

## **Diversidad de especies de *Porphyra* y *Pyropia* (Bangiaceae, Rhodophyta) de Marcona (Ica, Perú) bajo la evidencia molecular**

### **Species diversity in *Porphyra* and *Pyropia* (Bangiaceae, Rhodophyta) from Marcona (Ica, Peru) according to molecular evidence**

***Diego Márquez Corigliano***

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina S/N, Lima,  
PERÚ Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de la Santísima Concepción.  
Alonso de Ribera 2850, Concepción, CHILE  
dimarquezcori@gmail.com

***Natalia Arakaki***

Banco de Germoplasma de Organismos Acuáticos, Instituto del Mar del Perú. Esquina Gamarra y General  
Valle s/n, Callao, PERÚ

narakaki@imarpe.gob.pe

Autor para correspondencia: narakaki@imarpe.gob.pe

***Patricia Gil Kodaka***

Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina S/N, Lima, PERÚ  
pgilkodaka@lamolina.edu.pe

***Florence Tellier***

Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de la Santísima Concepción.  
Alonso de Ribera 2850, Concepción, CHILE

ftellier@gmail.com

## Resumen

La sistemática de Bangiales foliosas ha tenido cambios significativos a nivel global, debido a la inclusión de nuevos géneros, como *Pyropia*, y la incorporación de la evidencia molecular. En Chile, la aplicación de herramientas moleculares ha evidenciado una alta diversidad de especies de los géneros *Porphyra* y *Pyropia*, con delimitaciones de especies que no corresponden a las especies definidas con base en caracteres morfológicos. En el Perú, los registros históricos reconocen cinco especies de *Porphyra*; sin embargo, su estatus taxonómico aún no ha sido contrastado profundamente con la evidencia molecular. Por ello, este trabajo tuvo como objetivo explorar la diversidad local de las especies de los géneros *Porphyra* y *Pyropia* en Marcona, Perú, caracterizando 11 especímenes con los marcadores mitocondrial COI y cloroplastidial *rbcL*. El análisis filogenético identificó una especie de *Porphyra* (*Porphyra* sp. CHF) y tres especies de *Pyropia* (*Pyropia orbicularis*, *Py. suborbiculata* y *Pyropia* sp. CHI). No hubo coincidencia con los registros históricos de *Porphyra*. Tres de las cuatro especies encontradas tienen un rango de distribución que comprende Chile y Perú. Este trabajo es un primer avance hacia una caracterización de la diversidad específica del recurso algal conocido en Perú como “cochayuyo”.

**Palabras clave:** COI, filogenia, identificación de especies, *rbcL*.

## Abstract

The systematic of bladed Bangiales is suffering significant changes at a global level, due to the inclusion of new genera, such as *Pyropia*, and the incorporation of molecular evidence. In Chile, the application of molecular tools has shown a high diversity of species in genera *Porphyra* and *Pyropia*, with species delimitations that do not correspond to species defined on the basis of morphological characters. In Peru, historical records recognized five species of *Porphyra*, however, their taxonomic status has not yet been deeply contrasted with molecular evidence. Therefore, this work aimed to explore the local diversity of species of *Porphyra* and *Pyropia* in Marcona, Peru, characterizing 11 specimens with the mitochondrial and chloroplast markers COI and *rbcL* respectively. The phylogenetic analysis identified one species of *Porphyra* (*Porphyra* sp. CHF) and three *Pyropia* species (*Pyropia orbicularis*, *Py. suborbiculata* and *Pyropia* sp. CHI). There were no coincidences with the historical records of *Porphyra*. Three of the four species found have a distribution range encompassing Chile and Peru. This work is a first step towards a characterization of the specific diversity of the algal resource known as “cochayuyo” in Peru.

**Keywords:** COI, phylogeny, species identification, *rbcL*.

**Citación:** Márquez, D.; N. Arakaki; P. Gil & F. Tellier. 2019. Diversidad de especies de *Porphyra* y *Pyropia* (Bangiaceae, Rhodophyta) de Marcona (Ica, Perú) bajo la evidencia molecular. *Arnaldoa* 26 (2): 623-642 <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26207>

## Introducción

A través de los análisis moleculares se han establecido nuevos géneros de algas rojas filamentosas y foliosas de la familia Bangiaceae, siendo muchos de ellos monotípicos (Sutherland *et al.*, 2011; Sánchez *et al.*, 2014). De los ocho géneros foliosos reconocidos, *Pyropia* es el género con mayor diversidad dentro de la familia, con 74 especies, mientras que *Porphyra* es el

segundo género con mayor diversidad, con 58 especies aceptadas taxonómicamente (Guiry & Guiry, 2019).

*Porphyra* y *Pyropia* han sido registrados en todos los océanos del mundo y han sido incluidos en estudios taxonómicos moleculares y de discriminación de especies de las Bangiales foliosas, tanto a nivel global como regional (ej. Brodie *et al.*, 2008; Mols-Mortensen *et al.*, 2014).

Dichos estudios indican que la simplicidad morfológica que presentan las especies de estos géneros dificulta su identificación.

En Chile, el género *Pyropia* fue abordado por primera vez con herramientas moleculares por Ramírez et al. (2014), con la descripción de *Pyropia orbicularis* M. E. Ramírez, L. Contreras Porcia y M.-L. Guillemín, en base al marcador cloroplastidial *rbcL* (ribulosa 1.5-bifosfato carboxilasa/oxidasa subunidad mayor). Posteriormente, en la costa chilena, Guillemín et al. (2016) estimaron una alta diversidad de especies foliosas de Bangiales en base a *rbcL* y al marcador mitocondrial COI (citocromo oxidasa I), con la delimitación de ocho especies de *Porphyra* (*Porphyra munfordii*, *Porphyra* sp. CHB, *Porphyra* sp. CHC, *Porphyra* sp. CHD, *Porphyra* sp. CHE, *Porphyra* sp. CHF, *Porphyra* sp. FIG y *Porphyra* sp. FII) y ocho especies de *Pyropia* (*Pyropia* sp. CHG, *Pyropia* sp. CHH, *Pyropia* sp. CHI, *Pyropia* sp. CHJ, *Pyropia* sp. CHK, *Pyropia* sp. FIA y *Pyropia* sp. FID). Ninguna de las especies de *Porphyra* catalogadas por Ramírez & Santelices (1991) para Chile coincidió con una de las especies determinadas molecularmente, denotando el problema de distinguir las especies en base a morfología y el mal uso de los nombres asignados a especímenes en diferentes partes del mundo (Guillemín et al., 2016). Por el contrario, en el Perú todavía no se ha realizado un estudio profundo de la sistemática molecular de *Porphyra* y *Pyropia*. Solo Calderón (2017), al realizar un análisis filogenético de las secuencias *rbcL* de cinco especímenes foliosos pertenecientes a Bangiaceae, sugirió la presencia de *P. munfordii* en la costa norte (Salaverry, La Libertad) y dos especies no identificadas de *Pyropia*, una en la costa norte (Salaverry, La Libertad)

y otra en la costa central (Ancón y Callao, Lima). Lamentablemente, estas secuencias no se encuentran depositadas en GenBank.

Las cinco especies de *Porphyra* registradas para la costa peruana en base a morfología son: *P. columbina* Montagne, *P. umbilicalis* (Linnaeus) Kützinger, *P. pseudolanceolata* Krishnamurthy, *P. tenera* Kjellmae y *P. thuretii* Dawson (Ramírez & Santelices, 1991). Aún mantienen su estatus genérico a pesar que los análisis filogenéticos realizados con el material tipo (procedente de otras regiones del mundo) indican que estas especies corresponden al género *Pyropia*, excepto *P. umbilicalis* que pertenecería al género *Porphyra* (Sutherland et al., 2011).

Para poder contrastar esta información y poder estimar la verdadera diversidad de estas algas en la costa peruana es necesario realizar análisis moleculares y morfológicos detallados.

El presente trabajo reporta una primera aproximación a la diversidad de *Pyropia/Porphyra* en el sur del Perú, en el distrito de Marcona, utilizando el marcador mitocondrial COI y el marcador cloroplastidial *rbcL*. Dentro de estos géneros se comercializan especies para consumo humano directo con el nombre de "cochayuyo", tanto en Marcona como en todo el sur del Perú. Según Acleto (1986), las especies de mayor consumo son las que se conocen hasta ahora como *P. columbina* y *P. pseudolanceolata*.

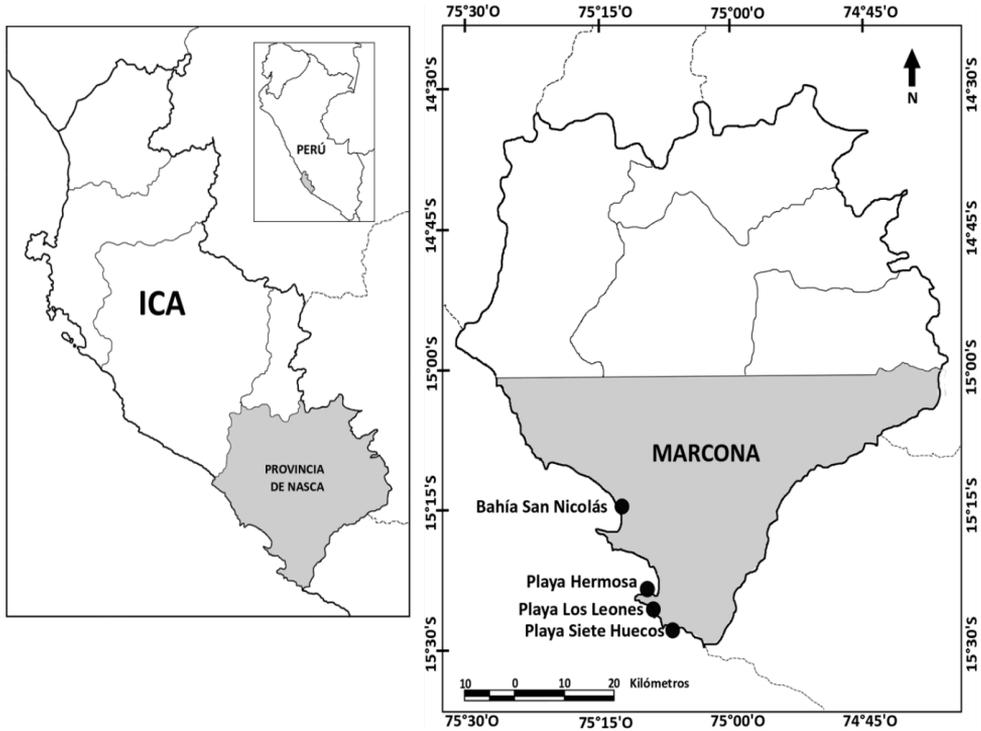
## Materiales y métodos

### Colecta y preservación de muestras

El muestreo fue realizado durante los años 2016 y 2017, en cuatro localidades del distrito de Marcona (Ica, Perú): Bahía San Nicolás, Playa Siete Huecos, Playa Hermosa y Playa Los Leones (Fig. 1,

Tabla 1). El distrito de Marcona presenta 110 km de línea costera, de los cuales 44 están protegidos por ley, correspondiendo la parte norte del distrito a la Reserva Nacional San Fernando y la parte sur, en la Punta San Juan, a la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas

Guaneras. La costa de este distrito está formada por grandes extensiones de acantilados y arrecifes que albergan una rica biodiversidad de recursos pesqueros; sus playas ofrecen ensenadas y diversidad de hábitats (IMARPE, 2010)



**Fig. 1.** Mapa de la región Ica mostrando la provincia de Nasca en el extremo sur (izquierda) y mapa de la provincia de Nasca (derecha), resaltando el distrito de Marcona con las localidades de colecta de especímenes foliosos de la familia Bangiaceae.

**Tabla 1.** Información de colecta de los especímenes foliosos de la familia Bangiaceae en el distrito de Marcona.

| Código de Colecta | Datos de Colección (fecha, localidad, colectores)                | Coordenadas             |
|-------------------|--|-------------------------|
| BSN-247           | 29/04/2016 Playa Bahía San Nicolás. M. Perez-Alania y N. Arakaki | 15°40.33'S / 75°19.51'O |
| LL-167            | 27/04/2016 Playa Los Leones. M. Perez-Alania y N. Arakaki        | 15°55.33'S / 75°19.52'O |
| SH-775            | 21/10/2016 Playa Siete Huecos. M. Perez-Alania y N. Arakaki      | 15°23.11'S / 75°09.54'O |
| Psp-ph-1          | 3/09/2017 Playa Hermosa. D. Márquez-Corigliano y G. Vega-Abad    | 15°23.42'S / 75°10.30'O |
| Psp-ph-2          | 3/09/2017 Playa Hermosa. D. Márquez-Corigliano y G. Vega-Abad    | 15°23.42'S / 75°10.30'O |
| Psp-ph-4          | 3/09/2017 Playa Hermosa. D. Márquez-Corigliano y G. Vega-Abad    | 15°23.42'S / 75°10.30'O |
| Psp-lle-1         | 4/09/2017 Playa Los Leones. D. Márquez-Corigliano                | 15°55.33'S / 75°19.52'O |
| Psp-lle-2         | 4/09/2017 Playa Los Leones. D. Márquez-Corigliano                | 15°55.33'S / 75°19.52'O |
| Psp-lle-3         | 4/09/2017 Playa Los Leones. D. Márquez-Corigliano                | 15°55.33'S / 75°19.52'O |
| Psp-lle-4         | 4/09/2017 Playa Los Leones. D. Márquez-Corigliano                | 15°55.33'S / 75°19.52'O |
| Psp-lle-5         | 4/09/2017 Playa Los Leones. D. Márquez-Corigliano                | 15°55.33'S / 75°19.52'O |

En cada localidad, se colectaron en el intermareal rocoso los especímenes identificados inicialmente como del género *Porphyra*, en base a su morfología. Se trató de obtener muestras de las distintas morfologías encontradas. Luego de extraer los talos completos desde el disco de fijación, los especímenes colectados fueron trasladados al laboratorio para ser limpiados con agua de mar, separados en base a su morfología y prensados en hojas de herbario. Todos los especímenes seleccionados fueron codificados y fotografiados con una cámara digital o escaneados, antes y después de su herborización. Para el análisis morfológico externo de los especímenes colectados se consideró la forma y las dimensiones del

talo, la textura y el color. Una pequeña porción de cada talo fue almacenada en bolsas herméticas con gel de sílica para los análisis moleculares. Los vouchers fueron depositados en la Colección Científica del Instituto del Mar del Perú - IMARPE.

#### Análisis molecular

El ADN genómico total de las muestras almacenadas fue extraído con el kit GF-1 Nucleic Acid Extraction (Vivantis Technologies Sdn., Selangor, Malasia). Las secuencias parciales para el marcador mitocondrial citocromo c oxidasa subunidad I (COI) fueron obtenidas usando los cebadores GAZF1 y GAZR1, siguiendo el protocolo de amplificación de Saunders (2005). Para el marcador cloroplastidial

ribulosa 1.5-bifosfato carboxilasa/oxidasa subunidad mayor (*rbcL*) se empleó los cebadores F57-R753 y F577-RrbcS, siguiendo los protocolos de Hommersand et al. (1994) y Fredericq & López-Bautista (2003). Todos los productos de PCR fueron purificados y secuenciados por Macrogen Inc. (Seúl, Corea del Sur).

Las secuencias fueron editadas con Codon Code Aligner 2.0 (CodonCode Corporation, MA, Estados Unidos) y alineadas usando el algoritmo ClustalW, implementado en Bioedit 7.0.5 (Hall, 1999). Las secuencias obtenidas fueron analizadas dentro del contexto de especies descritas o identificadas molecularmente como *Porphyra* y *Pyropia* y otras Bangiaceae foliosas, utilizando 58 secuencias COI y 82 secuencias *rbcL* disponibles en las bases de datos de GenBank (Anexo 1). Cada paquete de datos (COI y *rbcL*) fue evaluado con el programa JModelTest2 (Darriba et al., 2015) para identificar el modelo apropiado de evolución de secuencias en base al Criterio de Información de Akaike (AIC), resultando el modelo GTR+I+G para ambos marcadores. En las reconstrucciones filogenéticas se consideró a *Smithora naiadum* como grupo externo. Las relaciones filogenéticas fueron inferidas en base al análisis de Máxima Verosimilitud (ML) con el programa RaxML 7.2.6 (Stamatakis, 2014) y 1000 pseudoréplicas bootstraps. El análisis de inferencia bayesiana (IB) fue realizada usando MrBayes 3.2.1 (Huelsenbeck & Ronquist, 2001), con cuatro cadenas de Monte Carlo Markov (MCMC) ejecutadas simultáneamente por cinco millones de generaciones, tomando muestra de un árbol cada 1000 generaciones. El 25% del total de árboles fue descartado y los árboles restantes fueron usados para calcular la topología del árbol consenso y

las probabilidades posteriores (PP).

Para aquellos grupos filogenéticos que incluían secuencias de Marcona se estimaron las distancias genéticas, calculando los valores de distancia  $p$  (*p-distance*) intraespecífica e interespecífica usando MEGA v7 (Kumar et al., 2016).

## Resultados

### Análisis molecular

De los 11 especímenes foliosos de la familia Bangiaceae colectados en Marcona, Perú, se obtuvieron 11 secuencias del marcador plastidial *rbcL* (875 pares de bases, pb) y ocho secuencias del marcador mitocondrial COI (597 pb). Debido a problemas de amplificación, no se cuenta con secuencia COI para tres especímenes (Tabla 2).

**Tabla 2.** Resultados obtenidos del análisis con COI y *rbcL* de especímenes de Bangiales foliosas colectados en Marcona, Perú. Para cada espécimen, se indican los números de acceso de las secuencias obtenidas, la conclusión de las reconstrucciones filogenéticas (especie inferida y fuente) y la correspondencia con las ilustraciones de la Fig. 4.

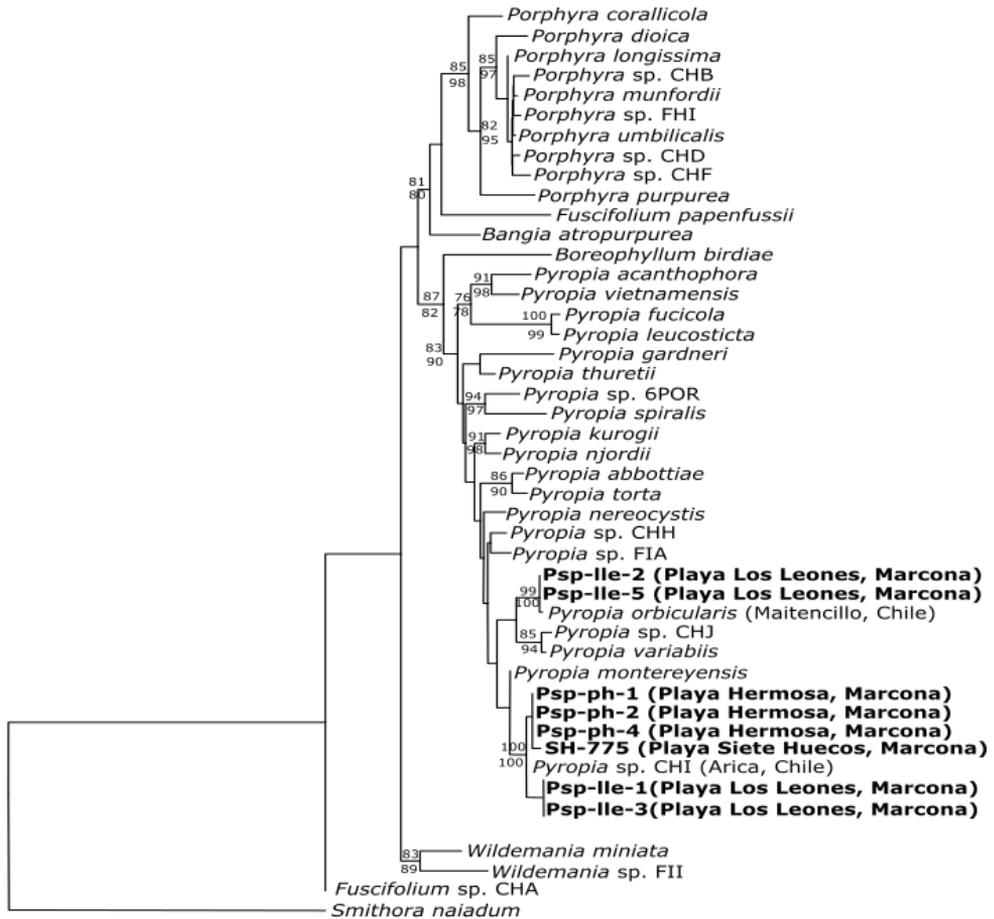
| Código de Colecta         | Número de acceso de GenBank |             | Especie inferida             | Fuente                  | Figura |
|---------------------------|-----------------------------|-------------|------------------------------|-------------------------|--------|
|                           | COI                         | <i>rbcL</i> |                              |                         |        |
| LL-167                    | -                           | MN199356    | <i>Porphyra</i> sp. CHF      | Guillemin et al. (2016) | 4A     |
| Psp-lle-2                 | MN199371                    | MN199362    | <i>Pyropia orbicularis</i>   | Ramírez et al. (2014)   | 4B     |
| BSN-247                   | -                           | MN199355    | <i>Pyropia suborbiculata</i> | Broom et al. (2002)     | 4C     |
| SH-775                    | MN199366                    | MN199357    | <i>Pyropia</i> sp. CHI       | Guillemin et al. (2016) | -      |
| Psp-ph-1                  | MN199367                    | MN199358    | <i>Pyropia</i> sp. CHI       | Guillemin et al. (2016) | 4D     |
| Psp-ph-2                  | MN199368                    | MN199359    | <i>Pyropia</i> sp. CHI       | Guillemin et al. (2016) | 4E     |
| Psp-ph-4                  | MN199369                    | MN199360    | <i>Pyropia</i> sp. CHI       | Guillemin et al. (2016) | -      |
| Psp-lle-1                 | MN199370                    | MN199361    | <i>Pyropia</i> sp. CHI       | Guillemin et al. (2016) | 4F     |
| Psp-lle-3                 | MN199372                    | MN199363    | <i>Pyropia</i> sp. CHI       | Guillemin et al. (2016) | 4G     |
| Psp-lle-4                 | -                           | MN199364    | <i>Pyropia orbicularis</i>   | Ramírez et al. (2014)   | -      |
| Psp-lle-5                 | MN199373                    | MN199365    | <i>Pyropia orbicularis</i>   | Ramírez et al. (2014)   | -      |
| “-” = No presenta valores |                             |             |                              |                         |        |

Para ambos marcadores, las topologías de los árboles generados por los análisis IB y ML fueron similares (datos no mostrados). Por otra parte, los valores de soporte de los cladogramas principales fueron comparables entre los análisis, al considerar los soportes superiores a 80 y 70 para IB y ML, respectivamente. En particular, en todos los análisis y marcadores, los cladogramas de *Porphyra* y de *Pyropia* estuvieron bien soportados, con valores de soporte superiores a 96 para *rbcL* y a 83 para COI (Figs 2 y 3). De los especímenes de

Marcona, ocho presentaron secuencias COI y *rbcL* incluidas en el clado de *Pyropia*. Los especímenes BSN-247 y Psp-lle-4, aunque secuenciados con *rbcL* solamente, también pertenecen al clado de *Pyropia*. Finalmente, un solo espécimen, LL-167, presenta una secuencia *rbcL* incluida en el clado de *Porphyra* (no se pudo obtener información para COI).



**Fig. 2.** Árbol de Máxima Verosimilitud (ML) para secuencias *rbcL* (875 pb) de Bangiales foliosas. En el árbol, se indican en los nodos los valores de soporte superiores a 60 (ML arriba e IB abajo). En las ramas, las secuencias procedentes de GenBank están indicadas por el número de acceso y la especie de pertenencia, mientras que para las secuencias generadas se indican el código y la localidad del espécimen (resaltados con negrita).



**Fig. 3.** Árbol de Máxima Verosimilitud (ML) para secuencias COI (597 pb) de Bangiales foliosas. Véase la leyenda de la Figura 2.

A nivel específico, se consideraron los clados bien soportados para asignar los especímenes a especies (Tabla 2). La secuencia *rbcL* del espécimen LL-167 se agrupa con la secuencia de un espécimen de *Porphyra* sp. CHF procedente de Coquimbo, Chile, con 5 pb de diferencia. La divergencia intraespecífica promedio para *Porphyra* sp. CHF (secuencias de Perú y Chile) fue de 0.24 (error estándar 0.07).

En el clado *Pyropia* sp. CHI, se agrupan secuencias de un espécimen de Arica, Chile (frontera con el Perú) y de seis especímenes de Marcona para ambos

marcadores (Figs 2 y 3); las localidades comparten haplotipos *rbcL* pero no COI. La divergencia intraespecífica promedio de *Pyropia* sp. CHI fue de 0.44 (error estándar 0.12), al considerar las secuencias de Chile y Perú.

Tres especímenes de Marcona presentaron tres secuencias *rbcL* y dos secuencias COI que se agruparon con la secuencia de *Py. orbicularis* de Maitencillo, Chile, con valores de soporte mayores a 97 (Figs. 2 y 3); un único haplotipo es compartido entre localidades para *rbcL*, mientras que se observa una diferencia de

6 pb entre secuencias del Perú y de Chile para COI.

especímenes de Chile por Guillemín *et al.* (2016).

Finalmente, un espécimen con secuencia *rbcL* se agrupó con la secuencia de *Py. suborbiculata* de Nagasaki, Japón (Fig. 2), presentando una diferencia de 4 pb.

### Análisis morfológico

Los especímenes colectados en Marcona, asociados en base a la filogenia a una especie de *Porphyra* (*Porphyra* sp. CHF) y a tres especies de *Pyropia* (*Py. orbicularis*, *Py. suborbiculata* y *Pyropia* sp. CHI), se presentan en la Fig. 4. El único espécimen de *Porphyra* sp. CHF presenta una forma rosetada alargada de color verde oscuro con una altura de 3.5 cm y anchura de 5 cm (Fig. 4A), semejante a unas de las formas de *Porphyra* sp. CHF encontradas en Chile por Guillemín *et al.* (2016).

Con respecto a las especies de *Pyropia*, tres especímenes identificados como *Py. orbicularis* en este estudio presentan una morfología similar entre ellos (Fig. 4B), con una fronda orbicular verde grisácea que varía entre 6 y 11 cm de altura y entre 5 y 9 cm de anchura, semejante al espécimen tipo de esta especie descrito por Ramírez *et al.* (2014). El espécimen de la especie *Py. suborbiculata* colectado (Fig. 4C) presenta un talo pequeño (3.5 cm) en forma de corneta de color rosáceo, semejante al espécimen tipo descrito por Kjellman (1896). Finalmente, los seis especímenes de *Pyropia* sp. CHI colectados en Marcona (playas Hermosa, Los Leones y Siete Huecos) presentan una variedad de morfologías que incluye fronda lanceolada entera (Fig. 4D), fronda laminar entera (Fig. 4E), fronda laminar ondulada con perforaciones (Fig. 4F) y frondas lanceoladas (Fig. 4G); estas morfologías son muy diferentes a las reportadas para



**Fig. 4.** Especímenes de Bangiales foliosas colectados en Marcona, Perú. La asignación de especie en base a las filogenias fue la siguiente: A. *Porphyra* sp. CHF de Los Leones. B.. *Py. orbicularis* de Los Leones. C. *Py. suborbiculata* de Bahía San Nicolás. D y E. Variabilidad morfológica de *Pyropia* sp. CHI de Playa Hermosa. F y G. Variabilidad morfológica de *Pyropia* sp. CHI de Los Leones. Barra= 3 cm

## Discusión

Utilizando la evidencia molecular, el presente trabajo reporta la presencia de tres especies de *Pyropia* y una especie de *Porphyra* en el extremo sur de la costa central del Perú, sumándose a los esfuerzos actuales en diversas regiones del mundo para caracterizar las Bangiales foliosas. La mayor diversidad específica de *Pyropia* en Marcona es congruente con lo reportado a nivel mundial (Sutherland et al., 2011).

Para las algas rojas, *rbcL* es un marcador recomendado para ubicar especies en un contexto filogenético, debido a su evolución más conservada con respecto a otros marcadores (Saunders & Kucera, 2012; Leliaert et al., 2016). Con este marcador se ha reevaluado la identidad de especies de *Porphyra* y de *Pyropia* (Broom et al., 2002; Nelson & Broom, 2010) o se han identificado nuevas especies (e.g. Lindstrom et al., 2015; Nelson, 2013). No obstante, a un nivel taxonómico menor, el mayor poder de discriminación del marcador COI permite realizar análisis de delimitación de especies y de filogeografía en algas (e.g. Leliaert et al., 2016; Guillemín et al., 2016; Reddy et al., 2017). Las dificultades de amplificación reportadas aquí para el COI son consistentes con los trabajos que mencionan la dificultad de amplificar COI en algunos grupos de algas rojas, así como el de comparar los especímenes de *Porphyra* y *Pyropia* debido a la limitada disponibilidad de secuencias en GenBank (Saunders, 2008; Guillemín et al., 2016; Reddy et al., 2017).

En base a la formación de clados filogenéticos bien soportados, los once especímenes colectados en Marcona, Perú, fueron asignados a especies, todas previamente descritas o reportadas en otras regiones. A continuación se presenta la

información de distribución y morfología para las tres especies compartidas entre las costas de Chile y Perú (*Py. orbicularis*, *Pyropia* sp. CHI, *Porphyra* sp. CHF) y para la especie de mayor rango de distribución (*Py. suborbiculata*).

### *Pyropia orbicularis*

*Py. orbicularis* fue inicialmente descrita para la costa central de Chile en base a especímenes previamente identificados como "*Porphyra columbina*" (Ramírez et al., 2014); luego Guillemín et al. (2016) reportaron una distribución geográfica entre 32°S y 53°S en la costa chilena. Con el presente estudio, se extiende el rango de distribución de *Py. orbicularis* hacia el norte, hasta 15°S, cubriendo así tres provincias biogeográficas. Los especímenes del Perú con sus frondas de forma orbicular corresponden a las características morfológicas indicadas por Ramírez et al. (2014).

### *Pyropia* sp. CHI

*Pyropia* sp. CHI se encontró en las cuatro localidades consideradas en el presente estudio, siendo la especie de mayor abundancia (6 de los 11 especímenes caracterizados molecularmente). Había sido reportada previamente en la costa norte de Chile, en Arica (18°32'S/70°19'O) y en Coquimbo (30°01'S/71°23'O; Guillemín et al., 2016), por lo que su rango geográfico se extiende al menos entre 15°S y 30°S. La divergencia intraespecífica promedio de *Pyropia* sp. CHI fue inferior a los valores presentados por Reddy et al. (2018), confirmando una sola entidad. No obstante, la gran diversidad de morfologías detectada en Marcona contrasta con lo reportado en Chile, aspecto que debería ser profundizado en futuras investigaciones.

### ***Porphyra* sp. CHF**

*Porphyra* sp. CHF ha sido reportada en Chile, desde la Región de Antofagasta (23°46'S/70°28'O) hasta la Región del Biobío (36°31'S/72°57'O, Guillemín *et al.*, 2016) y el presente trabajo extiende su distribución hasta 15°S, al reportar la presencia de un espécimen en Marcona. La divergencia intraespecífica obtenida para esta especie fue inferior al valor de distancia  $p$  máxima de las especies de *Porphyra* para *rbcl* presentada por Reddy *et al.* (2018), corroborando una sola entidad. La plasticidad morfológica en *Porphyra* sp. CHF de Chile es bastante notoria, con una diversidad de formas (Guillemín *et al.*, 2016), lo que no ha podido ser corroborado en Marcona, al contar con solo un espécimen secuenciado.

### ***Pyropia suborbiculata***

*Pyropia suborbiculata* es la única especie de Bangiales foliosas conocida hasta la fecha que se encuentra distribuida en ambos hemisferios (Nelson *et al.*, 2005). Inicialmente fue descrita en Nagasaki, Japón por Kjellman (1897) y luego reportada en varias costas de los países asiáticos (Corea, China y Vietnam) (Aguilar-Rosas & Aguilar-Rosas, 2003). Posteriormente, bajo la evidencia molecular se confirmó la presencia de *Py. suborbiculata* en Nueva Zelanda, Australia, Brasil y el Pacífico mexicano (Milstein *et al.*, 2012), en el Atlántico norteamericano (Broom *et al.*, 2002, Aguilar-Rosas & Aguilar-Rosas, 2003) y en la Península Ibérica (Vergés *et al.*, 2013). Probablemente, esta amplia distribución sea el resultado de múltiples introducciones y colonizaciones exitosas (Broom *et al.*, 2002; Vergés *et al.*, 2013). El espécimen de Marcona identificado como *Py. suborbiculata* presenta una fronda entera pequeña (4 cm) de forma cónica,

lo que corresponde a las características mencionadas por Broom *et al.* (2002) para el espécimen tipo de Nagasaki, Japón. El reporte de esta especie en el Perú representa el primer registro para la costa del Pacífico sudamericano.

### **Diversidad de especies de Bangiales foliosas en el Perú**

Si bien el muestreo no pretende ser representativo de la diversidad específica local de los géneros *Porphyra* y *Pyropia*, cabe destacar que Marcona es una región de colecta importante de "cochayuyo". Aun cuando Acleto (1986) indica que bajo este nombre las especies de mayor consumo humano en el Perú son *P. columbina* y *P. pseudolanceolata* (ahora transferidas al género *Pyropia*), ninguna ha sido encontrada en el presente estudio. Tampoco se encontró evidencia de la presencia de *P. tenera* y *P. thuretti* (ahora en el género *Pyropia*) ni de *P. umbilicalis*, especies reportadas para Perú sobre la base de caracteres morfológicos. Finalmente, *P. monfordii*, reportada por Calderón (2017) en base a datos moleculares en el norte del Perú, no fue encontrada.

Un estudio más exhaustivo, cubriendo mejor la costa peruana y con un mayor número de especímenes, es necesario para corroborar qué especies de los géneros *Porphyra* y *Pyropia* se encuentran distribuidas en Perú y en particular cuáles son las más frecuentemente consumidas. Esta información taxonómica y de delimitación de especies es crucial al momento de establecer planes de manejo y conservación de los recursos algales (e.g. por revisión Tellier *et al.*, 2011).

### **Conclusiones**

Se muestra la presencia en la costa peruana de tres especies de *Pyropia* y una

especie de *Porphyra*, que no corresponden a las especies descritas para el país en base a caracteres morfológicos. Tres de las especies encontradas, *Porphyra* sp. CHF, *Py. orbicularis* y *Pyropia* sp. CHI, tienen un rango de distribución por ahora limitado a Chile y Perú. *Py. suborbiculata*, si bien es de amplia distribución mundial, no había sido reportada previamente en la costa del Pacífico sudamericano.

### Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de Melissa Perez Alania y Gustavo Vega Abad en la colecta de muestras y a Karla Pérez-Araneda en la secuenciación de algunas muestras.

Este trabajo fue financiado por el Convenio de Cofinanciamiento 017-2016-FONDECYT - Perú. Las salidas de campo en el año 2016 fueron financiadas por el Convenio de Subvención 129-2015-FONDECYT Perú en Alianza UNALM - IMARPE. Además, este trabajo recibió aporte adicional de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (Fondo FAA de la DIN).

### Contribución de los autores

La contribución de los autores fue la siguiente: D.M.C., N.A. y P.G.K. participaron en la concepción y diseño del trabajo, D.M.C. y N.A. realizaron el muestreo. D.M.C. lideró la obtención y el análisis de datos genéticos y morfológicos y elaboró el manuscrito. F.T., N.A. y P.G.K. contribuyeron a la interpretación de los datos y con revisiones críticas del manuscrito. Todos los autores han leído el manuscrito final y aprobado la revisión.

### Conflicto de intereses

Todos los autores aprueban la versión enviada de este manuscrito y declaran no tener conflictos de intereses.

### Literatura citada

- Acleto, C.** 1986. Algas marinas del Perú de importancia económica. Museo de Historia Natural "Javier Prado" UNMSM. 107 p (Serie de divulgación N° 5).
- Aguilar-Rosas, R. & L. E. Aguilar-Rosas.** 2003. El género *Porphyra* (Bangiaceae, Rhodophyta) en la costa Pacífico de México. I. *Porphyra suborbiculata* Kjellman. Hidrobiológica 13(1): 51-56.
- Brodie, J.; A. Mols-Mortensen; M. E. Ramirez; S. Russell & B. Rinkel.** 2008. Making the links: Towards a global taxonomy for the red algal genus *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta). Journal of Applied Phycology 20(5): 939-949. DOI 10.1007/s10811-008-9315-7
- Broom, J. E.; W. A. Nelson; C. Yarish; W. A. Jones; R. Aguilar-Rosas & L. Aguilar-Rosas.** 2002. A reassessment of the taxonomic status of *Porphyra suborbiculata*, *Porphyra carolinensis* and *Porphyra lilliputiana* (Bangiales, Rhodophyta) based on molecular and morphological data. European Journal of Phycology 37: 227-235. DOI: 10.1017/S0967026202003566
- Calderón, M.** 2017. Filogenia molecular de algunas algas marinas rojas del Perú basada en análisis de ADN plastidial. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 275 p.
- Fredericq, S. & J. López-Bautista.** 2002. Characterization and phylogenetic position of the red alga *Besla papillaeformis* Setchell: an example of progenetic heterochrony?. Constancea 83: 1-12.
- Guillemin, M. L.; L. Contreras-Porcía; M. E. Ramírez; E. C. Macaya; C. B. Contador; H. Woods; C. Wyatt & J. Brodie.** 2016. The bladed Bangiales (Rhodophyta) of the South Eastern Pacific: Molecular species delimitation reveals extensive diversity. Molecular Phylogenetics and Evolution 94: 814-826. DOI: 10.1016/j.ympev.2015.09.027.
- Guiry, M. D. & G. M. Guiry.** 2019. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; consultado el 18 marzo de 2019.
- Hall, T.** 1999. Bioedit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95. Nucleic Acids Symposium Series 41: 95-98.
- Hommersand, M. H.; S. Fredericq & D. W. Freshwater.** 1994. Phylogenetic systematics and biogeography of the Gigartinaceae (Gigartiales, Rhodophyta) based on sequence analysis of *rbcL*. Botanica Marina 37: 193-203.

- IMARPE.** 2010. Caracterización bio-oceanográfica del área marino costera entre Punta San Juan y Playa Yanyarina. Informe del Instituto del Mar del Perú 42(3): 282-294.
- Kjellman, F. R.** 1897. Japanska arter af släktet *Porphyra*. Bihang Till K. Svenska Vet-Akad. Handlingar 23: 1±34.
- Kucera, H. & G. W. Saunders.** 2012. A survey of Bangiales (Rhodophyta) based on multiple molecular markers reveals cryptic diversity. *Journal of Phycology* 48(4): 869-882. DOI: 10.1111/j.1529-8817.2012.01193.x.
- Kumar, S.; G. Stecher & K. Tamura.** 2016. MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution* 33(7): 1870-1874. DOI: 10.1093/molbev/msw054.
- Leliaert, F.; H. Verbruggen; P. Vanormelingen; F. Steen; J. M. López-Bautista; G. C. Zuccarello & O. De Clerck.** 2014. DNA-based species delimitation in algae. *European Journal of Phycology* 49(2): 179-196. DOI: 10.1080/09670262.2014.904524.
- Lindstrom, S. C.; M. R. Lindeberg & D. A. Guthrie.** 2015. Marine macroalgae of the Aleutian Islands: I. Bangiales. *Algae* 30(4): 247-263. DOI: 10.4490/algae.2015.30.4.247
- Milstein, D.; A. S. Medeiros; E. U. Oliveira & M. C. Oliveira.** 2015. Native or Introduced? A re-evaluation of *Pyropia* species (Bangiales, Rhodophyta) from Brazil based on molecular analyses. *European Journal of Phycology* 50: 37-35. DOI: 10.1080/09670262.2014.982202.
- Mols-Mortensen, A.; C. D. Neefus; P. M. Pedersen & J. Brodie.** 2014. Diversity and distribution of foliose Bangiales (Rhodophyta) in West Greenland: A link between the North Atlantic and North Pacific. *European Journal of Phycology* 49(1): 1-10. DOI: 10.1080/09670262.2013.871062
- Nelson, W. A. & J. E. Broom.** 2010. The identity of *Porphyra columbina* (Bangiales, Rhodophyta) originally described from the New Zealand subantarctic islands. *Australian Systematic Botany* 23(1): 16-26. DOI: 10.1071/SB09032.
- Nelson, W. A.; T. J. Farr & J. E. Broom.** 2005. *Dione* and *Minerva*, two new genera from New Zealand circumscribed for basal taxa in the Bangiales. *Phycologia* 44(2): 139-145. DOI: 10.2216/0031-8884(2005)44[139:DAMTNG]2.0.CO;2.
- Ramírez, M. E. & B. Santelices.** 1991. Catálogo de las algas marinas bentónicas de la costa temperada del Pacífico de Sudamérica. *Monografías Biológicas* 5: 1-437.
- Ramírez, M. E.; L. Contreras-Porcía; M. L. Guillemín; J. Brodie; C. Valdivia; M. R. Flores-Molina; A. Núñez; C. B. Contador & C. Lovazzano.** 2014. *Pyropia orbicularis* sp. nov. (Rhodophyta, Bangiaceae) based on a population previously known as *Porphyra columbina* from the central coast of Chile. *Phytotaxa* 158(2): 133-153. DOI: 10.11646/phytotaxa.158.2.2.
- Reddy, M.; O. De Clerck; F. Leliaert; R. A. Anderson & J. J. Bolton.** 2017. A rosette by any other name: Species diversity in the Bangiales (Rhodophyta) along the South African coast. *European Journal of Phycology* 53(1): 67-82. DOI: 10.1080/09670262.2017.1376256.
- Sánchez, N.; A. Vergés; C. Peteiro; J. E. Sutherland & J. Brodie.** 2014. Diversity of bladed Bangiales (Rhodophyta) in Western Mediterranean: Recognition of the genus *Themis* and descriptions of *T. ballesterosii* sp. nov., *T. iberica* sp. nov., and *Pyropia parva* sp. nov. *Journal of Phycology* 50(5): 908-929. DOI: 10.1111/jpy.12223.
- Stamatakis, A.** 2014. RAxML v8: A tool for phylogenetics analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics* 30(9): 1312-1313. DOI: 10.1093/bioinformatics/btu033.
- Sutherland, J. E.; S. C. Lindstrom; W. A. Nelson; J. Brodie; M. D. Lynch; M. S. Hwang; H. G. Choi; M. Miyata; N. Kikuchi; M. C. Oliveira; T. Farr; C. Neefus; A. Mols-Mortensen; D. Milstein & K. M. Müller.** 2011. A new look at an ancient order: Generic revision of the Bangiales (Rhodophyta). *Journal of Phycology* 47(5): 1131-1151. DOI: 10.1111/j.1529-8817.2011.01052.x.
- Tellier, F., J. M. A. Vega, B. R. Broitman, J. A. Vásquez, M. Valero, & S. Faugeron.** 2011. The importance of having two species instead of one in kelp management: the *Lessonia nigrescens* species complex. *Cahiers de Biologie Marine* 52: 455-465.

## ANEXO 1

Información de secuencias de Bangiales obtenidas de GenBank con el número de acceso, para los marcadores *rbcL* y *COI*.

| ESPECIE                        | LOCALIDAD  | <i>rbcL</i> | COI      |
|--------------------------------|--|-------------|----------|
| <i>Bangia atropurpurea</i>     | Wuquanshan, Lanzhou, China   | KM363768    | -        |
| <i>Bangia atropurpurea</i>     | Sidmouth, Devon, Inglaterra  | -           | DQ442886 |
| <i>Boreophyllum birdiae</i>    | Cueva Herring, Nueva Escocia, Canadá   | AY180909    | -        |
| <i>Boreophyllum birdiae</i>    | rock across inlet from Bonne Bay Station, Terranova y Labrador, Canadá             | -           | JN028485 |
| <i>Clymene coleana</i>         | Leigh, Isla del Norte, Nueva Zelanda   | FJ263672    | -        |
| <i>Dione arcuata</i>           | Río Ohau, Isla del Sur, Nueva Zelanda  | EU570052    | -        |
| <i>Fuscifolium papenfussii</i> | Punta Seldovia, Alaska, EE.UU.   | EU223120    | -        |
| <i>Fuscifolium papenfussii</i> | Ridley Island (north of grain terminal), Prince Rupert, Columbia Británica, Canadá | -           | JN028495 |
| <i>Fuscifolium</i> sp. CHA     | Puerto Oscuro, Choapa, Región de Coquimbo, Chile                                   | KP781631    | KP781730 |
| <i>Lysithea adamsiae</i>       | Isla Orde Lees, Isla Antípodas, Nueva Zelanda                                      | HQ687515    | -        |
| <i>Minerva aenigmata</i>       | Puheke, Isla del Norte, Nueva Zelanda  | EU570053    | -        |
| <i>Miuraea migitae</i>         | Bahía Osaka, Honshu, Japón   | EU521643    | -        |
| <i>Neothemis ballesterosii</i> | Palamos, Girona, España  | KJ182955    | -        |
| <i>Porphyra aeodis</i>         | Patemoster, Sudáfrica  | GU165843    | -        |
| <i>Porphyra cinnamomea</i>     | Otago, Isla del Sur, Nueva Zelanda   | EU521637    | -        |
| <i>Porphyra conwayae</i>       | Estrecho Juan de Fuca, Columbia Británica, Canadá                                  | EU223044    | -        |
| <i>Porphyra corallicola</i>    | Lepreau, Bay of Fundy, Maces Bay, Nuevo Brunswick, Canadá                          | -           | JN028496 |
| <i>Porphyra dioica</i>         | Talmine, Sutherland, Escocia, Reino Unido  | -           | DQ191339 |
| <i>Porphyra linearis</i>       | Aberystwyth, Reino Unido   | HQ687547    | -        |
| <i>Porphyra lucassi</i>        | Australia  | AY139687    | -        |
| <i>Porphyra mumfordii</i>      | Playa Bradys, Bamfield, Columbia Británica, Canadá                                 | JN028946    | JN028502 |
| <i>Porphyra purpurea</i>       | Listock, Somerset, Reino Unido   | HQ687516    | -        |
| <i>Porphyra purpurea</i>       | Richebucto Cape Breakwater, Nuevo Brunswick, Canadá                                | -           | JN028518 |
| <i>Porphyra</i> sp. CHB        | Cucao, Chiloé, Región de Los Lagos, Chile  | KP781808    | KP781663 |
| <i>Porphyra</i> sp. CHC        | Salinas de Pullay, Petorca, Región de Valparaíso, Chile                            | KP781737    | KP781638 |

|                              |   |          |          |
|------------------------------|---|----------|----------|
| <i>Porphyra</i> sp. CHD      | Buque Quemado, Magallanes, Región de Magallanes, Chile                          | -        | KP781673 |
| <i>Porphyra</i> sp. CHF      | Guañaquerillos, Elqui, Región de Coquimbo, Chile                                | KP781720 | KP781559 |
| <i>Porphyra</i> sp. FIH      | Seno Otaway-Punta, Magallanes, Región de Magallanes, Chile                      | KP781835 | KP781671 |
| <i>Porphyra umbilicalis</i>  | Sidmouth, Reino Unido   | HQ687559 | -        |
| <i>Porphyra umbilicalis</i>  | St. Brides, Terranova y Labrador, Canadá  | -        | JN028569 |
| <i>Pyrophyllon subtumens</i> | Punta Fairchilds Garden, Isla Adams, Nueva Zelanda                              | HQ687517 | -        |
| <i>Pyropia abbottiae</i>     | Punta Harling, Columbia Británica, Canadá                                       | EU223024 | -        |
| <i>Pyropia abbottiae</i>     | Isla Ridley, Columbia Británica, Canadá   | -        | JN028597 |
| <i>Pyropia acanthophora</i>  | Praia da Lagoinha, Ubatuba, Sao Paulo, Brasil                                   | -        | JN222750 |
| <i>Pyropia brumalis</i>      | Isla Vancouver, Columbia Británica, Canadá                                      | AF452426 | -        |
| <i>Pyropia columbiensis</i>  | Isla Calvert, Columbia Británica, Canadá  | KP903999 | -        |
| <i>Pyropia columbina</i>     | Islas Malvinas, Reino Unido   | GU046423 | -        |
| <i>Pyropia dentata</i>       | Shirahama, Chiba, Japón   | HQ687520 | -        |
| <i>Pyropia elongata</i>      | Isla Pivers, Carolina del Norte, EE.UU.   | FJ817089 | -        |
| <i>Pyropia fallax</i>        | Bahía Surveyor, Alaska, EE.UU.  | KP903919 | -        |
| <i>Pyropia fallax</i>        | Columbia Británica, Canadá  | -        | HQ969862 |
| <i>Pyropia fucicola</i>      | Isla Japonski, Alaska, EE.UU.   | EU223088 | -        |
| <i>Pyropia fucicola</i>      | Island #40 on Esperanza Inlet Chart, Tahsis, Columbia Británica, Canadá         | -        | JN028614 |
| <i>Pyropia gardneri</i>      | Isla Chaati, Columbia Británica, Canadá   | JN028973 | -        |
| <i>Pyropia gardneri</i>      | Chaatl Island across from Newton Point, Haida Gwaii, Columbia Británica, Canadá | -        | HM915300 |
| <i>Pyropia haitanensis</i>   | Yuge Ehime, Japón   | AB118585 | -        |
| <i>Pyropia hiberna</i>       | Pacific grove, California, EE.UU.   | GU319866 | -        |
| <i>Pyropia hollenbergii</i>  | Agua verde, Baja California Sur, México   | HQ687523 | -        |
| <i>Pyropia ishigecola</i>    | Yoshio, Chiba, Japón  | HQ687524 | -        |
| <i>Pyropia kankaensis</i>    | Península Olímpica, Washington, EE.UU.  | EU223099 | -        |
| <i>Pyropia katadae</i>       | Ise, Mie, Japón   | HQ687525 | -        |
| <i>Pyropia kinositae</i>     | Arito, Hokkaido, Japón  | EU521641 | -        |

|                                 |  |          |          |
|---------------------------------|--|----------|----------|
| <i>Pyropia koreana</i>          | Ohuri, Gang, Corea del Sur                                 | HQ728198 | -        |
| <i>Pyropia kuniedae</i>         | Sachon, Namhae, Corea del Sur                              | HQ728200 | -        |
| <i>Pyropia kurogii</i>          | Playa Sandy, Alaska, EE.UU.                                | EU223105 | -        |
| <i>Pyropia kurogii</i>          | Prince Rupert, Isla Ridley, Columbia Británica, Canadá     |          | JN028655 |
| <i>Pyropia lacerata</i>         | Playa Sandy, Alaska, EE.UU.                                | HQ687527 | -        |
| <i>Pyropia lanceolata</i>       | Pescadero State Park, California, EE.UU.                   | KP904038 | -        |
| <i>Pyropia leucosticta</i>      | Sidmouth, Reino Unido                                      | HQ687528 | -        |
| <i>Pyropia leucosticta</i>      | Nuevo Brunswick, Canadá                                    |          | JN028662 |
| <i>Pyropia montereyensis</i>    | Puerto Bragg, California, EE.UU.                           | KP903964 | -        |
| <i>Pyropia moriensis</i>        | Otaru, Hokkaido, Japón                                     | EU521645 | -        |
| <i>Pyropia nereocystis</i>      | Isla Passage, Alaska, EE.UU.                               | EU223116 | -        |
| <i>Pyropia nereocystis</i>      | Cape Beale, Bamfield, Columbia Británica, Canadá           |          | JN028685 |
| <i>Pyropia nitida</i>           | San Carlos State Beach Park, California, EE.UU.            | KP876025 | -        |
| <i>Pyropia njordii</i>          | Peggys Cove, Nueva Escocia, Canadá                         | JN028986 | JN028693 |
| <i>Pyropia orbicularis</i>      | Playa Maitencillo, Valparaíso, Chile                       | KF479481 | KF479515 |
| <i>Pyropia peggicovensis</i>    | Peggys Cove, Nueva Escocia, Canadá                         | JN028991 | -        |
| <i>Pyropia pendula</i>          | Calerita, Baja California Sur, México                      | HQ687530 | -        |
| <i>Pyropia perforata</i>        | Crescent City Light, California, EE.UU.                    | EU223127 | -        |
| <i>Pyropia plicata</i>          | Ocean View, Kaikoura, Nueva Zelanda                        | GU046410 | -        |
| <i>Pyropia protolanceolata</i>  | Bahía Española, California, EE.UU.                         | KP904005 | -        |
| <i>Pyropia pseudolanceolata</i> | Playa Sunset, Oregón, EE.UU.                               | KP904052 | -        |
| <i>Pyropia pseudolinearis</i>   | Playa Sunset, Oregón, EE.UU.                               | HQ687531 | -        |
| <i>Pyropia pulchella</i>        | Bahía Waihau, Isla del Norte, Nueva Zelanda                | HQ687532 | -        |
| <i>Pyropia rakiura</i>          | Ocean View, Isla del Sur, Nueva Zelanda                    | EU521646 | -        |
| <i>Pyropia saldanhae</i>        | Kommetjie, Sudáfrica                                       | GU165838 | -        |
| <i>Pyropia seriata</i>          | Hondo, Kumamoto, Japón                                     | HQ687533 | -        |
| <i>Pyropia smithii</i>          | Punta Nudibranch, Columbia Británica, Canadá               | EU223224 | -        |
| <i>Pyropia</i> sp. CHG          | Punta Carrera, Magallanes, Región de Magallanes, Chile     | KP781837 | -        |
| <i>Pyropia</i> sp. CHH          | Niebla (Playa Grande), Valdivia, Región de Los Ríos, Chile | KP781845 | KP781676 |

|                                |   |          |          |
|--------------------------------|---|----------|----------|
| <i>Pyropia</i> sp. CHI         | Playa Corazón, Arica, Región de Arica y Parinacota, Chile | KP781698 | KP781561 |
| <i>Pyropia</i> sp. CHJ         | Playa Mar Brava, Chiloé, Región de Los Lagos, Chile       | KP781786 | KP781600 |
| <i>Pyropia</i> sp. CHK         | Los Burros, Huasco, Región de Atacama, Chile              | KP781701 | KP781611 |
| <i>Pyropia</i> sp. FIA         | Agua Fresca, Magallanes, Región de Magallanes, Chile      | KP781833 | KP781669 |
| <i>Pyropia</i> sp. FID         | Fuerte Bulnes, Magallanes, Región de Magallanes, Chile    | KP781826 | -        |
| <i>Porphyra</i> sp. FIG        | Fuerte Bulnes, Magallanes, Región de Magallanes, Chile    | KP781832 | -        |
| <i>Pyropia</i> sp. 6POR        | South Jetty, Port Arkansas, Texas, EE.UU.                 | JN029003 | JN028792 |
| <i>Pyropia spiralis</i>        | Vila Velha, Espírito Santo, Brasil                        | -        | JN222754 |
| <i>Pyropia suborbiculata</i>   | Goto, Nagasaki, Japón                                     | HQ728201 | -        |
| <i>Pyropia tanegashimensis</i> | Iseki, Tanegashima, Kagoshima, Japón                      | HQ687542 | -        |
| <i>Pyropia tanegashimensis</i> | Praia Dura, Ubatuba, Sao Paulo, Brasil                    | -        | JN222752 |
| <i>Pyropia tenera</i>          | Kawaura, Kumamoto, Japón                                  | HQ687543 | -        |
| <i>Pyropia tenuipedalis</i>    | Urayasu, Chiba, Japón                                     | EU521649 | -        |
| <i>Pyropia thuretii</i>        | Tahsis, Columbia Británica, Canadá                        | -        | JN028801 |
| <i>Pyropia torta</i>           | Vista al mar, Isla San Juan, Washington, EE.UU.           | EU223236 | -        |
| <i>Pyropia torta</i>           | Gwaii Haanas, Isla Alder, Columbia Británica, Canadá      | -        | JN028802 |
| <i>Pyropia vietnamensis</i>    | Thangeseri, India   | HQ687544 | -        |
| <i>Pyropia vietnamensis</i>    | Pedra do Sal, Parnaíba, Piauí, Brasil                     | -        | JN222751 |
| <i>Pyropia virididentata</i>   | Bahía Lyall, Isla del Norte, Nueva Zelanda                | EU521650 | -        |
| <i>Pyropia yezoensis</i>       | Galmok, Tongyoung, Corea del Sur                          | HQ728197 | -        |
| <i>Wildemanina miniata</i>     | Escoumins, Quebec, Canadá                                 | JN847283 | JN028874 |
| <i>Wildemanina</i> sp. FII     | Buque Quemado, Magallanes, Región de Magallanes, Chile    | KP781818 | KP781664 |

