-71.
- DAWSON, E. Y. 1950. A note on the vegetation of a new coastal upwelling area of Baja California. *Journal of Marine Research* 9: 65-68.
- DAWSON, E. Y. 1951. A further study of upwelling and associated vegetation along Pacific Baja California Mexico. *Journal of Marine Research* 10: 39-58.
- DAWSON, E. Y. 1954. *On the correlation of marine vegetation with upwelling along the Pacific coast of Baja California Mexico*. Proceedings Seventh International Botanical Congress [Stockholm 1950]. 827 p.
- DE QUEIROZ, K. y J. GAUTHIER. 1994. Toward a phylogenetic system of biological nomenclature. *Trends in Ecology and Evolution* 9: 27-31.
- DÍAZ MARTÍN, M. A. y J. ESPINOZA-AVALOS. 2000. Distribution of brown seaweeds (Phaeophyta) in the Yucatán Peninsula, Mexico. *Bulletin of Marine Science* 66 (2): 279-289.
- DIXON, P. S. 1970. A critique of the taxonomy of marine algae. *Annals New York Academy of Sciences* 175: 617-622.
- DRECKMANN, K. M. 1998. *Clasificación y nomenclatura de las macroalgas marinas bentónicas del Atlántico mexicano*. CONABIO. México, D.F. 140 p.
- DRECKMANN, K. M. 2002. El género *Gracilaria* (Gracilariaceae, Rhodophyta) en el Pacífico centro-sur mexicano. In: A. SENTÍES y K. M. DRECKMANN (Eds.) *Monografías ficológicas*. México, D.F., UAM-Iztapalapa y Red Latinoamericana de Botánica, pp. 77-118.
- EARLE, S. 1972. Benthic algae and seagrasses. In: S. Z. EL-SAYED, W. M. SACKETT, L. M. JEFFREY, A. D. FREDERICKS, R. P. SAUNDERS, P. S. CONGER, G. A. FRYXELL, K. A. STEIDINGER y S. A. EARLE (Eds.) *Chemistry, primary productivity, and benthic algae of the Gulf of Mexico*. New York, American Geographical Society. Pp. 15-18 + apéndice III.
- ESPINOZA AVALOS, J. 1993. Macroalgas marinas del Golfo de California. In: S. SALAZAR VALLEJO y N. E. GONZÁLEZ (Eds.) *Biodiversidad marina y costera de México*. México, D.F., CONABIO, CIQRO, pp. 328-357.
- GONZÁLEZ GONZÁLEZ, J. 1993. Comunidades algales del Pacífico tropical. In: S. SALAZAR VALLEJO y N. E. GONZÁLEZ (Eds.) *Biodiversidad marina y costera de México*. México, D.F., CONABIO, CIQRO, pp. 420-443.
- GONZÁLEZ GONZÁLEZ, J., M. GOLD MORGAN, H. LEÓN TEJERA, C. CANDELA-RIA, D. LEÓN ALVAREZ, E. SERVIERE ZARAGOZA y D. FRAGOSO. 1996. *Catálogo onomástico (nomenclátor) y bibliografía indexada de las algas bentónicas marinas de México*. UNAM. México, D.F. 492 p.
- GROOMBRIDGE, B. (Ed.). 1992. *Global biodiversity: status of the earth's living resources: a report*. World Conservation Monitoring Centre. Chapman y Hall, London. 585 p.
- GROOMBRIDGE, B. y M. D. JENKINS. 2002. *World Atlas of biodiversity. Earth's living resources in the 21st century*. UNEP/University of California Press. Cambridge. 340 p.
- HUISMAN, J. M., R. A. COWAN y T. J. ENTWISLE. 1998. Biodiversity of australian marine macroalgae - A progress report. *Botanica Marina* 41: 89-93.
- HUMPHRIES, C. J. y L. R. PARENTI. 1999. *Cladistic biogeography. Interpreting patterns of plant and animal distributions*. Oxford University Press. Oxford. 187 p.
- JOHN, D. M. 1994. Biodiversity and conservation: an algal perspective. *The Phycologist* 38: 3-15.
- LEÓN ALVAREZ, D. y J. GONZÁLEZ GONZÁLEZ. 1993. Algas costrosas del Pacífico tropical. In: S. I. SALAZAR VALLEJO y N. E. GONZÁLEZ (Eds.) *Biodiversidad Marina y Costera de México*. México, D.F., CONABIO y CIQRO, pp. 456-474.
- LEÓN TEJERA, H. y J. GONZÁLEZ GONZÁLEZ. 1993. Macroalgas de Oaxaca. In: S. I. SALAZAR VALLEJO y N. E. GONZÁLEZ (Eds.) *Biodiversidad Marina y Costera de México*. México, D.F., CONABIO y CIQRO, pp. 486-498.
- LEÓN TEJERA, H., E. SERVIERE ZARAGOZA y J. GONZÁLEZ GONZÁLEZ. 1996. Affinities of the marine flora of the Revillagigedo islands, México. *Hydrobiologia* 326-327: 159-168.
- LÜNING, K. 1990. *Seaweeds. Their environment, biogeography, and ecophysiology*. Wiley-Interscience Pub. New York. 527 p.
- MATEO CID, L. E., C. MENDOZA GONZÁLEZ, L. HUERTA MUZQUIZ, R. AGUILAR ROSAS y L. E. AGUILAR ROSAS. 2000. La familia Dictyotaceae (Dictyotales, Phaeophyta) en la península de Baja California, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 46: 189-270.
- MEINESZ, A. 1999. *Killer algae. The true tale of biological invasion*. University of Chicago Press. Chicago. 360 p.
- MENDOZA GONZÁLEZ, C. y L. E. MATEO CID. 1992. La familia Corallinaceae (Rhodophyta, Corallinales) en la península de Baja California. *Memorias IX Simposio Internacional de Biología Marina*, La Paz, UABCS, pp. 49-53.
- MENDOZA GONZÁLEZ, C., L. E. MATEO CID, R. AGUILAR ROSAS y L. E. AGUILAR ROSAS. 2000. La familia Sphacelariaceae (Sphacelariales, Phaeophyta) en las costas de México. *Polibotánica* 11: 21-48.

- NELSON, G. y N. PLATNICK. 1981. *Systematics and biogeography: Cladistics and vicariance*. Columbia University Press. New York. 567 p.
- ORTEGA, M. M., J. L. GODÍNEZ y G. GARDUÑO SOLÓRZANO. 2001. *Catálogo de algas bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe*. CONABIO, UNAM. México, D.F. 594 p.
- PEDROCHE, F. F. 2000. Biodiversidad. ¡Divino tesoro! In: T. KWIATKOWSKA y R. L. WILCHIS (Eds.) *Ingeniería genética y ambiental*. México, D.F., Plaza y Valdes Editores, pp. 153-168.
- PEDROCHE, F. F. y A. SENTÍES G. 2003. El litoral del Pacífico mexicano y su exploración ficológica. In: D. ROBLEDO, J. L. GODÍNEZ y Y. FREILE (Eds.) *Contribuciones ficológicas de México*. Sociedad Ficológica de México, A.C., Mérida, pp. 5-11.
- PEDROCHE, F. F., A. SENTÍES G. y R. MARGAIN HERNÁNDEZ. 1992. Regiones ficológicas (algas) de México. In: *Atlas Nacional de México*. México, D.F., Instituto de Geografía, UNAM. Hoja IV.8.4. Flora III.
- PEDROCHE, F. F., P. C. SILVA y M. CHACANA. 2002. El género *Codium* (Codiaceae, Chlorophyta) en el Pacífico de México. In: A. SENTÍES y K. M. DRECKMANN (Eds.) *Monografías ficológicas*. México, D.F., UAM-Iztapalapa y Red Latinoamericana de Botánica, pp. 11-74.
- PEDROCHE, F. F., K. M. DRECKMANN, A. SENTÍES G. y R. MARGAIN HERNÁNDEZ. 1993. Diversidad algal en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural Vol. Esp. 44*: 69-92.
- PEDROCHE, F. F., P. C. SILVA, L. E. AGUILAR ROSAS, K. M. DRECKMANN y R. AGUILAR ROSAS. 2003. Macroalgas marinas bentónicas del Pacífico mexicano. Referencias bibliográficas selectas (1847-2002). In: J. L. GODÍNEZ, D. ROBLEDO y Y. FREILE (Eds.) *Contribuciones ficológicas de México*. Sociedad Ficológica de México, A.C., Mérida, pp. 97-126.
- RIOSMENA RODRÍGUEZ, R. y D. A. SIQUEIROS BELTRONES. 1996. Taxonomy of the genus *Amphiroa* (Corallinales, Rhodophyta) in the southern Baja California Peninsula, México. *Phycologia* 35: 135-147.
- RIOSMENA RODRÍGUEZ, R. y W. J. WOELKERLING. 2000. Taxonomic biodiversity of Corallinales (Rhodophyta) in the Gulf of California, México: towards an initial assessment. *Cryptogamie Algologie* 21 (4): 315-354.
- RODRÍGUEZ VARGAS, D., J. GONZÁLEZ GONZÁLEZ y E. SERVIERE ZARAGOZA. 1993. Gelidiáceas (Rhodophyta) en el Pacífico tropical. In: S. I. SALAZAR VALLEJO y N. E. GONZÁLEZ (Eds.) *Biodiversidad Marina y Costera de México*. México, D.F., CONABIO y CIQRO, pp. 444-455.
- SENTÍES G. A. 1995. El género *Polysiphonia* (Ceramiales: Rhodomelaceae) en el Pacífico tropical mexicano. *Revista de Biología Tropical* 43 (1/3): 39-54.
- SENTÍES, G. A. y M. T. FUJII. 2002. El complejo *Laurencia* (Rhodomelaceae, Rhodophyta) en el Caribe mexicano. In: A. SENTÍES y K. M. DRECKMANN (Eds.) *Monografías ficológicas*. México, D.F., UAM-Iztapalapa y Red Latinoamericana de Botánica, pp. 121-192.
- SERVIERE ZARAGOZA, E., J. GONZÁLEZ GONZÁLEZ y D. RODRÍGUEZ VARGAS. 1993. Ficoflora de la región de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. In: S. I. SALAZAR VALLEJO y N. E. GONZÁLEZ (Eds.) *Biodiversidad Marina y Costera de México*. México, D.F., CONABIO y CIQRO, pp. 475-485.
- SETCHELL, W. A. y N. L. GARDNER. 1924. New marine algae from the Gulf of California. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 12: 695-949.
- SILVA, P. C. 1979. The benthic algal flora of central San Francisco Bay. In: T. J. CONOMOS (Ed.) *San Francisco Bay: the urbanized estuary*. San Francisco, California, Pacific Division, American Association for the advancement of Science, pp. 287-345.
- SILVA, P. C. 1992. Geographic patterns of diversity in benthic marine algae. *Pacific Science* 46: 429-437.

Recibido: 5 de junio de 2002.

Aceptado: 25 de noviembre de 2002.