

BIOGEOGRAFÍA E HISTORIAS DE VIDA DE DOS ESPECIES DE *Porphyra* (RHODOPHYTA), ENDÉMICAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO.

ANTECEDENTES

Responsable: Dr. Isaí Pacheco Ruíz

Investigadores Participantes: Dr. José Antonio Zertuche González, Dr. Rafael Riosmena Rodríguez, M. en C. Guillermo Ballesteros Grijalva, Oc. Alfredo Chee Barragán, Charles Yarish.

Estudiantes Participantes: M. en C. Juan Manuel Lopez Vivas, Pasante Biol. Mar. Maria del Lourdes Fierro Jauregui, Pasante Biol. Luisa Janette Chavez Hurtado

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y RELEVANCIA

El Golfo de California (GC) es reconocido mundialmente por su alta riqueza de flora marina bentónica. Así mismo, se le reconoce como una región con un alto grado de endemismo debido a su forma de cuenca alargada que provoca un alto grado de confinamiento, particularmente para especies bentónicas sésiles como las macroalgas. Dawson (1960) reportó un endemismo de su flora algal de 35% (n = 174 macroalgas) según Dawson (1960) y 20% (n = 116) según Espinoza-Ávalos (1993). El avance reciente en la taxonomía molecular y la respectiva sinonimia entre especies de macroalgas a nivel global, ha permitido obtener datos más conservadores del endemismo en el GC, el cual se calcula actualmente en 12% (n = 79; Zertuche-González *et al.*, 2004).

El grado de endemismo resulta con frecuencia difícil de determinar por la dificultad taxonómica que muchos organismos presentan y, particularmente, por el poco conocimiento de su historia de vida. Varias especies presentan historias de vida con fases heteromórficas donde una de las fases es microscópica lo que con frecuencia hace imposible su identificación *in situ*. Por otro lado, la presencia y desarrollo de las diferentes fases puede estar fuertemente influenciada por parámetros ambientales lo que provoca que su presencia sea frecuentemente errática (Pacheco-Ruíz y Zertuche-González 2002). La morfología, fenología estacional e historia de vida de las macroalgas esta fuertemente influenciada por las condiciones ambientales (Holmes y Brodie 2004). Por lo tanto, para tener un claro entendimiento del ciclo de vida de estas especies así como sus estrategias de sobrevivencia, es necesario evaluar sus características biológicas y reproductivas en función de parámetros ambientales tales como la luz, temperatura y fotoperiodo (Conway y Cole 1977 y 1981; Notoya y Nagura 1999).

Recientemente, mediante la caracterización genética de su fase foliar, dos especies de *Porphyra* del GC han sido confirmadas como endémicas; *P. hollenbergii*, descrita anteriormente y, *Porphyra* sp. considerada como una especie nueva. Estas especies son las únicas dos de las seis reportadas para el Pacífico Mexicano, para las que su historia de vida no se conoce. El estudio que aquí se propone resulta particularmente relevante porque además de tratarse de especies endémicas, son potencialmente comerciales. Sus opciones de conservación y/o aprovechamiento deben de estar solidamente sustentadas con el conocimiento de su distribución e historia de vida.

Para este estudio, se propone complementar la descripción de la historia de vida con la caracterización fisiológica de las especies (capacidad fotosintética e incorporación de nutrientes). De esta manera, se propone proveer el conocimiento necesario para no solo explicar la presencia de las diferentes fases de *P. hollenbergii* y *P. sp.* en tiempo y espacio en el GC sino, además, para explicar esta variabilidad así como sentar las bases para su posible cultivo.

ANTECEDENTES

En las 79 especies de macroalgas que se reportan como endémicas del GC (Zertuche-González *et al.*, 2004), se encuentra las algas rojas (Rhodophyta) *Porphyra hollenbergii* Dawson y *Porphyra* sp (especie nueva recientemente reportada por López-Vivas 2003).

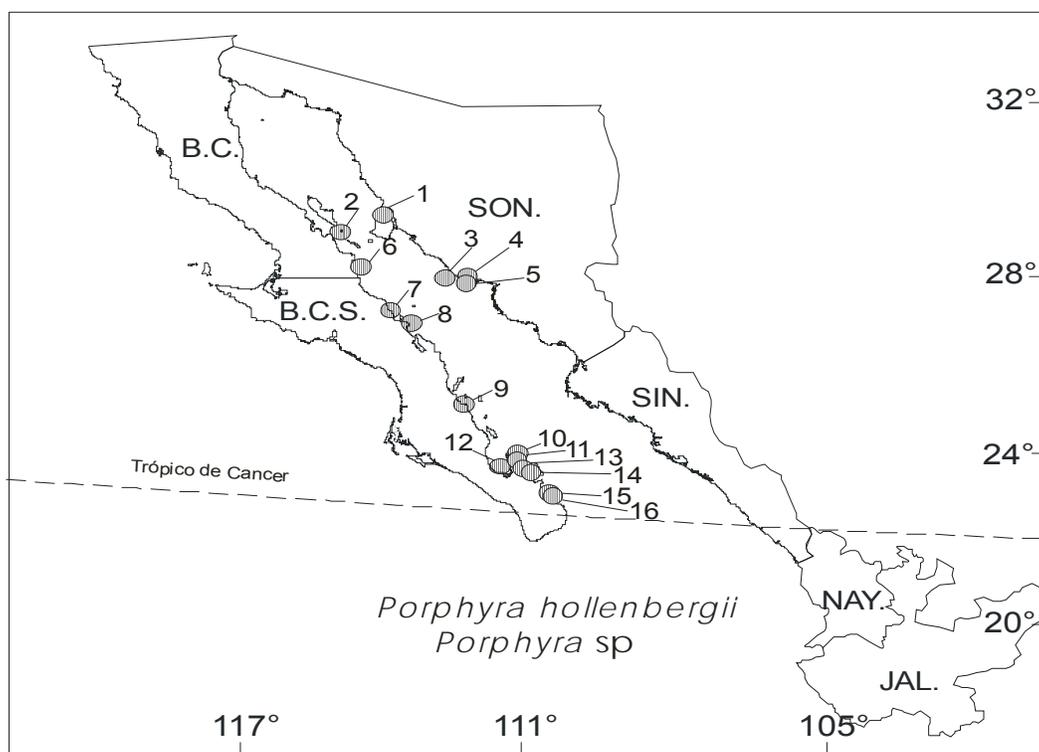


Fig. 1. Distribución de *P. hollenbergii* (1. Isla Patos, Son. 2. Isla Partida, B.C. 3. Isla San Pedro Nolascó, Son. 4. Bahía Esmeralda, Son. 5. Bahía Bocochoibampo, Son. 7. Santa Rosalía, B.C.S. 8. Punta Chivato, B.C.S. 9. Bahía Agua Verde, B.C.S. 10. Isla Espíritu Santo, B.C.S. 11. Punta Calerita, B.C.S. 12. Bahía de La Paz, B.C.S. 13. Punta Coyote, B.C.S. 14. Las Cruces, B.C.S. 15. Punta Arena, B.C.S. 16. Los Planes, B.C.S.) y *Porphyra* sp (6. Bahía Las Palomas, B.C.) en el GC.

Además de *P. hollenbergii* y *P. sp.*, cuatro especies más han sido reportadas para el Pacífico Mexicano (PM) y Golfo de California: *Porphyra gardneri* (Smith et Hollenberg), Hawkes 1977, *Porphyra perforata* J. Agardh 1883, *Porphyra thuretii* Setchell et Dawson 1944 y *Porphyra suborbiculata* Kjellman 1897. Y existen descripciones sobre sus historias de vida (Hollenberg 1958, Hawkes, 1977, 1978, 1981; Conway y Cole 1977; Freswater y Kapraun 1986; Martínez 1990; Polne-Fuller y Gibor 1990; Salgado-Rogel y Zertuche-González 2001),

Kornmann (1994), describió cinco tipos de una clasificación de las historias de vida para *Porphyra* divididas en dos grupos según el grosor de su talo. El grupo A con talos menores a 200 micras y el B, mayor de 200 micras. Las características morfológicas de *P. hollenbergii* sugiere que puede presentar una historia de vida tipo 2 (ver fig 2) similar a *P. perforata* o *P. thuretii*. De igual manera, la similitud morfológica de *Porphyra* sp con *P. gardneri* y *P. suborbiculata*, sugiere que pudiese tener una historia de vida tipo 5 o 4 (fig. 3).

Porphyra perforata J. Ag. presenta una historia de vida tipo 2 y 3 (Hollenberg 1958; Martínez 1990; Polne-Fuller y Gibor 1990; Salgado-Rogel y Zertuche-

González 2001). Son talos monoicos, con reproducción sexual, con una alternancia haploide/diploide, un talo gametofito y una fase *Conchocelis*. El carpogonio es fertilizado y desarrolla el cigotosporangio. Las cigotosporas crecen y dan origen a la fase diploide *Conchocelis* esta fase produce conchosporangios y conchosporas. Las conchosporas son liberadas y desarrollan un nueva generación de talos foliares haploides (Kornmann 1994). También puede suceder que (Tipo 3), los espermatangios y cigotosporangios están ausentes, solo hay esporangios neutros, producidos por el talo foliar a partir de una célula vegetativa sin fecundación. Las esporas neutras se desarrollan directamente generando un nuevo talo foliar (Krihnamurthy 1969; Hymes y Cole 1983; Lindstrom y Cole 1990; Kornmann y Sahling 1991).

Porphyra thuretii Setchell et Dawson presenta una historia del tipo 2 (Conway y Cole 1977; Hawkes 1981), donde hay talos monoicos, con reproducción sexual, con una alternancia haploide/diploide, con un talo gametofito y una fase *Conchocelis*. El carpogonio es fertilizado y desarrolla el cigotosporangio. Las cigotosporas crecen y dan origen a la fase diploide *Conchocelis*, esta fase produce conchosporangios y conchosporas. Las conchosporas son liberadas y desarrollan un nueva generación de talos foliares haploides (Kornmann 1994).

Respecto a la historia de vida de *Porphyra gardneri*, se reporta con un tipo 5 (Hawkes 1977; Hawkes 1978). Presenta por ello una alternancia de un gametofito foliar y una fase *Conchocelis* diploide. La fase gametofito forma cigotosporangios y espermatangios en la fase foliar, y conchosporangios y conchosporas en la fase microscópica *Conchocelis*. Combinado con una generación asexual independiente, que genera talos foliares a través de arquésporas (Kornmann 1994).

P. suborbiculata Kjellman presenta una historia del tipo 4 (Freshwater y Kapraun 1986), donde los espermatangios son vestigiales, como en el tipo 1, y la generación heteromórfica es producida por medio de agamósporas, que se desarrollan en un agamosporangio. Las agamósporas crecen y dan origen a la fase diploide *Conchocelis*, esta fase produce conchosporangios y conchosporas. Las conchosporas son liberadas y desarrollan un nueva generación de talos foliares haploides. Aquí hay formación de talos foliares a partir de arquésporas (Freshwater y Kapraun 1986; Kornmann y Saling 1991; Kornmann 1994).

Antecedentes sobre *P. hollenbergii*

P. hollenbergii, es el nombre con que se denominó al grupo de plantas que Dawson (1953) definió como *P. hollenbergii* y *P. pendula*. Estos grupos de plantas con iguales características diagnósticas hoy se conocen como *P. hollenbergii* por ser el tipo que mejor representa la variabilidad de la especie (López-Vivas 2003 y Aguilar-Rosas et al., 2004).

A la fecha se desconoce la historia de vida de *P. hollenbergii*. Sin embargo, de acuerdo a la clasificación propuesta por Kormann (1994), es posible establecer la hipótesis de que esté dentro de la categoría de talos del grupo A; talo monostromático, moderadamente grueso a grueso y dioicos, (paquetes espermatangiales y cigotosporangiales en talos separados). Su historia de vida en función de lo anterior debe girar en torno al tipo 2; reproducción sexual, con alternancia haploide/diploide, un talo gametofito masculino (n) y un talo gametofito femenino (n), haploides ambos. También deberá presentar una fase esporofita *Conchocelis* diploide ($2n$). El carpogonio es fertilizado en la planta femenina y desarrolla el cigotosporangio. Las cigotosporas al ser liberadas, crecen y dan origen a la fase diploide ($2n$) *Conchocelis*, esta fase al reproducirse debe generar dependiendo de las condiciones ambientales (fotoperíodo y temperatura), conchosporangios y monosporangios. Los primeros al liberar sus conchosporas desarrollarán una nueva generación de talos foliares haploides. Mientras que los segundos, al liberar sus monosporas deben mantener a la fase filamentosas en el medio como una estrategia de permanencia, ver Fig. 2 (Kornmann 1994).

Respecto a las características ecológicas de la fase foliar de *P. hollenbergii*, esta es epilítica del mesolitoral medio y superior y se encuentra entre + 0.5 y + 1.5 m sobre el nivel medio del mar (NMM), forma parches de $\approx 1 \text{ m}^2$, no se localiza como epífita de ninguna otra especie de macroalga. En algunas localidades crece asociada a *Gelidium* sp. ó *Ulva* sp.,. La fase foliar de *P. hollenbergii* es estrictamente anual, solo esta presente de enero a finales de mayo. En marzo se detectan sus mayores tallas (período en el que es más conspicua), y se localiza en reproducción entre febrero y abril. Presenta márgenes liso y lobulado, sujetador (órgano de fijación) discoidal y los paquetes cigotosporangios y espermatangios están distribuidos a lo largo del margen de manera continua, las plantas son dioicas (Fig. 2), con paquetes espermatangiales de 64/128 y paquetes cigotosporangios de 8 (Dawson 1953, López-Vivas 2000; López-Vivas 2003 y Aguilar-Rosas *et al.*, 2004). La fase conchocelis, sin embargo, no ha sido descrita.

P. hollenbergii se ubica en forma errática, desde Isla Patos en Sonora e Isla Partida en Baja California, como su límite norte; hasta Punta Arenas, Baja California Sur, como su límite sur (Fig.1). La especie solo se reporta en 15 sitios del GC (Dawson 1953; Krishnamurthy 1972; Norris 1975; Espinoza-Ávalos 1993; Riosmena-Rodríguez y Paul-Chávez 1997; López-Vivas 2000; Mateo-Cid *et al.*, 2000; Paul-Chávez y Riosmena-Rodríguez 2000). La hipótesis respecto a esta errática distribución de *P. hollenbergii* en el GC, se atribuye a recolectas mal planeadas tanto en tiempo como espacio, más que a la influencia de alguna de las variables ambientales a las que son más sensibles estas algas (temperatura, fotoperíodo, irradiancia y nutrientes). El fundamento para esta hipótesis se basa en que *P. hollenbergii* presenta una amplia distribución en el GC (Fig. 1) y por ende la especie esta sometida a una amplia variedad de condiciones en sus respectivos ambientes,

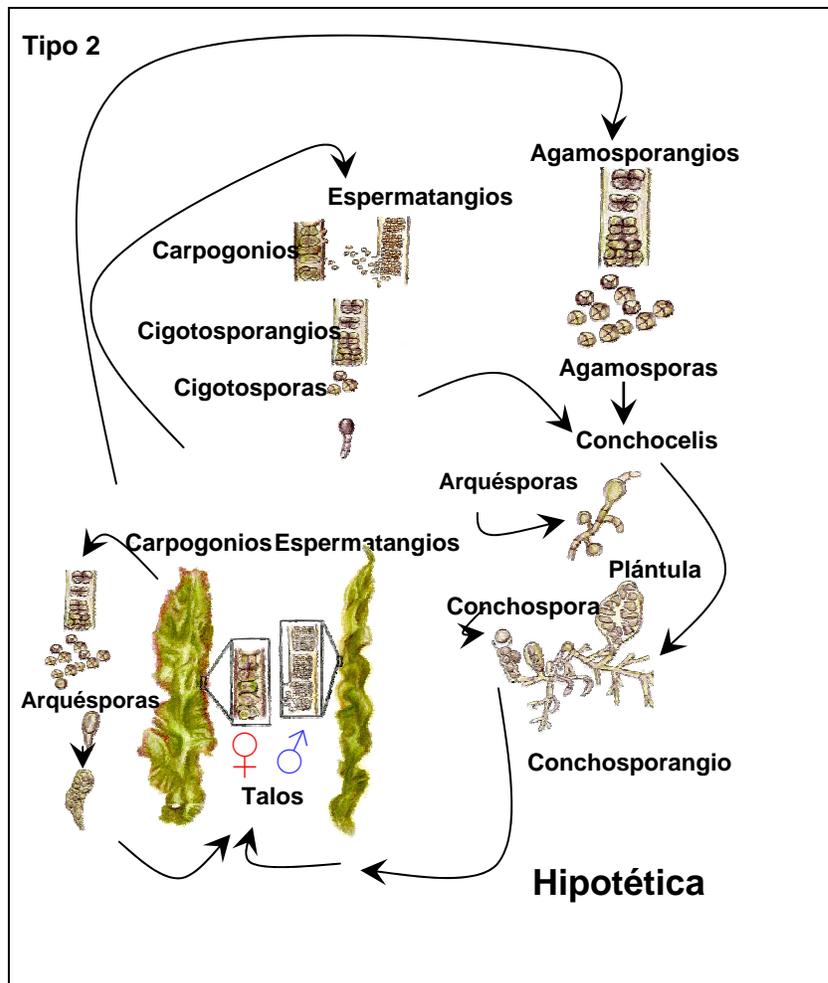


Fig. 2. Hipótesis de la historia de vida en *P. hollenbergii*.

Antecedentes sobre Porphyra sp.

Para *Porphyra* sp solo se conoce para Bahía las Palomas en el Golfo de California (Fig. 1)]. *Porphyra* sp presenta talos entre 1-8 cm de largo y de 1-5 cm de ancho, lámina de forma redonda y abovada, de colores rosa y rojo, márgenes lobulados, talos monostromáticos, de entre 18-35 μm de grueso. Células elípticas a cúbicas en sección transversal, células vegetativas de forma irregular en vista superficial, estas se fijan al sustrato por medio de un sujetador rizoidal con filamentos hialinos orientados hacia el sustrato. Con un cloroplasto en forma de estrella por célula y un pirenoide central (Fig. 3). Células tipo arqueospora (monóspora) que dan origen a un nuevo talo foliar; de entre 10-15 μm de diámetro y de forma esférica, las arqueosporas en el margen dan una apariencia dentada no puntiaguda al margen, arqueosporas en la zona apical y entre las células basales del talo, los espermatangios en paquetes de 64 y cigotosporangios desconocidos.

de temperatura, fotoperíodo, irradiancia y nutrientes, ya que el ambiente donde se desarrolla es muy extremo entre verano e invierno (Álvarez-Borrego 1983; Álvarez-Borrego *et al.*, 1978; Bray 1988; Bray y Robles 1991 y Espinoza-Ávalos 1993), debido a esto, quizás la especie utilice otras estrategias de resistencia (arquésporas, células esféricas, crecimiento vegetativo), que suelen ser comunes en especies que viven en ambientes de estrés (Druehl 1981).

Trascendencia del estudio

Entender la presencia y distribución de organismos con historias de vida heteromórfica, como muchas de las macroalgas, requiere no solo de la descripción del desarrollo de sus fases. Es necesario también, conocer las características fisiológicas de la especie para explicar las variaciones que se presentan en la naturaleza debido a cambios de las condiciones ambientales. Este tipo de estudios cobran particular relevancia cuando se trata de especies endémicas y que además tiene un potencial comercial (Pacheco-Ruíz y Zertuche-González, 1999; Zertuche *et al.* 1993).

El conocimiento de la historia de vida de *P. hollenbergii* y *Porphyra* sp, sus características biológicas y reproductivas y su variabilidad en función de la temperatura, luz y fotoperíodo, permitirán entender las estrategias de permanencia que estas especies presentan en el GC. Los estudios de laboratorio describir las características fisiológicas que hacen a la fase *Conchocelis* una fase “aparentemente de permanencia”, y a la fase foliar una transitoria.

Como ya se discutió, el GC presenta un alto endemismo (n =79; Zertuche-González *et al.*, 2004). En este sentido, a nivel mundial se reporta con frecuencia la pérdida y el deterioro de la biodiversidad de especies endémicas y del paisaje en muchos ambientes marinos (Programme Work Protected Areas 2004). Por ello, han surgido elementos que actualmente favorecen el manejo y la protección de los ecosistemas basados en nuevos conceptos de ordenamiento territorial y de política ambiental (Convenio sobre Diversidad Biológica 1992 y Zertuche-González *et al.*, 2001). En México, se han desarrollado muchas estrategias para conservar diferentes especies endémicas, como mamíferos, aves o hasta cactáceas, pero la parte de la vegetación marina no se ha desarrollado adecuadamente, por lo que es necesario comenzar a implementar estrategias de protección que puedan servir a largo plazo (NOM-059-ECOL-2001, 2002). Para ello es necesario conocer la historia de vida de la especie así como su variación en tiempo y espacio. La creación de un CEPARIO de esta especie apoyaría el mantenerla de manera permanentemente disponible tanto para repoblamiento como para mejoras genéticas en función del cultivo. Obviamente, esta estrategia que no se ha tomado en la NOM oficial ya que no existe ninguna especies de macroalgas que pudieran estar en *status* de conservación (por ser especies en riesgo), pudiera ser extrapolable a las 79

macroalgas endémicas en el GC, sobre todo tomando en cuenta que 37 de ellas solo tienen entre uno y cinco registros en el GC. Por tal motivo, el conocimiento de la dinámica biológica de *P. hollenbergii* y *P. sp.*, así como de esas 79 macroalgas es trascendental, ya que un estudio profundo de estas especies endémicas, permitirá entender cómo las poblaciones pueden responder a cualquier perturbación natural o antropogénica, -ejemplo La Escalera Náutica- (Chapman y Underwood 2000; Pro-Golfo 2004), y definir las acciones a tomar con base en el conocimiento adquirido (Underwood y Chapman 1999 a, b y 2001). Por tal motivo, este proyecto tiene como fundamento básico, establecer en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), un banco de cepas de especies endémicas del GC, que pudiera ser extrapolado a especies endémicas del Pacífico Mexicano (PM) o al mantenimiento o conservación de cepas de especies en riesgo de extinción, tomando como base un estudio global de una especie endémica.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Describir la historia de vida de *P. hollenbergii* y *Porphyra sp.*, especies endémicas del Golfo de California así como las condiciones ambientales que las determinan.

Conocer la distribución espacial de la fase foliar de *P. hollenbergii* y *Porphyra sp.* en el GC.

Generar el primer CEPARIO de macroalgas endémicas de México, iniciando con especies de *Porphyra*.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Determinar la distribución de la fase foliar *in situ* de *P. hollenbergii* y *Porphyra sp.* mediante una exhaustiva recolecta.
2. Conocer las condiciones óptimas (temperatura, irradiancia, fotoperíodo y nutrimentos) de desarrollo de la fase foliar y filamentosa así como de sus estructuras reproductivas de *P. hollenbergii* y *Porphyra sp.*
3. Obtener muestras de *P. hollenbergii* y *Porphyra sp.* para un primer cepario de especies endémicas del GC y de México.

METAS

- Establecer un marco conceptual y metodológico para la conservación y/o aprovechamiento de especies endémicas del GC mediante la descripción de sus historias de vida .
- Formar estudiantes de alto nivel en el tema de flora marina (Doctoral, Maestría y Licenciatura).
- Difundir la información del proyecto a nivel nacional e internacional para actualizar el grado de endemismo del GC.
- Publicar la información en revistas de impacto internacional.

METODOLOGÍA

Se realizarán expediciones al Golfo de California a principios de primavera y verano, con el objetivo de hacer recolectas de ejemplares de *P. hollenbergii* y *Porphyra* sp *in situ*. Este periodo corresponde a observaciones anteriores cuando las especies se han reportada presentes y en estado reproductivo.

Con el fin de establecer un cuadro ambiental donde las especies se desarrollan, se instalarán seis termógrafos digitales calibrados para tomar temperaturas cada dos horas a lo largo de dos años, dos instalados en la zona norte, dos en la zona central y dos más en la zona sur de distribución de *P. hollenbergii* y *Porphyra* sp (siempre sumergido \approx 2 o 3 m de profundidad). Cada uno de ellos se ubicará con un GPS, en 6 estaciones a lo largo del GC (Fig. 4). En seis de las zonas donde se localice *P. hollenbergii*, se instalará un irradiómetro, el cual se calibrará para que tome irradiancias superficiales cada hora. De esta señal también se calculará el fotoperíodo, la serie de tiempo se obtendrá por dos años. Se instalarán en las localidades extremas de la distribución de *P. hollenbergii* estaciones metereológicas NRG-NOW para monitoreo de velocidad del viento, dirección, temperatura y humedad ambiental. Los equipos instalados en campo serán monitoreados cada año. Los resultados de todas estas variables monitoreadas, permitirán correlacionarlos en forma global con la presencia o ausencia de las fases foliar o filamentosa y/o de las estrategias reproductivas que presenten las plantas *in situ* esto para conocer más a fondo su fenología (posibles localidades donde se instalarán termógrafos, radiómetros y antenas (NRG-NOW Fig. 4). Las observaciones de campo tendrán una duración de dos años con el fin de tener al menos una variación interanual. Los muestreos se harán a lo largo de la costa de Baja California, Sonora y Sinaloa, e Islas dentro del Golfo de California. Para determinar la existencia de *P. hollenbergii* y *Porphyra* sp en el área y conocer sus límites de distribución. Adicionalmente se realizarán colectas para cultivo en laboratorio.

El material recolectado se limpiará con un pincel, se cortará la zona del talo donde se encuentran las estructuras reproductoras (cigotosporangios principalmente). Otras plantas se colocarán después de la limpieza en sílica-gel para análisis moleculares posteriores y observación de cromosomas. Otras se herborizarán sobre cartulinas y posteriormente se depositarán en custodia del herbario internacional de la Universidad Autónoma de Baja California Sur

(FBCS). Todo el material de cada salida, se trasladará al laboratorio en hieleras, para que el tejido no sufra descomposición. El tejido con cigotosporas de la fase foliar será lavado e inducido a la liberación de cigotosporas siguiendo la metodología de Pacheco-Ruiz y Zertuche-González (1999). En un incubador (VWR Scientific Modelo 2015), a una temperatura de 15°C, con un fotoperíodo de 16:8 luz:oscuridad (L:O), a una irradiancia de 25 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para ambas especies.

Con el propósito de conocer las condiciones ideales para el crecimiento y desarrollo de las diferentes fase de ambas especies, porciones de talos foliares y filamentos y de *P. hollenbergii* y *Porphyra* sp. se expondrán a un experimento factorial 4x4x3x4 a las siguientes condiciones: temperaturas (15, 20, 25 y 30 °C), irradiancias (10, 30, 60, y 80 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$), tres fotoperíodos (8:16, 12:12 y 16:8; Luz:**Oscuridad**) y 4 concentraciones de nitrógeno (5, 15, .30 y 40 $\mu\text{M NaNO}_3$). Esto se realizará en una mesa de gradientes como la descrita por Lee y Brinkhuis (1988) por periodos de tres semanas. También se realizarán experimentos más finos en incubadores (VWR modelo 2015), previamente calibrados los cuales pueden manejar una temperatura, un fotoperíodo y todas las irradiancias. Para esto se contará con cuatro incubadores y un cuarto frío. Posteriormente estos incubadores se utilizarán para mantener el banco de cepas.

La tasa de crecimiento específico (μ) de la fase foliar se calculará en peso húmedo semanalmente (De Boer *et al.*, 1978). El desarrollo y crecimiento de la fase filamentosa se evaluará siguiendo la metodología de Pereira *et al.* (2004) a partir del área de los filamentos.

La fotosíntesis en *P. hollenbergii* se medirá mediante la evolución de oxígeno con un electrodo tipo Clark (Rank Brothers, Inglaterra) montado en una cámara de 5 mL ajustada a una temperatura constante y controlada por un termocirculador (Cabello-Pasini y Aberte 1997). Las mediciones se llevarán a cabo a 15, 20, 25, y 30 °C, y en cada temperatura se variará la irradiancia de 0 a 1020 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ utilizando filtros neutros que se colocarán entre el tejido y la fuente de luz (lámpara de halógeno 150 watts UL/3G45). La irradiancia se calibrará con un irradiómetro QSL-2200 4T. Los parámetros fotosintéticos P_{max} (fotosíntesis máxima), [Alfa (α) (capacidad fotosintética)] y Respiración se determinarán ajustando los datos a la ecuación exponencial descrita por Webb *et al.* (1974). Se calculará el coeficiente de subsaturación (I_k), que es la medida de la cantidad de luz necesaria para saturar la fotosíntesis y proviene de la razón de P_{max}/α .

Se estimará la asimilación de nitratos mediante la desaparición de nitrato (NO_3) en el medio. El experimento se realizará a temperaturas de 10, 15, 20, 25, 30 y 35°C. La temperatura se regulará con un termocirculador (Fisher Scientific modelo 1067). Se utilizaran cinco cámaras de incubación ($n = 5$) colocadas sobre planchas de agitación expuestas a una irradiancia cercana al I_k

determinado anteriormente. La irradiancia se evaluará con un irradiómetro QSL-2200 4π. La concentración de nitrato se determinará usando la técnica de reducción del cadmio (Jones 1984). Las lecturas de absorbancia se realizarán con un espectrofotómetro a 543 nm. La tasa de asimilación se calculará empleando la pendiente de la curva de desaparición de nitrato mediante una regresión lineal de mínimos cuadrados (D'Elia y DeBoer 1978), los resultados se normalizarán con respecto al promedio del tejido húmedo utilizado (~0.5 g). Se determinará la velocidad máxima (V_{max}) y la constante de saturación media (K_s) a partir de las gráficas tipo Woolf (Harrison 1988).

Tejido de *P. hollenbergii* se colocará en cámaras de incubación con 40 mL de agua de mar y 20 μ M de nitrato a la temperatura deseada y máxima irradiancia. Se tomarán alícuotas de 1 mL cada minuto a partir del tiempo cero hasta los 10 minutos. La concentración de nitrato en la muestra se determinará usando la técnica de reducción del cadmio (Jones 1984). Las lecturas de absorbancia se realizarán con un espectrofotómetro a 543 nm. La tasa de asimilación se calculará empleando la pendiente de la curva de desaparición de nitrato mediante una regresión lineal de mínimos cuadrados (D'Elia y DeBoer 1978), los resultados se normalizarán con respecto al promedio del tejido húmedo utilizado (~0.5 g).

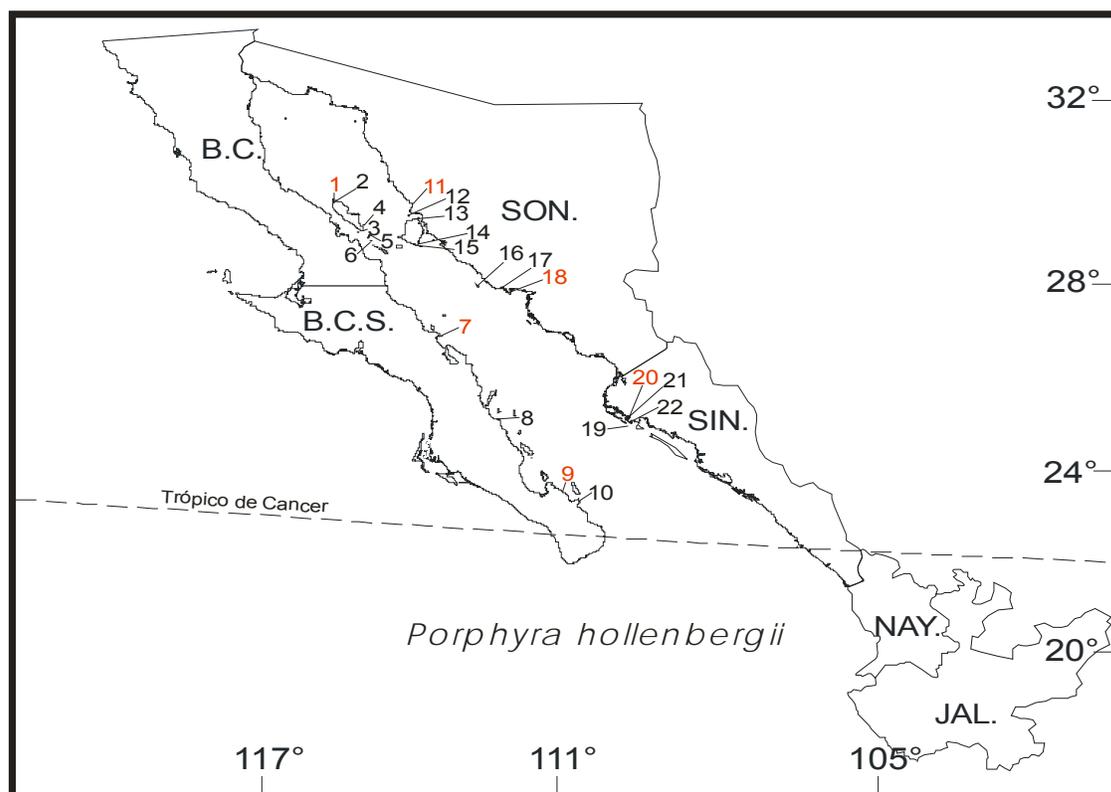


Fig.4. Estaciones de muestreo en el Golfo de California BAJA CALIFORNIA: 1 Isla Mejía, 2 Isla Ángel de la Guarda al norte, 3 Isla Ángel de la Guarda al sur, 4 Isla Estanque, 5 Isla Partida, 6 Isla Raza. BAJA CALIFORNIA SUR: 7 Punta Chivato, 8 Bahía Agua Verde, 9 Las Cruces, 10 Punta Arena,. SONORA: 11 El

Desemboque, 12 Isla Patos, 13 Isla Tiburón Norte, 14 Isla Tiburón Sur, 15 Punta Monumento, 16 Isla San Pedro Nolascó, 17 Bahía Esmeralda, 18 Bahía Bocochoibampo. SINALOA: 19 Isla Farallón, 20 Topolobampo, 21 San Ignacio, 22 Las Glorias. **En rojo donde se colocarán termógrafos e irradiómetros y estaciones metereológicas .**

Se aplicarán análisis estadísticos multifactoriales con el fin de detectar que variables son las que afectan significativamente el crecimiento, generación de estructuras reproductivas y liberación de estas así como supervivencia de las mismas (Zar 1999). A los datos que cumplan con la prueba de normalidad y homocedasticidad, se les aplicará un ANDEVA de una vía para ver diferencias entre tratamientos y posteriormente se les aplicara una prueba *a posteriori* de Tukey para determinar en donde fueron diferentes si los tratamientos que fueron diferentes (Zar 1999). Se empleará el paquete estadístico, SigmaStat Vers. 3.1. Los datos que no cumplan con la prueba de normalidad y homocedasticidad, se trataran con un ANDEVA de una vía no paramétrico de Kruskall-Wallis. Para determinar las diferencias entre tratamientos, se empleará una prueba a posteriori no paramétrica de Tukey para determinar las diferencias entre tratamientos (Zar 1999). Todos los tratamientos se realizaran al 95% de confianza.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott I.A. y Hollenberg G.J. 1976. Marine algae of California. Stanford University Press. E.U.A. 827 pp.
- Aguilar-Rosas L.E. y Aguilar-Rosas R., Sánchez-Rodríguez I., Broom J.E. y Nelson W.A. 2004. *Porphyra pendula* Dawson (Bangiaceae, Rhodophyta) in the Pacific coast of Mexico: Endemic species from the Gulf of California. *J. Phycol.*
- Aguilar-Rosas L. E., Aguilar-Rosas R., Pacheco-Ruíz I., Bórquez-Garcés E., Aguilar-Rosas M.A. y Urbietta-González E. 1982. Algas de importancia económica de la región Noroccidental de Baja California, México. *Ciencias Marinas* 8(1): 49-63.
- Álvarez-Borrego, S., 1983. Gulf of California. *In*: B. H. Ketchum (Editors), *Estuaries and Enclosed Seas*. Elsevier Sci. Publ. Co. Amsterdam, 427-429.
- Álvarez-Borrego, S., J. A. Rivera, G. Gaxiola-Castro, M. J. Acosta-Ruíz and R. A. Schwartlose. 1978. Nutrientes en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 5, 53-71.
- Bold H.C. y Wynne M.J. 1978. Introduction to the algae. Structure and reproduction. Prentice-Hall, Inc. U.S.A. 706 pp.
- Bray, N.A. 1988. Thermohaline circulation in the Gula of California. *J. Geophys. Res.* 93:4993-5020.
- Bray, N. A. and J. M. Robles. 1991. Physical Oceanography of the Gulf of California. *In*: J.P. Dauphin and B.R.T. Simoneit (Editors.), *The Gulf and*

- Peninsular Province of the California. Am. Assoc. Petrol. Geol. Tulsa, Okla., 834 pp.
- Broom J. E., Nelson W.A., Yarish C., Jones W.A., Aguilar-Rosas R. y Aguilar-Rosas L.E. 2002. A reassessment of the taxonomic status of *Porphyra suborbiculata*, *Porphyra carolinensis* and *Porphyra lilliputiana* (Bangiales, Rhodophyta). *Eur. J. Phycol.* 37: 227-235.
- Cabello Pasini, A., R. Alberte. 1996. Seasonal patterns of photosynthesis and light independent carbon fixation in marine macrophytes. *J. Phycol.* 33: 321-329.
- Chapman, M.G. & A.J. Underwood (2000). The need for a practical scientific protocol to measure successful restoration. *Wetlands (Australia)*, Vol. 19, pp. 28-49.
- Cole K. 1990. Chromosomes. Chapter 4. In: Cole K.M. y Sheath R.G. (eds.). *Biology of the red algae*. Cambridge University Press. U.S.A. 73-101.
- Conabio. 2002. NORMA Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001). <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/doctos/NOM-059-ECOL-2001.pdf>.
- Convenio sobre Diversidad Biológica. 1992. *Terramérica Medio Ambiente y Desarrollo*. <http://www.tierramerica.net/2002/0407/conectate.shtml>.
- Conway E. y Cole K. 1977. Studies in the Bangiaceae: structure and reproduction of the *Conchocelis* of *Porphyra* and *Bangia* in culture (Bangiales, Rhodophyta). *Phycologia* 16(2): 205-216.
- Conway E. y Cole K. 1981. Some cytological considerations of life-histories in the genus *Porphyra*. *Proc. Intl. Seaweed Symp.* 8: 83-86.
- Dawson E.Y. 1944. The marine algae of the Gulf of California. Allan Hancock Pacific Expedition. University of Southern California. U.S.A. V (3) 10. 452 pp.
- Dawson E.Y. 1953. Marine red algae of Pacific Mexico. Part I Bangiales to Corallinaceae Subf. Corallinaideae. University of Southern California. U.S.A. 258 pp.
- Dawson 1960. A review of the ecology, distribution and affinities of the benthic flora. In: *The biogeography of Baja California and Adjacent Seas*. Part II. Marine Biotas. *Sust. Zool.* 9:93-100.
- DeBoer J.A., Guigli, H.J., Israel, T.L. and D'Elia, C.F. (1978). Nutritional studies of two red algae. Growth rate as function of nitrogen source and concentration. *J. Phycol.*, 14: 261-266.
- Drew K.M. 1954. Studies in the Bangioideae. III. The life-history of *Porphyra umbilicalis* (L.) Kütz. Var. *lacinata* (Lightf.) *J. Ag. Ann. Bot. N.S.* 18:183-211.
- Druehl L.D. 1981. Geographical Distribution. In C.S. Lobban and M.J. Wynne, eds. *The Biology of Seaweeds*. Botanical Monographs, Vol. 17. Blackwell Scientific Publications, Boston, 306-325.

- Espinoza-Ávalos J. 1993. Macroalgas del Golfo de California. En: Salazar-Vallejo S.I. y González N.E. (eds.). Biodiversidad marina y costera de México. CONABIO y CIQRO, Chetumal. México. 328-357 pp.
- Freshwater D.W. y Kapraun D.F. 1986. Field , culture and cytological studies of *Porphyra Carolinensis* Coll et Cox (Bangiales, Rhodophyta) from North Carolina. *Jpn. J. Phycol.* 34: 251-262.
- Harrison P.J. 1988. Determining phosphate uptake rates of phytoplankton. In: C.S. Lobban, D.J. Chapman and B.P. Kremer (eds.), *Experimental Phycology. A Laboratory Manual*. Cambridge University Press, pp: 186-195
- Hawkes M.W. 1977. A field, cultura and cytological study of *Porphyra gardneri* (Smith & Hollenberg) comb. nov., (= *Porphyrella gardneri* Smith & Hollenberg), (Bangiales, Rhodophyta). *Phycologia* 16(4): 457-469.
- Hawkes M. W. 1978. Sexual reproduction in *Porphyra gardneri* (Smith et Hollenberg) Hawkes (Bangiales, Rhodophyta). *Phycologia* 17: 329 –353.
- Hawkes M.W. 1981. *Porphyra nereocystis* and *Porphyra thuretii* (Rhodophyta): Gametophyte morphology, distribution, and occurrence. *SYESIS* 14:97-108.
- Hollenberg G.J. 1943. New marine algae from Southern california. II Amer. J. Bot. 30 8:571-579.
- Hollenberg G.J. 1958. Culture studies of marine algae. III. *Porphyra perforata*. *Am. J. Bot.* 45: 653-656.
- Hymes B.J. y Cole K.M. 1983. Aplanospore production in *Porphyra maculosa* (Rhodophyta). *Jpn. J. Phycol.* 31:225-228.
- Jones M.N. (1984). Nitrate reduction by shaking with cadmium alternative to cadmium columns. *Water. Res.*, 18: 643-646.
- Kornmann P. 1994. Life histories of monostromatic *Porphyra* species as a basis for taxonomy and classification. *Eur. J. Phycol.* 29: 69-71.
- Kornmann P. y Sahling P.-H. 1991. The *Porphyra* species of Helgoland. *Helgolander wiss. Meeresunters* 45: 1-38.
- Krishnamurthy V. 1972. A revision of the species of algal genus *Porphyra* occurring on the Pacific Coast of North America. *Pacific Science* 26: 24-49.
- Lee J.A. y Brinkhuis B.H. 1988. Seasonal lighth and temperature interaction effects on development of *Laminaria saccharina* (Phaeophyta) gametophytes and juvenile sporophytes. *J. Phycol.* 24, 132-140.
- Lindstrom S.C. y Cole K.M. 1990. An evaluation of species relationships in the *Porphyra perforata* complex (Bangiales, Rhodophyta) using starch gel electrophoresis. *Proc. Int. Seaweed Symp.* 13: 179-183.
- López-Vivas J.M. 2000. Fenología de *Porphyra pendula* (Bangiales; Rhodophyta), en Punta Coyote Baja California, México. Tesis de Licenciatura. UABCS. México. 45 pp.
- López-Vivas J.M. 2003. Biogeografía y taxonomía de *Porphyra* (Rhodophyta), en el Pacífico Noroccidental Mexicano. Tesis de Maestría. UABC. México.

- López-Vivas J.M., Riosmena-Rodríguez R., Pacheco-Ruiz I. Bray T., Neefus C., Yarish C. Y Muñiz-Salasar R. (a) En Prensa.
- López-Vivas J.M., Pacheco-Ruiz I. Riosmena-Rodríguez R., Zertuche-González J.A. y Yarish C. (b) En prensa. Biogeography Of *Porphyra* Species (Bangiales: Rhodophyta) From Northwestern Mexico.
- Martínez E. 1990. The Conchocelis-phase of *Porphyra* (Rhodophyta) in the intertidal of San Juan Island, Washington, USA. *Phycologia* 29(4): 391-395
- Mateo-Cid L.E, Mendoza-González A.C, Galicia-García C. y Huerta-Múzquiz, L. 2000. Contribución al estudio de las algas marinas bentónicas de Punta Arena y Cabo Pulmo, Baja California Sur, México. *Acta Bot. Mex.* 52: 55-73.
- Norris J.N. 1975. Marine algae of the Northern Gulf of California. Tesis Doctoral. Universidad de California eThe n Santa Barbara. U.S.A. 256 pp.
- Notoya M. y Nagaura K. 1999. Studies on the growth, in culture, of two forms of *Porphyra lacerata* from Japan. *Hydrobiologia* 398/399: 299-303
- Pacheco-Ruiz I. y Zertuche-González J.A. 1999. Population structure and reproduction of the carrageenophyte *Chondracanthus pectinatus* in the Gulf of California. *Hydrobiologia* 398/399: 159-165.
- Pacheco-Ruiz I. y Zertuche-González J.A. 2002. Red algae (Rhodophyta) from Bahía de los Angeles, Gulf of California, México. *Botanica Marina* 45: 465-470.
- Paul-Chávez L y Riosmena-Rodríguez R. 2000. Floristic and biogeographical trends in seaweed assemblages from a subtropical insular Island Complex in the Gulf of California. *Pacific Science* 54 (2): 137-147.
- Pereira, R., Sousa-Pinto I. y Yarish, C. 2004. Field and culture studies of the life history of *Porphyra dioica* (Bangiales, Rhodophyta) from Portugal. *Phycologia* 43(6): 756-767.
- Polne-Fuller M. y Gibor A. 1984. Developmental studies in *Porphyra*. I. Blade differentiation in *Porphyra perforata* as expressed by morphology, enzymatic digestion, and protoplast regeneration. *J. Phycol.* 20: 609-616.
- Programme of Work on Protected Areas, 2004. Action Guide to the COP-7. <http://www.biodiv.org/default.shtml>.
- Provasoli L. 1968. Media and prospects for the cultivation of marine algae. In Watanabe A. and Hattori A. (eds.). Cultures and Collections of Algae. Proc. U.S. – Japan Conf. Hakone, September 1966. *Jap. Soc. Plant Physiol.* 63-75 pp.
- Riosmena-Rodríguez R. y Paul-Chávez L. 1997. Sistemática y biogeografía de las macroalgas de la Bahía de La Paz. En: Urbán R.J. y Ramírez M.R. (eds), La Bahía de La Paz. Investigación y Conservación. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. 59-82.
- Salgado-Rogel M.L. y Zertuche-González J.A. 2001. Development of the Conchocelis stage of *Porphyra perforata* from the temperate Mexican Pacific. *J. Phycol.* 37 (3): 43-44.

- Underwood, A.J. & M.G. Chapman. 1999a. Problems and practical solutions for quantitative assessment of biodiversity of invertebrates in coastal habitats. In: The other 99%. The conservation and biodiversity of invertebrates, edited by W. Ponder & D. Lunney, Royal Zoological Society of New South Wales, Mosman, pp. 19-25.
- Underwood, A.J. & M.G. Chapman. 1999b. The role of ecology in coastal zone management: perspectives from south-east Australia. In: Perspectives on integrated coastal zone management, edited by W. Salomons, R.K. Turner, L.D. de Lacerda & S. Ramachandran, Springer, Berlin, pp. 99-128.
- Underwood, A.J. & M.G. Chapman (2001). Intertidal ecosystems . In: The encyclopedia of biodiversity, Volume 3, edited by S.A. Levin, Academic Press , San Diego, pp. 485-500.
- Wittmann W. 1965. Aceto-iron-haematoxylin-chloral hydrate for chromosome staining. *Stain Tech.* 40: 160-164.
- Zar, J.H., 1999. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, New Jersey, 718 pp.
- Zertuche-González, J.A., I. Pacheco-Ruíz and I. Soria-Mercado. 1993. Carrageenan yield and properties of *Eucheuma uncinatum* (Setch. & Gard.) Daw. Cultured under natural conditions. *Hydrobiologia.* 260/261: 601-605
- Zertuche-González, J.A., L. Galindo-Bect, I. Pacheco-Ruíz and A. Galvez. **(2006)**. Time-space characterization of commercial species from the Gulf of California with the uses of a geographycal information system (**J. applied phycology, en prensa**).
- Zertuche-González, J. A., **I. Pacheco-Ruíz** y L. A. Galindo-Bect. **2001**. Biota marina. *In*: Taller para el establecimiento de prioridades de conservación de la biodiversidad del Golfo de California. Mazatlán Sinaloa, 14-18 de mayo de 2001. WWF, Conservation International & Fondo Mexicano para la conservación de la Naturaleza, A.C. [CD-ROM].