



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
ESCUELA DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

ESTUDIOS MORFOLÓGICOS Y REPRODUCTIVOS EN *Gelidium
floridanum* Y *Pterocliadiella caerulescens* (GELIDIACEAE, RHODOPHYCEAE)
DE LA PENÍNSULA DE ARAYA, ESTADO SUCRE, VENEZUELA.
(Modalidad: Investigación)

MIRIANGEL MARÍA MILAGROS DEL VALLE ROSAS JIMÉNEZ

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CUMANÁ, 2011

ESTUDIOS MORFOLÓGICOS Y REPRODUCTIVOS EN *Gelidium
floridanum* Y *Pterocliadiella caerulescens* (GELIDIACEAE, RHODOPHYCEAE)
DE LA PENÍNSULA DE ARAYA, ESTADO SUCRE, VENEZUELA.

APROBADO POR:

Prof. Alexis Bellorín
Asesor

Jurado

Jurado

INDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FÍGURAS	viii
RESUMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
METODOLOGÍA.....	6
RESULTADOS	9
1. <i>Gelidium floridanum</i>	9
1.1 Morfología externa	9
1.2. Anatomía vegetativa.....	10
1.3. Anatomía del cistocarpo	11
1.4. Anatomía de los soros espermatangiales.....	11
1.5. Tetrasporangios.....	13
2. <i>Pterocliadiella caerulescens</i>	13
2.1. Morfología externa.....	13
2.2. Anatomía vegetativa.....	15
2.3. Anatomía del cistocarpo	15
2.4. Anatomía de los soros espermatangiales.....	17
2.5 Tetrasporangios.....	17
DISCUSIÓN.....	20
<i>Gelidium floridanum</i>	21
<i>Pterocliadiella caerulescens</i>	2
CONCLUSIONES	5
BIBLIOGRAFÍA.....	6
ANEXOS.....	9
HOJA DE METADATOS.....	10

DEDICATORIA

Dedicado a todos los que a lo largo de esta carrera creyeron en mí y me brindaron su apoyo académico y moral para culminar con éxito este gran logro.

Al Padre Eterno, por ser mi guía, fortaleza y alimento para el alma en los momentos de angustia y desesperación.

A los seres que me dieron la vida y que a lo largo del tiempo, de alguna manera u otra han dado su vida por mí, mis padres. Papi, porque se que donde estés siempre he contado con tu guía, protección y bendiciones para éste y cada paso que he dado en mi vida. Y a ti mamita, porque eres mi gran admiración, eres mi motor, porque lo has sido todo para mí, por tu entera entrega y disposición, por tu invaluable lucha por darme siempre lo mejor, por tu amor incondicional y por dar todo sin esperar nada a cambio. Te amo madre.

Al Prof. Alexis Bellorín, quien más que un asesor académico, se convirtió en un compañero de lucha, comprometido a que este trabajo se realizara con el mayor éxito posible. Para usted, mi respeto y admiración.

A mis tíos y primos, por demostrar siempre que somos la mejor familia, con sus muchas virtudes y algunos defectos, pero es eso justamente lo que nos hace mejores, que a pesar de los defectos y adversidades siempre estamos ahí los unos para los otros, gracias por creer en mí y acompañarme en esta y todas las etapas de mi vida, por compartir mis triunfos y derrotas.

A las personas que han pasado por mi vida, quienes de alguna manera u otra dejaron huellas de enseñanzas en mi sendero y a las que se han quedado en ella, para seguir plasmándolas, demostrando su confianza y cariño.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso por darme fuerzas en los momentos de debilidad y por cada uno de los momentos de éxito, triunfos y logros alcanzados.

A Miriam Jiménez, por ser mi pilar, mi fuerza, mi ejemplo a seguir. Gracias por que con tu amor me enseñaste a no desfallecer y que los obstáculos se superan con fe y perseverancia. Gracias madre, te amo.

Al profesor Alexis Bellorín, por su apoyo, paciencia y disposición. Gracias, porque es el asesor que todos anhelan, por sus conocimientos, dedicación y gran calidad humana.

A Luis Daniel, por tu comprensión, apoyo y ayuda incondicional. Por compartir mis trasnochos y angustias para lograr la culminación de este gran sueño. Gracias.

A Yrma y mi Ángel, por siempre estar, ustedes son parte importante de las bases que me sostienen y que aún cuando tambalee, nunca me dejan caer.

A mi familia, por creer en mí y por estar en los buenos y malos momentos tendiendo su mano para hacerme sentir su presencia.

A mis amigos y compañeros, que a lo largo de la carrera fueron apoyo moral y académico. Adri, Annia, Iselvy, gracias por marcar mi vida con su presencia. A Denicse, mi compañera de batalla. A. Mirabal, A. Márquez, Pepe, Néstor, Adriana, Andris, Gaby, Ilber, gracias por sacarme a flote cuando lo necesité y por estar siempre. Jennifer, María, a ustedes gracias por el gran apoyo, comprensión e incondicionalidad en la última etapa de mi carrera.

A mis profesores, con los que compartí y de los que adquirí mis conocimientos, en especial a Á. Fariña, O. Chinchilla, Julio Armas, O. Gómez, M. Iabichella, I. Mimbella, A. Barrios, de los que recibí conocimientos académicos, consejos y lecciones de vida. A la profesora Mairin Lemus y a Heidy por su colaboración.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción del Soro tetrasporangial de *G. floridanum* y *P. caerulescens*..... 19

Tabla 2. Características anatómicas y morfológicas de las *G. floridanum* y *P. caerulescens*..... 1

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la Península de Araya donde se señalan los sitios de muestreos.	7
Figura 2. Hábito de <i>Gelidium floridanum</i>	9
Figura 3. Anatomía vegetativa de <i>G. floridanum</i> . A. Corte transversal de una rama infértil. B. Detalle de la corteza y de la medula.	10
Figura 4. Anatomía del cistocarpio de <i>G. floridanum</i> . A. Cistocarpio adulto. B. Cistocarpio maduro de <i>G. floridanum</i>	11
Figura 5. Corte transversal de un soro masculino de <i>G. floridanum</i>	13
Figura 6. Hábito de <i>Pterocladia caerulescens</i>	14
Figura 7. Anatomía vegetativa de <i>P. caerulescens</i>	15
Figura 8. Anatomía del cistocarpio de <i>P. caerulescens</i> . A. Estructura cistocárpica de <i>P. caerulescens</i> . B. Detalle del cistocarpio. C. Detalle de carposporas en cistocarpio de <i>P. caerulescens</i>	16
Figura 9. Estructura masculina de <i>P. caerulescens</i>	17
Figura 10 hábito entre <i>G. floridanum</i> y <i>G. serrulatum</i> . A. Hábito de <i>G. floridanum</i> . B. <i>G. serrulatum</i> . La escala es la misma para ambas estructuras.. Comparación de.....	1
Figura 11. Comparación de hábito entre: A. <i>P. caerulescens</i> . B. <i>P. bartlettii</i> . C. <i>P. capillaceae</i>	4

RESUMEN

Dentro de la familia Gelidiaceae, el género *Gelidium* es el más amplio e incluye aproximadamente 100 especies en el mundo. Otros géneros de importancia comercial son *Pterocladia*, *Pterocладиella* y *Gelidiella*, que incluyen menos especies y se diferencian de *Gelidium* básicamente por algunas características anatómicas del cistocarpo. En este trabajo se evalúa la morfología y anatomía reproductiva de *Gelidium floridanum* (Taylor) y *Pterocладиella caerulescens* (Kützinger) de la Península de Araya, Estado Sucre. Las muestras fueron recolectadas en las localidades de El Rincón y Punta Escarceo. Se fijaron en formalina/agua marina al 4% durante 24 a 48 horas y luego al 2%. En el laboratorio se hicieron cortes transversales y longitudinales a mano, con hojillas y éstos fueron coloreados con una solución de azul de anilina al 1% (acidificada con HCl). Se prepararon láminas semipermanentes con solución acuosa de miel de maíz o "Karo" al 30%. Las preparaciones de interés fueron fotografiadas con una cámara digital *Panasonic Lumix DMCFZ3* acoplada a un microscopio *Motic BA400*. Las imágenes obtenidas fueron mejoradas con el programa *AdobePhotoShop CS2*. La coloración, en el caso de *G. floridanum*, varió de púrra a rojo oscuro, y en *P. caerulescens*, de púrpura a marrón verdoso. Ambas especies poseen una construcción morfológica parecida, con un sistema de fijación de rizoides del que parten ejes erectos ramificados de forma dística, con una apariencia en general piramidal. Sin embargo, las plantas de *G. floridanum* son más pequeñas (2 – 3,9 cm) en comparación con *P. caerulescens* (3,4 – 9,4 cm). Los cistocarpos de *G. floridanum* poseen dos cavidades llenas de carposporangios, en tanto que en *P. caerulescens* aparece una sola cavidad. En ambas especies los espermatangios se forman en soros superficiales, siendo las células madres de los espermatangios células corticales terminales modificadas, que se alargan y cortan distalmente espermatangios. En *G. floridanum* algunas plantas cistocárpicas también poseen soros masculinos en las mismas pínulas donde se forman los cistocarpos.

INTRODUCCIÓN

La importancia y los diferentes usos de las algas marinas para beneficio del hombre son conocidos desde hace más de 300 años. Así, muchos géneros de algas marinas han sido utilizados como fuente directa de alimentos para el hombre o para animales y como fuente de productos de importancia industrial, por ejemplo: geles, pigmentos, sustancias bioactivas, entre otros (Dawes, 1986).

Las algas rojas, en particular, incluyen varias especies de gran importancia económica. Por ejemplo, dentro de la familia Gelidiaceae se incluyen algunas de las algas productoras de agar más importantes del mundo (Lewis y Hanisak, 1996; Melo, 1998). El agar producido por estas algas, debido a su alto contenido de agarosa y de pocos grupos sulfatados, es el de mejor calidad en cuanto a sus propiedades físico-químicas, y es el recomendado para aplicaciones bacteriológicas y biotecnológicas (Matsushashi y Harris, 1990).

Estas algas históricamente fueron colectadas de praderas submarinas naturales, principalmente en Japón y otros países del sudeste asiático (van de Hoek *et al.*, 1995) y aunque se ha intentado su maricultura bajo condiciones controladas, a los fines de una comercialización con un bajo impacto ambiental, el éxito de estas tentativas ha sido limitado (Melo *et al.*, 1991, Santos, 1995). En la actualidad, las algas rojas de la familia Gracilariaceae productoras de agar a escala comercial, han sustituido a las Gelidiaceae como principales fuentes de materia prima para la obtención de agar, dado que las Gracilariaceae si han podido ser producidas en sistemas de acuicultura (Oliveira *et al.*, 2000). No obstante, la explotación de los bancos naturales de las Gelidiaceae de importancia económica continúa en la actualidad, dado que los geles obtenidos

de estas algas son de mayor calidad y, por tanto, adecuados para las aplicaciones biotecnológicas, en comparación con los geles de Gracilariaceae (Zemke-White y Ohno, 1999).

Dentro de la familia Gelidiaceae, el género *Gelidium* es el más rico en especies, aproximadamente 100 especies aceptadas, las cuales están distribuidas en todo el mundo (Nelson *et al.*, 1994). Los otros géneros de importancia comercial son *Pterocladia*, *Pteroclatiella* y *Gelidiella*, los cuales incluyen menos especies y se diferencian de *Gelidium* básicamente en la anatomía del cistocarpo (Santelices y Hommersand, 1997; Santelices, 1998).

El ciclo de vida de estas algas es del tipo trifásico isomórfico o “tipo *Polysiphonia*” (van den Hoek *et al.*, 1995), con tetraesporofitos y gametofitos de vida libre, idénticos morfológicamente, y un carposporofito reducido y parasítico sobre el gametofito. La organización estructural de los talos es uniaxial, es decir una sola célula apical es responsable del crecimiento en longitud de las ramas y ejes, y a partir de esta célula se produce un filamento central, claramente visible en cortes longitudinales (Lee, 2008). La morfología externa es variable, aunque en general, las ramas de estas algas tienen una forma piramidal, con las ramas laterales aumentando de longitud a medida que se alejan del ápice. Este tipo de ramas son conocidas como pínulas (Lee, 2008).

La característica que define a la familia es la presencia de una rama carpogonial, o rama donde se forma el gametangio femenino, constituida únicamente por una sola célula, el carpogonio. Así mismo, una vez que el carpogonio es fertilizado, se fusiona con la célula de soporte que lo produjo, y/o con filamentos nutritivos, formando una célula de fusión generativa, a partir de la cual se desarrolla el carposporofito. Los cistocarpos varían de acuerdo al género (Lee, 2008).

En *Gelidium*, cada cistocarpo contiene dos cavidades en las que se desarrollan los carposporangios y las carposporas son liberadas a través de poros a ambos lados del cistocarpo. En *Pterocladia*, los cistocarpos poseen una sola cavidad, y los carposporangios se desarrollan parietalmente en la base del cistocarpo; las carposporas se liberan por poros localizados en un solo lado del cistocarpo. Finalmente en *Pterocladella*, los cistocarpos poseen una sola cavidad, pero los carposporangios no se desarrollan parietalmente, sino en el centro de la cavidad, a lo largo de un tejido fértil o placenta axial. Las carposporas se liberan a través de poros localizados en un solo lado del cistocarpo (Santelices y Hommersand, 1997; Santelices, 1998).

Gelidium es el género con distribución geográfica más amplia, con la mayoría de las especies descritas en aguas tropicales y con un menor número de especies en costas templadas (Santelices, 1988). De hecho, las especies que viven en aguas frías son muy poco frecuentes (Santelices, 1988). La distribución más cercana a los polos para el género está representada por *G. crinale*, reportado por Hariot en 1889 (citado por Santelices, 1988) para las Islas Malvinas, y por *G. latifolium*, que en el hemisferio norte se extiende hasta la costa suroeste de Noruega (Ruesness y Tanager, 1984, citado por Santelices, 1988). Al parecer, ninguna especie de *Gelidium* o *Pterocladia* se ha encontrado en las costas del Ártico o la Antártida. Los otros géneros en la familia son también eminentemente tropicales y subtropicales (Santelices, 1988).

Las algas de la familia Gelidiaceae, en su mayoría, crecen en la zona intermareal, adheridas a rocas o conchas calcáreas de animales, con una menor proporción de especies que viven permanentemente sumergidas en la zona submareal (Santelices, 1988). La mayoría forman bancos naturales en forma de cinturón en torno a los límites inferiores de las mareas vivas,

posicionadas en las caras de las rocas expuestas de frente al oleaje, aunque algunas pueden extenderse hasta profundidades de 10 a 20 metros formando praderas o bancos monoespecíficos. Estas especies localmente abundantes, a menudo son objeto de actividades de pesca comercial, como *Gelidium amansii* en Japón (Ohno *et al.*, 1990).

Estas algas forman poblaciones más exuberantes en lugares de fuerte hidrodinamismo producido por el impacto de las olas y corrientes (Ortega *et al.*, 2001), y esta preferencia por costas de alto hidrodinamismo, además del crecimiento normalmente lento en comparación con otras algas, es una de las razones principales que ha dificultado el desarrollo de métodos de cultivo comercial económicamente rentables (Santos, 1995).

En Venezuela se han reportado 4 especies de *Gelidium* y 3 especies de *Pterocladia* (Ganesan, 1989; Rodríguez, 1991; 1992), sin embargo, dada la dificultad taxonómica típica de las algas rojas, algunos de esos registros pueden ser dudosos o erróneos. Para establecer la identidad correcta de estas especies serían necesarios estudios detallados de la morfología y anatomía de las fases reproductivas. Inclusive, en el caso de los materiales de pequeño tamaño descritos como *Gelidium pusillum*, se deberían realizar estudios moleculares para identificar correctamente las especies, puesto que estudios modernos han mostrado que especies diferentes genéticamente son englobadas incorrectamente dentro del binomio *Gelidium pusillum*.

En el país únicamente han sido estudiadas intensamente en cuanto a morfología, biología y producción de agar *Pterocladia capillacea* (Velásquez, 1981) y *Gelidium serrulatum* (Loayza, 1994). El agar de la especie *Gelidium floridanum* fue evaluado por Lemus *et al.* (1991) y *Pterocladia caerulescens* por Bellorín (2006). Sin embargo, estas especies aún no han sido

caracterizadas morfológica y anatómicamente al detalle en nuestro país, salvo en los estudios taxonómicos preliminares realizados por Rodríguez (1991, 1992).

Por esta razón, en este trabajo se evaluará la morfología y anatomía vegetativa y reproductiva de las especies *Gelidium floridanum* y *Pterocliadiella caerulescens*, sobre la base de material colectado en la costa norte de la Península de Araya, Estado Sucre, Venezuela.

METODOLOGÍA

Las muestras estudiadas fueron colectadas mediante buceo libre en los bancos de estas algas en las poblaciones de El Rincón y playa Punta Escarceo, situadas en la Península de Araya, Estado Sucre ($10^{\circ}38'25,72''N$ – $64^{\circ}14'03,96''O$ y $10^{\circ}39'54,89''N$ – $64^{\circ}15'43,01''O$, respectivamente, Figura1). Para ello, las algas fueron retiradas con espátulas y navajas de sus hábitats, tanto en la zona intermareal como en profundidades de hasta aproximadamente 2 m.

Se realizó un total de tres muestreos para ambas especies, durante los días 12/12/2008, 20/02/2009 y 24/07/2009, cubriendo la temporada de vientos más fuertes (diciembre-febrero) y la temporada de calma (julio). Para cada especie en cada colecta se tomaron grupos de talos separados a lo largo de la costa, hasta completar una muestra de aproximadamente 2 Kg de peso húmedo, la cual fue colocada en una bolsa plástica previamente etiquetada.

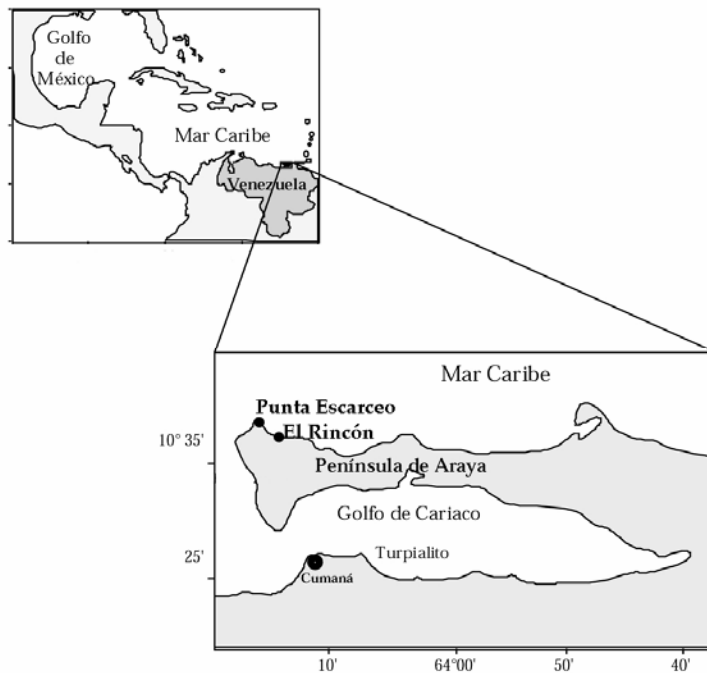


Figura 1. Mapa de la Península de Araya donde se señalan los sitios de muestreos.

Las muestras fueron fijadas directamente en el campo en solución de formalina/agua marina al 4%. De esta forma fueron trasladadas al laboratorio 403 del Departamento de Biología, en la Escuela de Ciencias, donde se mantuvieron en formalina marina al 4% durante 24 horas para completar la fijación. Luego, fueron almacenadas en solución de formalina agua de mar al 2%. Muestras de ambas especies fueron herborizadas en láminas de herbario, las cuales fueron donadas a la Ficoteca del Instituto Oceanográfico de Venezuela.

Se realizaron cortes transversales y longitudinales manualmente, usando hojillas nuevas, con la ayuda del microscopio estereoscópico. Los cortes fueron coloreados con una solución de azul de anilina al 1% (acidificada con HCl), luego se prepararon en láminas semipermanentes con solución acuosa de miel

de maíz de *Karo* al 30%.

Las preparaciones de interés para efectos de este trabajo se fotografiaron con una cámara digital *Panasonic Lumix*, modelo DMCFZ30 adaptada a un microscopio compuesto *Motic*, modelo BA400. Posteriormente las imágenes se editaron con el programa *Adobe Photoshop CS2*, donde se les ajustó el brillo y el contraste, y se convirtieron a escala de grises. En estas fotografías se midieron las dimensiones del diámetro de los distintos tipos de células, de los soros tetrasporangiales, altura del cortex espermatangial, etc. Para ello, se tomó como referencia la escala de un micrómetro objetivo marca *Leitz*, fotografiado bajo las mismas circunstancias (la misma cámara, la misma resolución, el mismo microscopio, y en cada uno de los objetivos). Para cada especie, se prepararon láminas de fotografías, en las que se describieron los aspectos claves de la anatomía reproductiva y vegetativa.

RESULTADOS

1. *Gelidium floridanum*

1.1 Morfología externa

En *G. floridanum* la coloración es rojo-púrpura, presentando una altura que oscila entre 2-3,9 cm. Las ramas son cilíndricas en la porción inferior y comprimidas en el resto del talo; con ramificaciones que van desde el tercer al cuarto orden (en algunos casos hasta quinto), dispuestas dísticamente. Cada sistema de ramas tiene una forma más o menos piramidal y cada eje posee ápices prominentes con una célula apical (Figura 2).



Figura 2. Hábito de *Gelidium floridanum*.

1.2. Anatomía vegetativa

En cuanto a la anatomía vegetativa en *G. floridanum* las células corticales presentaron una altura aproximada de 6,14–8,77 μm y un ancho de 3,51–5,26 μm ; las células subcorticales 7,02–8,77 μm de alto y 4,39–11,40 μm de ancho, mientras que la médula tuvo 3,51–8,77 μm de diámetro (Figura 3).

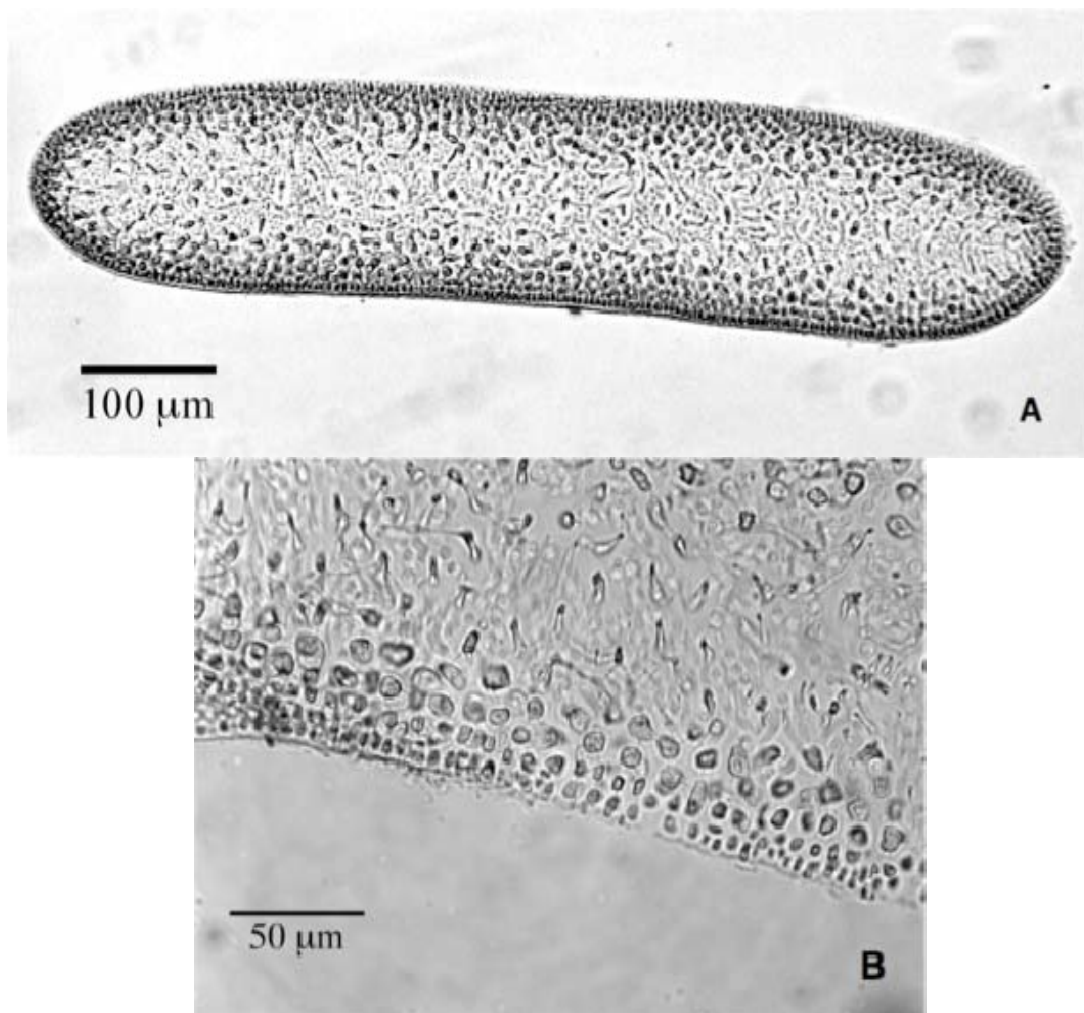


Figura 3. Anatomía vegetativa de *G. floridanum*. **A.** Corte transversal de una rama infértil. **B.** Detalle de la corteza y de la médula.

1.3. Anatomía del cistocarpio

El cistocarpio de *G. floridanum* presentó dos lóculos, con un tabique central en el que la placenta que produce los carposporangios se localiza a ambos lados. De esta manera, el cistocarpio posee dos cavidades separadas por el tabique, cada una de las cuales se llena de carposporangios en la madurez del cistocarpio.

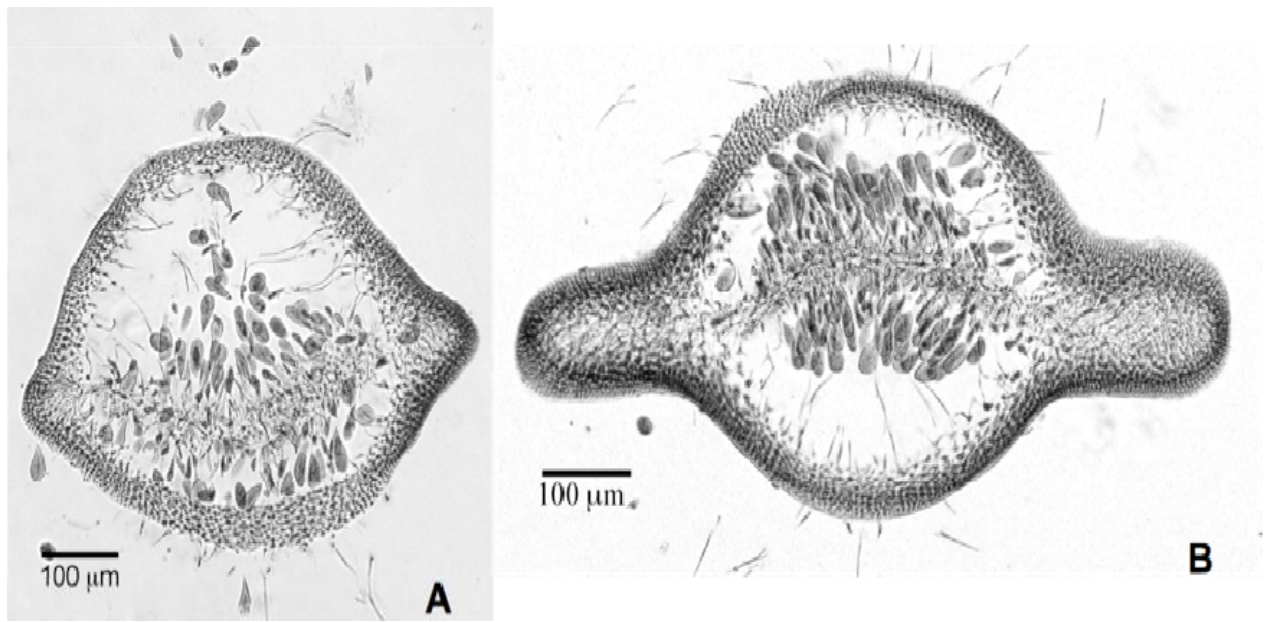


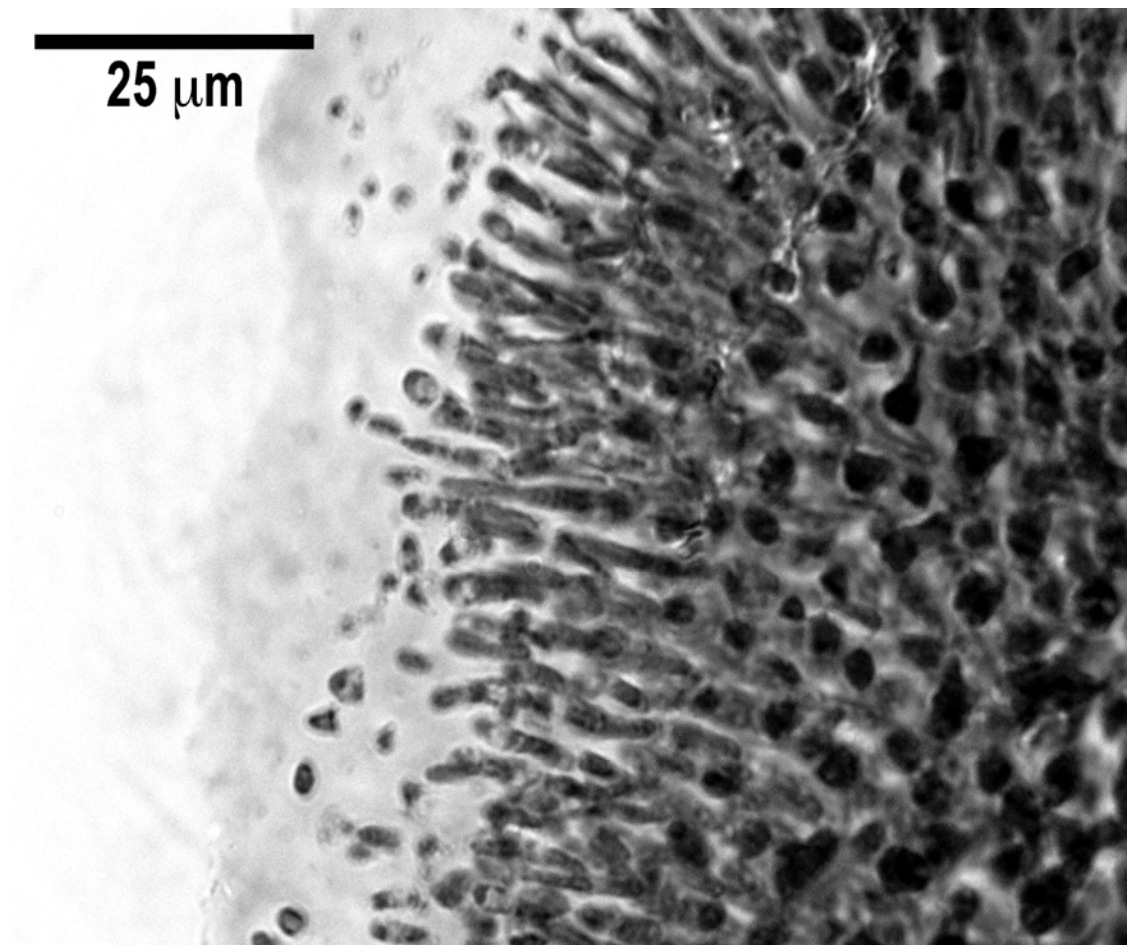
Figura 4. Anatomía del cistocarpio de *G. floridanum*. **A.** Cistocarpio adulto. **B.** Cistocarpio maduro de *G. floridanum*.

1.4. Anatomía de los soros espermatangiales

Los gametangios masculinos (espermatangios) de *G. floridanum* se producen superficialmente cerca de los ápices de las pínulas, en soros irregulares que se distinguen de las células corticales no diferenciadas porque no son pigmentados y parecen manchas pálidas. Un hecho peculiar que observamos

en esta especie, es que algunas plantas cistocárpicas también poseen soros masculinos en las mismas pínulas donde se forman los cistocarpos. Esto nos indica que estas plantas poseen gametangios tanto masculinos como femeninos, de manera que son monoicas.

Los espermatangios son cortados distalmente de células madre, las cuales son células corticales diferenciadas, muy alargadas, que cortan en su extremo distal un espermatangio (Figura 5). La altura de los soros espermatangiales (incluyendo cutícula, espermatangios y células madre de los espermatangios) es de 17 a 22 μm . El diámetro de los espermatangios osciló entre 1 - 3,5 μm .



1.5. Tetrasporangios

En el estudio realizado en *G. floridanum* se observó que los tetrasporangios se producen en la corteza, principalmente en las pínulas de último orden, formando regiones fértiles también conocidas como soros tetrasporangiales. Cada tetrasporangio es una célula de gran tamaño, de aproximadamente 80 μm , que se forman a partir de células corticales internas que se agrandan significativamente y finalmente sufren meiosis y citocinesis (Hommersand y Fredericq, 1988).

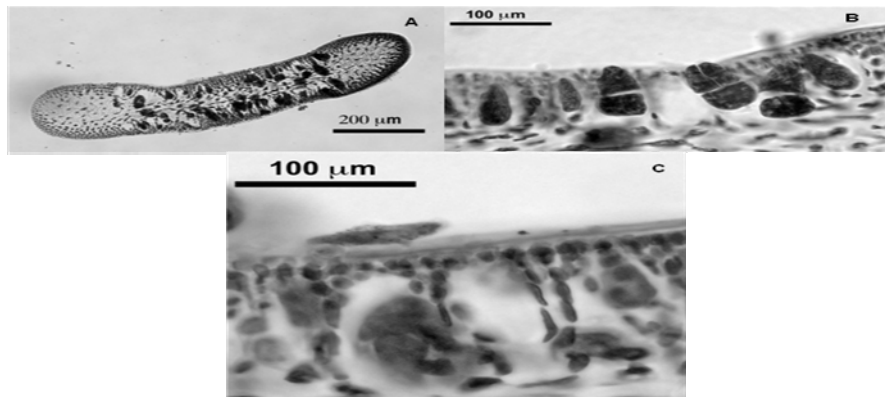


Fig 6. Soro tetrasporangial de *G. floridanum*. **A.** Soro maduro de. **B.** Tetrasporangios en formación y tetrasporangios maduros. **C.** Espacios para el inicio de la formación de los tetrasporangios.

Figura 5. Corte transversal de un soro masculino de *G. floridanum*.

2. Pterocliadiella caerulescens

2.1. Morfología externa

Los ejemplares de *P. caerulescens* son de color púrpura oscuro a marrón

verdoso, con un largo comprendido entre 3,4 – 9,4 cm, su parte inferior es subcilíndrica y los ejes erguidos suelen ser cilíndricos a subcilíndricos, finalizando en ramas que se hacen comprimidas a aplanadas a medida que se acercan al ápice. Sus ramificaciones son de segundo a tercer orden y presentan una célula apical en forma de cúpula en los ápices de ejes y ramas, la mayoría sumergida en una depresión apical (Figura 6).



Figura 6. Hábito de *Pteroclatiella caerulescens*.

2.2. Anatomía vegetativa

P. caerulescens mostró células corticales de aproximadamente 2,59-4,07 μm de alto y 1,11-1,85 μm de ancho; células subcorticales con un aproximado de 2,22-3,70 μm tanto de ancho como de largo, presentando una forma redondeada en vez de cilíndrica (como en el caso de las corticales) y una médula de 1,85-5,56 μm de diámetro aproximadamente (Figura 7).

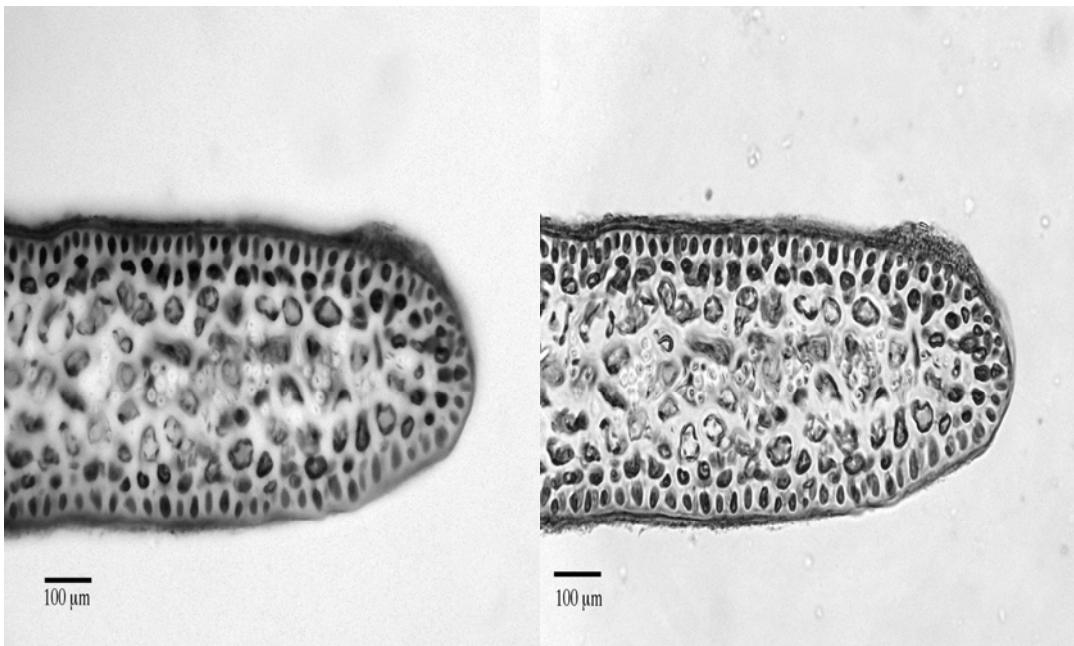


Figura 7. Anatomía vegetativa de *P. caerulescens*.

2.3. Anatomía del cistocarpo

En *P. caerulescens* se observan cistocarpos uniloculares, es decir, con una sola cavidad, sin un tabique que la separe en dos (Figura 8A). Las carposporas se producen a partir de una serie de filamentos (placenta) inicialmente adheridos a una de las paredes del cistocarpo, que luego se separa de la pared y se constituye en una placenta localizada central o axialmente en la madurez

(Figura 8A). Algunas células de la placenta se alargan y mantienen la conexión con la pared del cistocarpo (Figura 8B), sirviendo probablemente como puente para traslocación de productos de la fotosíntesis. Los carposporangios se forman en hileras, unidos a través de *pit-connections* primarias (Figura 8C). Los carposporangios localizados más cercanos al extremo de la hilera maduran primero y luego se desprenden. Externamente, cada cistocarpo posee un poro o ostiolo por donde salen las esporas, localizado en uno de sus lados, aunque también se observaron cistocarpos en los que aparecen varios poros dispuestos en hilera.

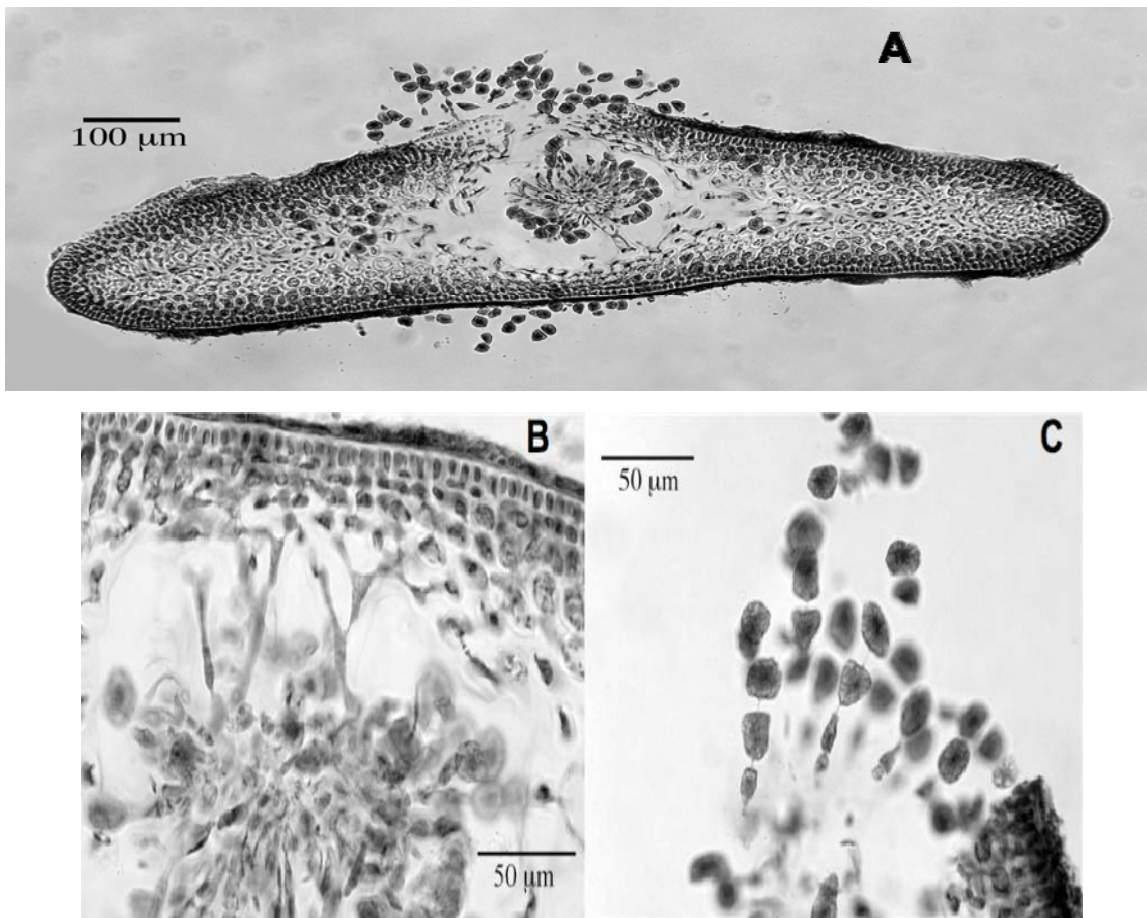


Figura 8. Anatomía del cistocarpo de *P. caerulescens*. **A.** Estructura cistocárpica de *P. caerulescens*. **B.** Detalle del cistocarpo. **C.** Detalle de carposporas en cistocarpo de *P. caerulescens*.

2.4. Anatomía de los soros espermatangiales

Los espermatangios en *P. caerulescens* se producen en soros superficiales, que se distinguen como manchas pálidas localizadas en el centro de las pínulas, con bordes más o menos irregulares (Figura 9).

En este caso, los espermatangios también se producen distalmente a partir de células madre muy alargadas. Estas células madre corresponden a células corticales diferenciadas. La altura del soro espermatangial (incluyendo cutícula, espermatangios y células madre de los espermatangios) es de 11 a 20 μm , y el diámetro de los espermatangios es de 1,5 a 2,5 μm .

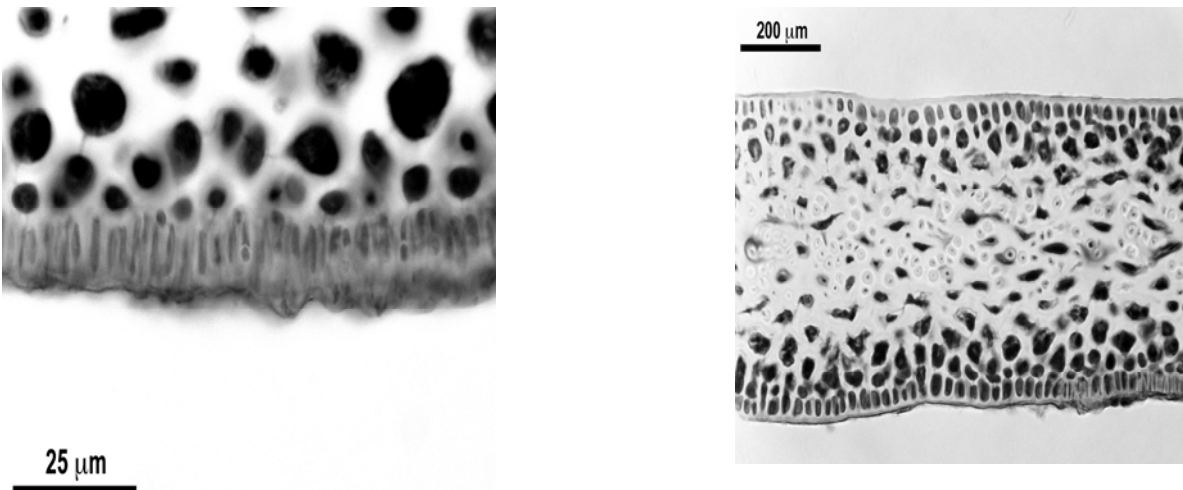


Figura 9. Estructura masculina de *P. caerulescens*

2.5 Tetrasporangios.

Los tetrasporangios se producen en la corteza, en soros tetrasporangiales que cubren casi toda la superficie del talo, en particular en la región cercana al ápice de cada rama. Los tetrasporangios miden aproximadamente 80-90 μm , y se forman también a partir de células corticales internas que sufren meiosis y citocinesis.

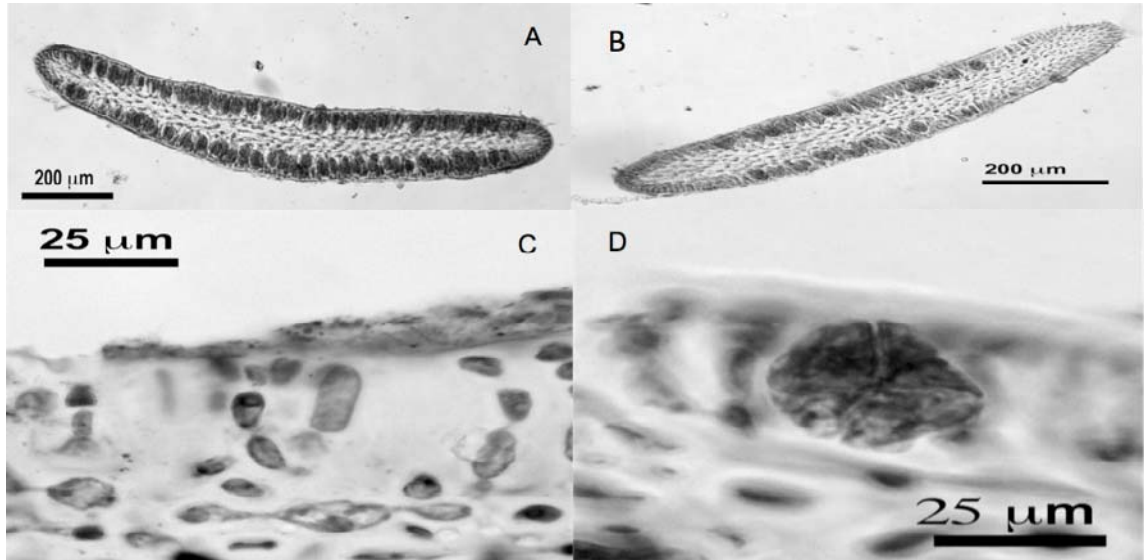


Fig. 11. Soro tetrasporangial de *P. caerulescens*. **A.** Soro tetrasporangial maduro. **B.** Soro tetrasporangial en formación. **C.** Tetrasporangio en formación en soro. **D.** Tetrasporangio maduro

Tabla 1. Descripción del Soro tetrasporangial de *G. floridanum* y *P. caerulescens*.

	<i>G.</i> <i>floridanum</i>	<i>P.</i> <i>Caerulescens</i>
Soro (Alto)	185,71 μm	170,91 μm
Soro (Ancho)	857,14 μm	1127,27 μm
Tetrasporangio en formación (Alto)	72,37 μm	27,38 μm
Tetrasporangio en formación (Ancho)	19,74 μm	8,93 μm
Tetrasporangio maduro (Alto)	102,63 μm	37,93 μm
Tetrasporangio maduro (Ancho)	52,63 μm	32,33 μm

DISCUSIÓN

La morfología del hábito y la anatomía reproductiva de *Gelidium floridanum* y *Pterocladia caerulescens* permiten distinguir claramente estas especies una de otra (Tabla 1), y de las otras especies de Gelidiaceae descritas para el país (Velásquez, 1981, Rodríguez, 1991, 1992, Loayza, 1994).

Estas dos especies previamente habían sido incluidas únicamente en estudios florísticos-ecológicos, o aplicados, pero no se había hecho mayor énfasis en sus detalles estructurales y reproductivos (Ganesan, 1989). La única excepción la constituyen los dos trabajos publicados por Rodríguez (1991, 1992), en los cuales se presentan algunas observaciones en varias especies de *Gelidium* y de *Pterocladia* presentes en Venezuela. Inclusive, en el trabajo dedicado a *Pterocladia* (incluyendo también especies de *Pterocladia*) se cita por primera vez para el país a la especie *Pterocladia caerulescens* (Rodríguez, 1992). Sin embargo, en estas investigaciones de Rodríguez no se presentan datos sobre las estructuras masculinas de las especies, ni se profundizan en muchos detalles de la anatomía del cistocarpo, dos de las características más relevantes en la sistemática de las algas rojas en general.

Una característica observada en ambas especies es que la proporción de plantas masculinas, en comparación con las tetrasporangiales y las plantas cistocárpicas es muy baja, de manera que para observar plantas masculinas debe tomarse una muestra muy grande de ejemplares, la cual debe ser revisada meticulosamente bajo el microscopio estereoscópico. Esto puede ser una de las razones principales por las que previamente no se había descrito esta fase sexual en estas especies. A esto debe sumarse, en el caso de *Gelidium floridanum*, que las estructuras masculinas pueden ser formadas también en plantas femeninas o cistocárpicas.

Gelidium floridanum

G. floridanum es una especie de Gelidiaceae presente en varias localidades de la Península de Araya (Punta Escarceo, El Rincón, El Morro de Chacopata, Guarapo-Oturo), específicamente en localidades rocosas intermareales expuestas a un oleaje moderado a fuerte, formando pequeños manchones. Esta alga normalmente crece en la zona intermareal superior, es decir, queda expuesta al aire en los periodos comprendidos entre cada cresta de ola. En el sector de la Esmeralda, al este de la Península de Araya, esta especie forma bancos más densos e inclusive puede crecer permanentemente sumergida (Bellorín, comunicación personal).

El material venezolano coincide con la descripción original de Taylor (1960), tal como fue señalado por Rodríguez (1991): plantas de aproximadamente 4 cm de largo, cilíndricas en la porción inferior y comprimidas en el resto del talo. Ramas principales de aproximadamente 1,5 mm de ancho, las laterales de 700-800 μm , con ramificación pinnada.

En nuestro país *G. floridanum*, en cuanto a tamaño, es una especie de mediano porte comparada con *G. serrulatum* (Loayza, 1994), la especie más grande de este género presente en nuestras costas, y el resto de las especies reportadas del género, como *G. pusillum* y *G. americanum* (Taylor, 1960), que son especies muy pequeñas (de uno a dos centímetros de altura), de forma que son fácilmente distinguibles de *G. floridanum*.

La coloración de *G. floridanum*, aunque es una característica algo variable, permite distinguirla normalmente de *G. serrulatum*, por cuanto entre las

Tabla 2. Características anatómicas y morfológicas de las *G. floridanum* y *P. caerulescens*.

	A n m	Al m	R	CC(An cho) μm	CC (Alto) μm	CSC (Ancho) μm	CSC (Alto) μm	M (Diám) μm	CC
<i>Gelidium floridanum</i>	0 0,5–1 mm	1, 6–3,8 mm	5 –6 (7)	3,51– 5,26 μm	6,14– 8,77 μm	4,39– 11,40 μm	7,02– 8,77 μm	3,51– 8,77 μm	2
<i>Pterocladia caerulescens</i>	1 –1,5 mm	3, 4–9,4 mm	4 –5	1,11– 1,85 μm	2,59– 4,07 μm	2,22–3,7 μm	2,22– 3,7 μm	1,85– 5,55 μm	1

An= Ancho de ramas; **Al**= Alto de los ejes; **R**= Ramificaciones; **CC**= Dimensiones de las Células Corticales; **CSC**= Dimensiones de las Células Sub-corticales; **M**= Dimensiones de las células de la Médula. **NCC**= Números de cavidades del Cistocarpo.

especies de *Gelidium* presentes en el país, *G. floridanum* es la única que presenta una coloración rojo intenso a púrpura, mientras que la coloración de *G. serrulatum* es de tonos marrones a marrón-negruzco (Figura 10). La ramificación y la forma de las pinnulas también son diferentes entre una y otra especie.

Esta especie fue propuesta por William Randolph Taylor en 1943, basándose en material de Haití y desde su proposición no ha sufrido cambios taxonómicos. Su distribución actual es la siguiente: Norte América (Florida), América Central (Costa Rica), Islas del Caribe y Sur América (Brasil, Venezuela) http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=5469&-session=abv4:C808DBDB02bcb07B34wvg2F863E2)

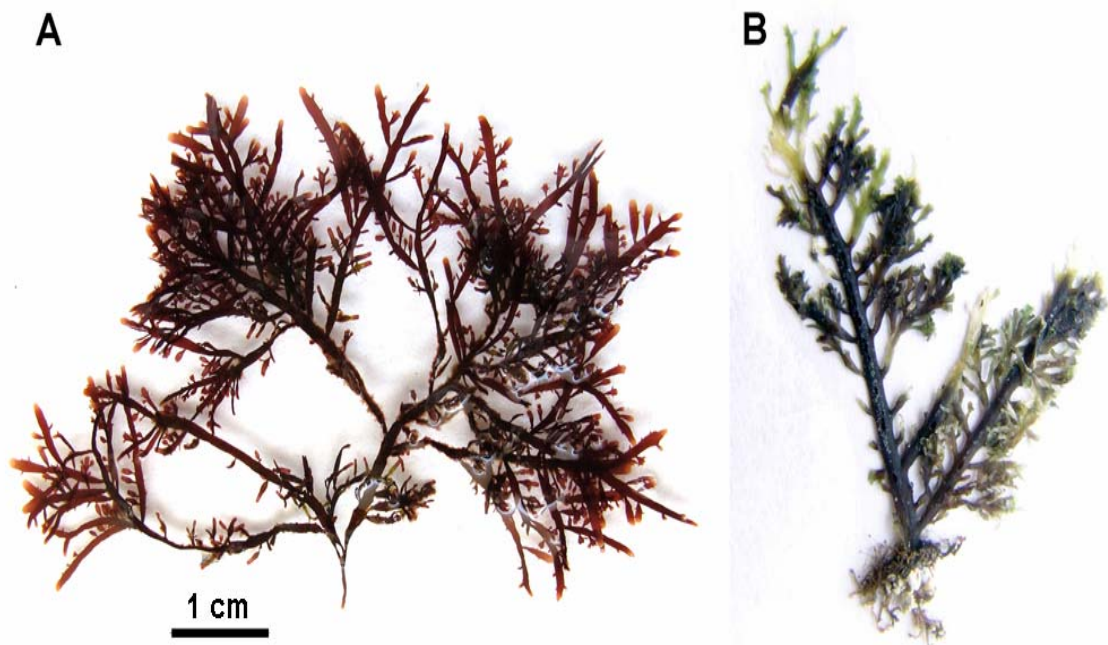


Figura 10 hábito entre *G. floridanum* y *G. serrulatum*. **A.** Hábito de *G. floridanum*. **B.** *G. serrulatum*. La escala es la misma para ambas estructuras.. Comparación de

Las comparaciones de secuencias homólogas de ADN, con la finalidad de establecer relaciones filogenéticas y biogeográficas, han mostrasdo que la especie *G. floridanum* forma parte de un gran clado o complejo que comprende especies de los océanos Índico y Pacífico, junto con especies del Mar Caribe (Shimada *et al.*, 2000). Este clado de especies está separado del clado que comprende las especies de *Gelidium* de Europa, y del clado de especies relacionadas con *G. coulteri* y del clado de especies relacionadas con *Suhria* (Anexo 1)

Pterocliadiella caerulescens

P. caerulescens fue citada por primera vez para el país por Rodríguez (1992) para los Estados Falcón y Carabobo. Más tarde, fue reportada en el oriente del país únicamente en la Península de Araya, específicamente en el extremo occidental (Punta Escarceo y El Rincón) (Bellorin, 2006).

Esta especie crece sobre rocas y conchas en lugares expuestos al oleaje, formando pequeñas bandas en la zona intermareal, en general por debajo de las bandas de *Ulva fasciata*, *Hypnea musciformis*, e inclusive *G. floridanum*. En los lugares donde coincide con *G. floridanum*, siempre *P. caerulescens* crece a profundidades ligeramente mayores y muy raramente queda expuesta al aire.

esta especie ha sido muy poco estudiada en nuestro país. Rodríguez (1992) presenta una descripción de las plantas cistocárpicas y tetrasporangiales, y una discusión acerca de la utilidad de algunas características vegetativas en el reconocimiento de la especie, dado que normalmente es difícil coleccionar plantas sexualmente diferenciadas, en particular las plantas masculinas.

En Venezuela, las especies descritas de *Pterocladia* son *P. capillacea*, *P. caerulescens* y *P. bartlettii*. *P. caerulescens* se distingue claramente de *P. bartlettii* por el tamaño, dado que esta última raramente excede los cinco centímetros y los ejes de las ramas son muy delicados (máximo un milímetro de ancho) (Taylor, 1960). *P. caerulescens* se distingue de *P. capillacea* por el patrón de ramificación y por la coloración. *P. capillacea* típicamente es profusamente ramificada, con ejes subcilíndricos delicados, en tanto que *P. caerulescens* es menos ramificada y los ejes son aplanados y más anchos. Así mismo, *P. caerulescens* es de color púrpura oscuro a marrón verdoso, en tanto que *P. capillacea* es de color púrpura a rojo vivo (Figura 11). Por otra parte, *P. capillacea* forma bancos más o menos densos creciendo en la zona intermareal superior, en tanto que *P. caerulescens* crece en la zona intermareal inferior, casi siempre sumergida.

Esta especie fue propuesta por primera vez por Kützing, en 1868, para un material de Nueva Caledonia (Oceanía), como *Gelidium caerulescens*. En 1997, Santelices y Hommersand, al proponer al género *Pterocladia*, la incluyeron como una de las especies transferidas a este último, bajo el binomio *Pterocladia caerulescens*. Esta especie ha sido registrada en África, Australia y Oceanía, Hawai, Islas del Caribe, América del Sur (Brasil, Colombia, Venezuela), América Central (Costa Rica) y Asia (China, Japón, India) (http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=21177&-session=abv4:C808DBDB02bcb07B34wvg2F863E2).

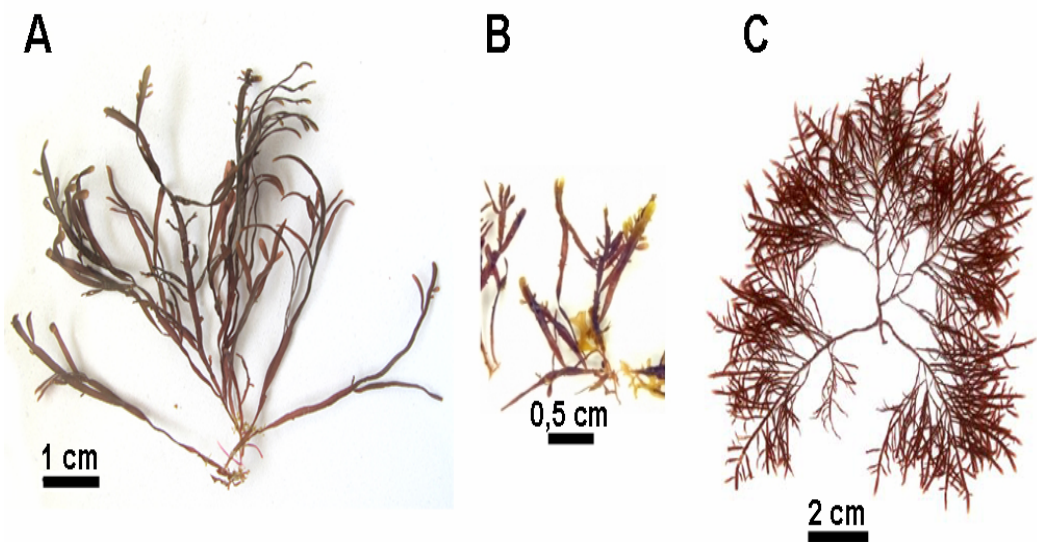


Figura 11. Comparación de hábito entre: **A.** *P. caerulea*. **B.** *P. bartlettii*. **C.** *P. capillacea*.

Pterocliadiella caerulea ha sido confirmada, en los estudios moleculares, como una especie perteneciente al clado de *Pterocliadiella*, aunque estos estudios no arrojan relaciones biogeográficas claras con otras especies del género (Nelson 2006; Anexo 1).

CONCLUSIONES

- ✓ Las especies *Gelidium floridanum* y *Pterocladella caerulescens* se diferencian claramente entre sí, tanto por las características de su hábito como, en particular, por la anatomía del cistocarpo (dos cavidades con poros a ambos lados del fronde en *Gelidium*, una sola cavidad con poros a un solo lado en *Pterocladella*).
- ✓ Estas especies, aun cuando crecen en una misma localidad, están separadas en cuanto a su posición exacta en la costa rocosa: *Gelidium floridanum* crece en la zona intermareal propiamente dicha, mientras que *Pterocladella caerulescens* crece en la zona intermareal inferior, y raramente queda expuesta al aire (ocasionalmente en mareas vivas muy intensas).
- ✓ En ambas especies la proporción de plantas masculinas es muy baja, por lo que deben ser tomadas muestras grandes, que incluyan varios parches de algas separados, y éstos deben ser revisados meticulosamente al microscopio estereoscópico.
- ✓ Algunas plantas cistocárpicas de *Gelidium floridanum* poseen soros masculinos en las mismas pinnulas donde se forman los cistocarpos, lo que las hace monoicas, de manera que constituyen una desviación del ciclo de vida clásico de la familia.

BIBLIOGRAFÍA

“Algaebase”.

<http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=5 469&-
session=abv4:C808DBDB02bcb07B34wvg2F863E2>. (15/02/2009).

“Algaebase”.

<http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=21 177&-
session=abv4:C808DBDB02bcb07B34wvg2F863E2>. (15/02/2009).

Bailey, J.C. y Freshwater, D.W. 1997. Molecular systematics of the Gelidiales: inferences from separate and combined analyses of plastid rbcL and nuclear SSU gene sequences. *European Journal of Phycology*. 32: 343-352.

Bellorín, M. 2006. Producción y calidad de agar de *Pterocladia caerulescens* Santelices y Hommersand (Gelidiales, Rhodophyta) de el Rincón de Araya. Trabajo de pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná.

Dawes, C. 1986. *Botánica Marina*. Editorial Limusa.

Ganesan, E. K. 1989. *A catalog of benthic marine algae and seagrasses of Venezuela*. Fondo Editorial Conicit. Caracas, Venezuela.

Hariot, P. 1889. Algues. Mission scientifique du Cap Horn. 1882-1883. *Botanique*, 5: 3-109

Lee, R. E. 2008. *Phycology*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.

Lemus, A. J.; Bird, K.; Kapraun, D. y Koehn, F. 1991. Agar yield, quality and standing crop biomass of *Gelidium serrulatum*, *Gelidium floridanum* and *Pterocladia capillacea* in Venezuela. *Food Hydrocolloids*, 5: 469-479.

Lewis, R. y Hanisak, M. 1996. Effects of phosphate and nitrate supply on productivity, agar content and physical properties of agar of *Gracilaria* strain G-16S. *Journal of Applied Phycology*, 8: 41-9.

Loayza, R. 1994. Aspectos taxonómicos, fases de desarrollo “in vitro”, fenología y caracteres reológicos del agar de *Gelidium serrulatum* J, Agardh (Gelidiales, Rhodophyta). Tesis Maestría. Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente, Cumaná.

Matsushashi, T. y Harris, P (ed.). 1990. *Agar food gels*. Elsevier Applied Science, New York.

Melo, R. A. 1998. *Gelidium* commercial exploitation: natural resources and

cultivation. *Journal Applied Phycology*, 10: 303–14.

Melo, R. A.; Harger, B. W. y Neushul, M. 1991. *Gelidium* cultivation in the sea. *Hidrobiología*, 221: 91-106.

Nelson, W. A.; Knight, G. A.; Falshaw, R.; Furneaux, R. H.; Falshaw, A. y Lynds, S. M. 1994. Characterization of the enigmatic, endemic red alga *Gelidium allanii* (Gelidiales) from Northern New Zealand: Morphology, distribution, agar chemistry. *Journal Applied Phycology*, 6: 497-507.

Nelson, W.; Farr, T. y Broom, J. 2006. Phylogenetic diversity of New Zealand Gelidiales as revealed by *rbcL* sequence data. *Journal of Applied Phycology*, 10: 107-114.

Oliveira, E. C.; Alveal, K. y Anderson, R. 2000. Mariculture of the agar-producing Gracilarioid red algae. *Reviews in Fisheries Science*, 8(4): 345-378.

Ohno, M.; Arai, S. y Watanabe, M. 1990. Seaweed sucesión on artificial reefs on different bottom substrata. *Journal of Applied Phycology*, 2(4): 327-332.

Ortega, M.; Godínez, J. y Garduño, G. 2001. *Catálogo de las algas bentónicas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal. pp 107.

Rodríguez, N. 1991. Estudios taxonómicos en agarofitas de Venezuela I. Notas sobre el género *Gelidium lamouroux* (Rodophyta, Gelidiales). *Ernstia*, 1(1): 5-20.

Rodríguez, N. 1992. Estudios taxonómicos en agarofitas de Venezuela II. Notas sobre el género *Pterocladia J. Agardh* (Rodophyta, Gelidiales). *Ernstia*, 2(3-4): 77-93.

Santelices, B. 1988. Synopsis of biological data on the seaweed genera *Gelidium* and *Pterocladia* (Rhodophyta). *FAO Fisheries Synopsis*, 145.

Santelices, B. 1998. Taxonomic review of the species of *Pterocladia* (Gelidiales, Rhodophyta). *Journal Applied Phycology*, 10: 237–252.

Santelices B. y Hommersand, M. 1997. *Pterocladia*, a new genus in the Gelidiaceae (Gelidiales, Rhodophyta). *Phycology*, 36: 114–119.

Santos, R. 1995. Size structure and inequality in a commercial stand of the seaweed *Gelidium sesquipedale*. *Marine Ecology Progress Series*, 119: 253-263.

Shimada, S., Horiguchi, T. y Masuda, M. 2000. Two new species of *Gelidium* (Rhodophyta, Gelidiales), *Gelidium tenuifolium* and *Gelidium koshikianum* from Japan. *Phycological Research*, 48: 37-46.

Taylor, W. 1960. *Marine algae of the Eastern tropical and subtropical coasts of the América*. The University of Michigan Press. Ann. Arbor. 662p.

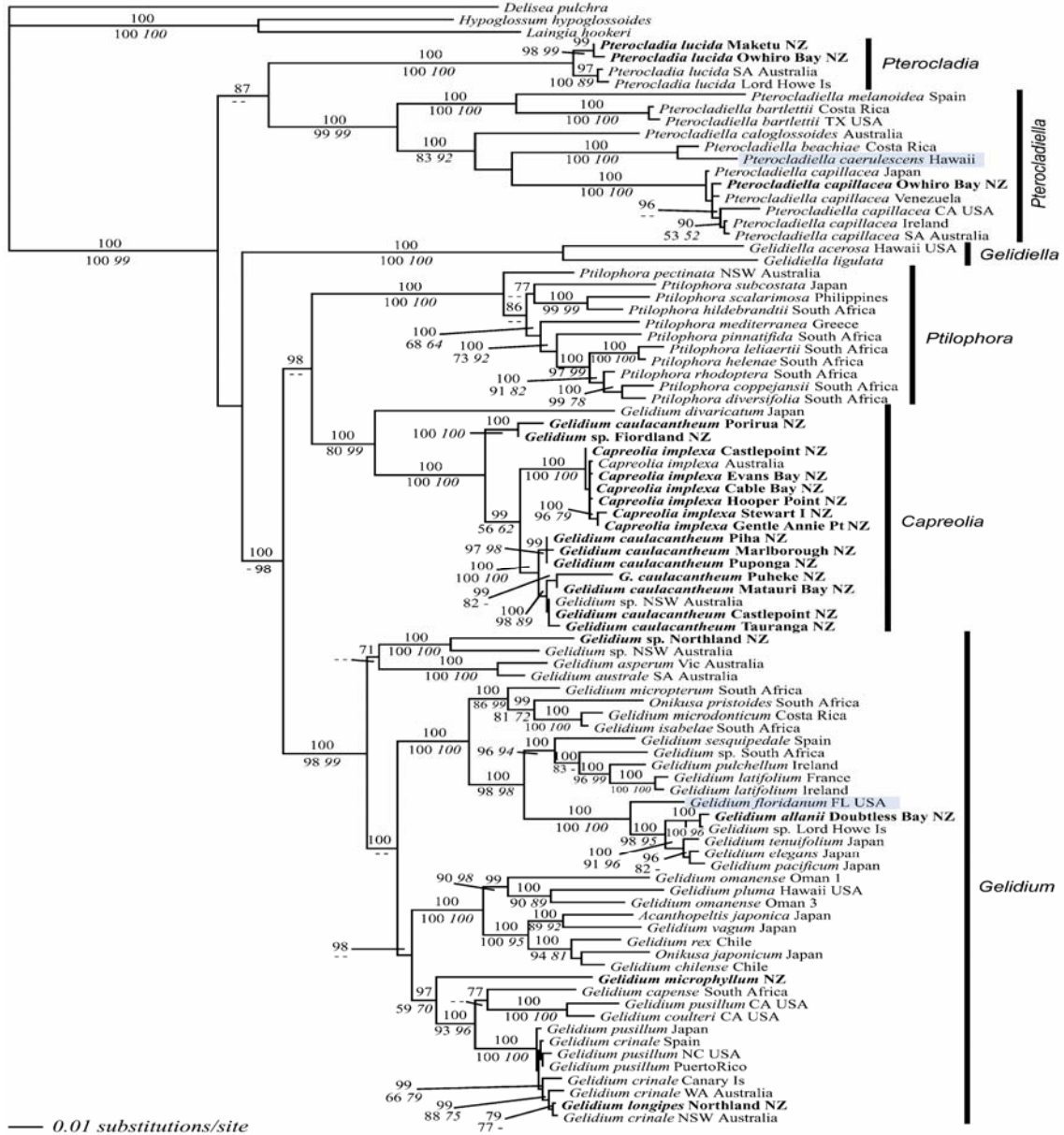
van den Hoek, C.; Mann, D.G. y Jahns, H. M. 1995. *Algae, an introduction to phycology*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.

Velásquez, A. 1981. Estudios sobre la biología, ecología y la composición química de la agarofita *Pterocladia capillacea* (Gmelin) Bornet et Thuret del oriente de Venezuela. Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná.

Wynne, M. y Freshwater, D. 2004. *Gelidium omanense* sp. nov. (Gelidiaceae, Rhodophyta) from the Sultanate of Oman. *Botánica Marina*, 47: 64-72.

Zemke-White, W. L. y Ohno, M. 1999. World seaweed utilization: An end-of-century summary. *Journal of Applied Phycology*, 11: 369-376.

ANEXOS



Anexo 1. Árbol filogenético obtenido a través de la comparación de secuencias de ADN plastidial que codifica la sub-unidad grande de la enzima Rubisco en miembros de Gelidiaceae tomada de Nelson, 2006

HOJA DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

Título	ESTUDIOS MORFOLÓGICOS Y REPRODUCTIVOS EN Gelidium floridanum Y Pterocliadiella caerulescens (GELIDIACEAE, RHODOPHYCEAE) DE LA PENÍNSULA DE ARAYA, ESTADO SUCRE, VENEZUELA
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Rosas J.	CVLAC	17672342
Miriangel M. M.	e-mail	Angelamara_38@hotmail.com
Del V.	e-mail	

Palabras o frases claves:

<i>Pterocliadiella</i> , anatomía vegetativa, habito, Soro
--

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación

Área	Subárea
CIENCIAS	BIOLOGÍA

Resumen (abstract):

Dentro de la familia Gelidiaceae, el género *Gelidium* es el más amplio e incluye aproximadamente 100 especies en el mundo. Otros géneros de importancia comercial son *Pterocladia*, *Pterocladia* y *Gelidiella*, que incluyen menos especies y se diferencian de *Gelidium* básicamente por algunas características anatómicas del cistocarpo. En este trabajo se evalúa la morfología y anatomía reproductiva de *Gelidium floridanum* (Taylor) y *Pterocladia caerulescens* (Kützinger) de la Península de Araya, Estado Sucre. Las muestras fueron recolectadas en las localidades de El Rincón y Punta Escarceo. Se fijaron en formalina/agua marina al 4% durante 24 a 48 horas y luego al 2%. En el laboratorio se hicieron cortes transversales y longitudinales a mano, con hojillas y éstos fueron coloreados con una solución de azul de anilina al 1% (acidificada con HCl). Se prepararon láminas semipermanentes con solución acuosa de miel de maíz o "Karo" al 30%. Las preparaciones de interés fueron fotografiadas con una cámara digital *Panasonic Lumix DMC-FZ3* acoplada a un microscopio *Motic BA400*. Las imágenes obtenidas fueron mejoradas con el programa *AdobePhotoShop CS2*. La coloración, en el caso de *G. floridanum*, varió de púrra a rojo oscuro, y en *P. caerulescens*, de púrpura a marrón verdoso. Ambas especies poseen una construcción morfológica parecida, con un sistema de fijación de rizoides del que parten ejes erectos ramificados de forma dística, con una apariencia en general piramidal. Sin embargo, las plantas de *G. floridanum* son más pequeñas (2 – 3,9 cm) en comparación con *P. caerulescens* (3,4 – 9,4 cm). Los cistocarpos de *G. floridanum* poseen dos cavidades llenas de carposporangios, en tanto que en *P. caerulescens* aparece una sola cavidad. En ambas especies los espermatangios se forman en soros superficiales, siendo las células madres de los espermatangios células corticales terminales modificadas, que se alargan y cortan distalmente espermatangios. En *G. floridanum* algunas plantas cistocárpicas también poseen soros masculinos en las mismas pinnulas donde se forman los cistocarpos

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
BELLORÍN, ALEXIS	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	11380626
	e-mail	almiguel@yahoo.com
	e-mail	
BARRIOS, JORGE	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	6439682
	e-mail	jebarster@gmail.com
	e-mail	
BRITO, LEONOR	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	5083473
	e-mail	leonorbrito@gmail.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2011	2	1

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-RosasM.doc	Application/Word

Alcance:

Espacial: Nacional _____ (Opcional)

Temporal: Temporal _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Licenciado (a) en Biología

Nivel Asociado con el Trabajo: licenciado (a)

Área de Estudio:
Licenciatura en Biología

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

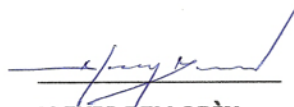
Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso –
5/5

Derechos:

Yo, Miriangel Rosas como autora intelectual de este trabajo de investigación le doy el derecho a la Universidad de Oriente para divulgar esta tesis siempre y cuando resguardando la patente de industria y comercio si se diera el caso



MIRIANGEL ROSAS



ALEXIS BELLORÍN



JORGE BARRIOS



LEONOR BRITO

POR LA COMISIÓN DE TESIS:

