



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

Ontogenia de las flores femeninas de *Syringodium  
filiforme* (Cymodoceaceae)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Bióloga

P R E S E N T A :

Nerea Martí Larrucea



DIRECTORA DE TESIS:  
Dra. Guadalupe Judith Márquez Guzmán  
2022  
Ciudad Universitaria, CDMX



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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





*Amama eta Aitxitxerentzat,*

*Ama eta Aitarentzat*

*Betirako zatitxo bat nire bihotzean.*

## **Agradecimientos académicos**

Agradezco a la UNAM, especialmente a la Facultad de Ciencias y a todos aquellos profesores que me dieron clase. A ustedes les debo mis conocimientos y el amor por mi carrera.

Al Laboratorio de Desarrollo en Plantas, a mi tutora, la Dra. Guadalupe Judith Márquez Guzmán, gracias por la guía y el apoyo durante este tiempo, por revisar tantas veces mis borradores y por hacer que me enamorara de los pastos marinos. También, gracias por las asesorías para usar el equipo de la M. en C. Mónica Pérez y el material del M. en C. Ricardo Wong.

Al laboratorio de pastos marinos en la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales de Puerto Morelos, especialmente a la Dra. Brigitta I. van Tussenbroek y a la M. en C. Guadalupe Barba por su apoyo durante la recolecta de material y mi estadía.

Al laboratorio de Microcine, al M. en C. Alejandro Martínez Mena y a la M. en C. Anabel Bieler de la Facultad de Ciencias por el asesoramiento con la toma de fotografías de microscopio.

Al Proyecto número 61502 Ciencia de Frontera de CONACYT por la beca otorgada.

A los miembros del jurado, la Dra. María de Lourdes Segura Valdez, la Dra. Martha Juana Martínez Gordillo, la Dra. Guadalupe Judith Márquez Guzmán, la Dra. Karina Jiménez Durán y la Dra. Alma Delfina Lucía Orozco Segovia, cuyas observaciones ayudaron a mejorar mi trabajo.

<b>ÍNDICE</b>	
INTRODUCCIÓN .....	7
ANTECEDENTES .....	11
<i>Syringodium filiforme</i> .....	12
JUSTIFICACIÓN .....	17
OBJETIVO GENERAL .....	17
OBJETIVOS PARTICULARES .....	17
MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
Área de estudio .....	18
Procesamiento de muestras en el laboratorio .....	19
1. Inclusión en parafina .....	20
2. Inclusión en resina acrílica LR White .....	21
3. Pruebas histoquímicas .....	22
RESULTADOS .....	24
Anatomía de la flor femenina .....	24
Pruebas histoquímicas con Rojo O de aceite .....	33
DISCUSIÓN .....	37
CONCLUSIONES .....	44
REFERENCIAS .....	45

## INTRODUCCIÓN

Los pastos marinos son angiospermas acuáticas que habitan exclusivamente en ambientes marinos. Se nombran de esta forma debido a la semejanza que presenta la mayoría de las especies con los pastos de la familia Poaceae (Dennison, 2009).

Los pastos marinos son un grupo ecológico y no taxonómico. Esto significa que las especies que lo conforman no son un grupo monofilético. Todos los *taxa* pertenecientes al grupo de los pastos marinos se clasifican dentro del superorden Alismatiflorae (Monocotyledonae), también conocidos como Helobiae. Tres familias de las cuatro que lo integran consisten exclusivamente de pastos marinos; Zosteraceae, Cymodoceaceae (a la cual pertenece *Syringodium filiforme* Kützing) y Posidoniaceae. La cuarta familia, Hydrocharitaceae, contiene tres géneros considerados pastos marinos, pero los otros 14 géneros son dulceacuícolas. Los 12 géneros incluidos en las familias mencionadas son los únicos confinados completamente a un ambiente marino; sin embargo, se ha observado que la especie *Ruppia tuberosa* Davis & Tomlinson, otras especies de la familia Ruppiaceae y *Lepilaena marina* E.L. Robertson, de la familia Zannichelliaceae también se encuentran en ambientes marinos, pero la inclusión de las mismas dentro de los pastos marinos sigue en discusión debido a que también se encuentran frecuentemente en estuarios, lagunas costeras o ambientes hipersalinos que no se clasifican como marinos (Dennison, 2009).

Los pastos marinos son característicos de los cuerpos de agua euhalinos, es decir, aquellos que tienen un rango de salinidad del 30 al 35 ‰ y, a su vez, homoiohalinos o cuyo valor no cambia mucho en el tiempo (Arber, 2010).



Las propiedades que son indispensables en una planta de agua marina según Arber (2010) son:

- Capacidad de adaptación a la vida en un medio salino.
- Capacidad para crecer cuando están completamente sumergidas.
- Poseer un sistema de anclaje seguro.
- Presentar un mecanismo de polinización hidrófila.

En específico, las características únicas de los pastos marinos son (Dennison, 2009):

- Habitar exclusivamente en ambientes marinos o estuarinos.
- Polinización bajo el agua con polen especializado.
- Producción de semillas bajo el agua, que pueden ser dispersadas por agentes bióticos o abióticos.
- Hojas especializadas que presentan una cutícula muy reducida y epidermis sin estomas que actúa como tejido fotosintético principal.
- Rizoma, raíces o tallos subterráneos que son importantes para su anclaje.
- Raíces que pueden vivir en ambientes anóxicos y que dependen del transporte de oxígeno desde las hojas y rizoma, que a su vez son importantes en los procesos de transporte de nutrientes.

Los pastos marinos son considerados uno de los importantes 'ingenieros del ecosistema' debido a su habilidad de cambiar significativamente muchos aspectos del ambiente en el que habitan (Orth *et al.*, 2006). Su verdadera importancia puede resumirse en un conjunto de funciones frecuentemente denominadas 'servicios

ecosistémicos' (Constanza *et al.*, 1997). Estos pueden ser directos o indirectos (Hemminga y Duarte, 2000) y entre los más importantes se encuentran la producción primaria, fuente de comida orgánica para numerosos organismos, estabilización del suelo marino, provisión de microambientes para la supervivencia de otras especies (Dennison, 2009) y criadero de organismos de importancia económica (Heck y Thoman, 1984).

La familia Cymodoceaceae se compone por cinco géneros de pastos marinos y 16 especies, ampliamente distribuidas en climas tropicales y subtropicales del océano Indo-Pacífico y el Caribe, además de algunas especies en aguas cálidas y templadas de Australia y del Mediterráneo. Al igual que el resto de los pastos marinos, esta familia es completamente marina, generalmente presente en zonas litorales desde 0.5 m hasta 40 m de profundidad. Generalmente, forman grandes praderas compuestas por una o más especies en sustratos arenosos o lodosos (Kuo y McComb, 1998).

*Syringodium filiforme*, comúnmente conocida como hierba de manatí (Gonzalez *et al.*, 2011), es uno de los tres pastos marinos con amplia distribución en el Caribe, que junto con *Thalassia testudinum* K.D. Koenig y *Halodule wrightii* Asch. forma grandes praderas cerca de arrecifes (Short *et al.*, 1993), con los cuales se vinculan en redes tróficas a través de la alimentación de peces herbívoros (Randall, 1965) y equinoideos (Ogden *et al.*, 1973). Las praderas de pastos marinos en el Caribe son únicas por el número de organismos presentes que se alimentan exclusivamente de estas plantas y sus epífitas (Short *et al.*, 1993). Algunos de los grupos mencionados son: manatíes, tortugas marinas, erizos y peces (Ogden, 1976).

La evidencia de que las poblaciones de pastos marinos han declinado por perturbaciones del ser humano y por el cambio climático es cada vez mayor (Short y Wyllie-Echeverria, 1996; Hemminga y Duarte, 2000). Por consiguiente, los servicios ecosistémicos que proveen se verán reducidos o completamente perdidos en un futuro cercano. Aunque hay algunos esfuerzos orientados a la conservación de praderas de pastos marinos, los estudios de estos organismos son escasos. Específicamente, las praderas de pastos marinos distribuidas en el estado de Yucatán y Quintana Roo, se han visto reducidas por problemáticas relacionadas con la modificación de su entorno y contaminación por la descarga de aguas residuales urbanas (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998). Es necesario aumentar el esfuerzo por su conocimiento para estimar los cambios y daños que sufran en el futuro y poder implementar políticas de conservación eficientes (Duarte, 2002) a través de su manejo continuo para asegurar su supervivencia (Duarte, 2008). En México, recientemente se incluyó a *Syringodium filiforme*, junto con otras especies de pastos marinos, en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, en la cual se clasificó como especie amenazada. Esto constituye un primer esfuerzo para la conservación de los ecosistemas acuáticos y las praderas de pastos marinos mexicanas.

El Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) (Figura 1), que es el segundo más grande del mundo, solamente precedido por la Gran Barrera de coral de Australia, incluye a los ecosistemas coralinos y praderas localizados desde Holbox (Quintana Roo), hasta la frontera de Honduras con Nicaragua (Almada-Villela *et al.*, 2002).

Dentro del SAM se encuentra Puerto Morelos, que es el puerto más importante del estado de Quintana Roo (Rodríguez- Martínez, 2008).



**Figura 1.** Mapa del Sistema Arrecifal Mesoamericano. La línea punteada de color negro se refiere a la ecorregión del SAM, mientras que la línea de color rojo al arrecife (Tomado de Fondo SAM, 2022).

## ANTECEDENTES

En comparación con los ecosistemas terrestres, los acuáticos han sido menos estudiados, quizás porque los humanos somos organismos terrestres, lo cual puede

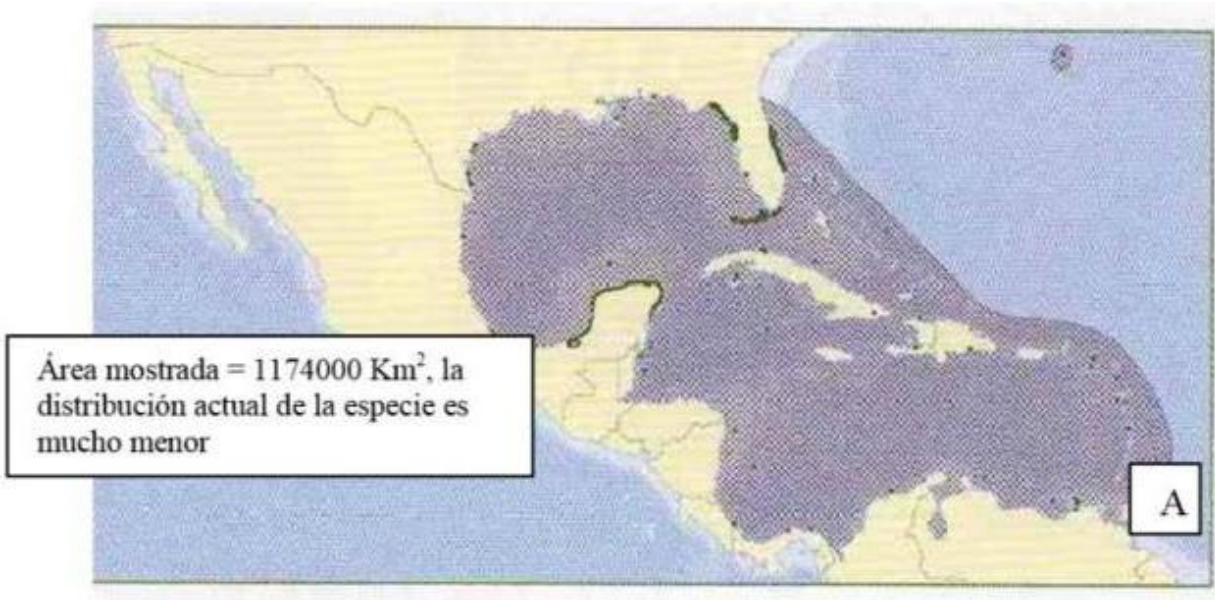
implicar una predisposición natural al estudio de este ambiente (Rial, 2014). Por otro lado, las dificultades metodológicas para su estudio y su accesibilidad también pueden jugar un papel importante. Sin embargo, por el simple hecho de formar parte de nuestro planeta, es esencial el estudio de los ecosistemas acuáticos y las especies que habitan en ellos (Rojas y Novelo, 1995).

La mayoría de las publicaciones científicas sobre el conocimiento de los pastos marinos hasta la fecha están enfocados principalmente a estudios ecológicos y fisiológicos; con respecto al desarrollo en general y en particular de sus estructuras reproductivas, los trabajos son muy escasos y la mayoría muy antiguos. Afortunadamente, dadas las condiciones de emergencia que viven estos organismos, cada vez hay más interés en conocer aspectos básicos de su biología como sus estructuras reproductivas (Guzmán-Trampe, 2009).

### ***Syringodium filiforme***

*S. filiforme* se distribuye en las Bermudas, el Caribe y el Golfo de México (Ascherson y Graebner, 1907 citado por den Hartog, 1970) (Figura 2). Se clasifica dentro de la familia Cymodoceaceae, la cual contiene cinco géneros: *Halodule*, *Cymodocea*, *Thalassodendron*, *Amphibolis* y *Syringodium* (Larkum *et al.*, 1989).

En México, su presencia se ha reportado en Campeche, Quintana Roo, Tamaulipas, Yucatán y Veracruz (Sosa, 1995; Espejo y López-Ferrari, 2008; Carnevali *et al.*, 2010; Lorea-Hernández *et al.*, 2011). Frecuentemente se reportan juntas tres especies de esta familia (Lot, 2012): *Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii* y *Halodule beaudettei* (Hartog) Hartog (Serna y López-Ferrari, 1993).

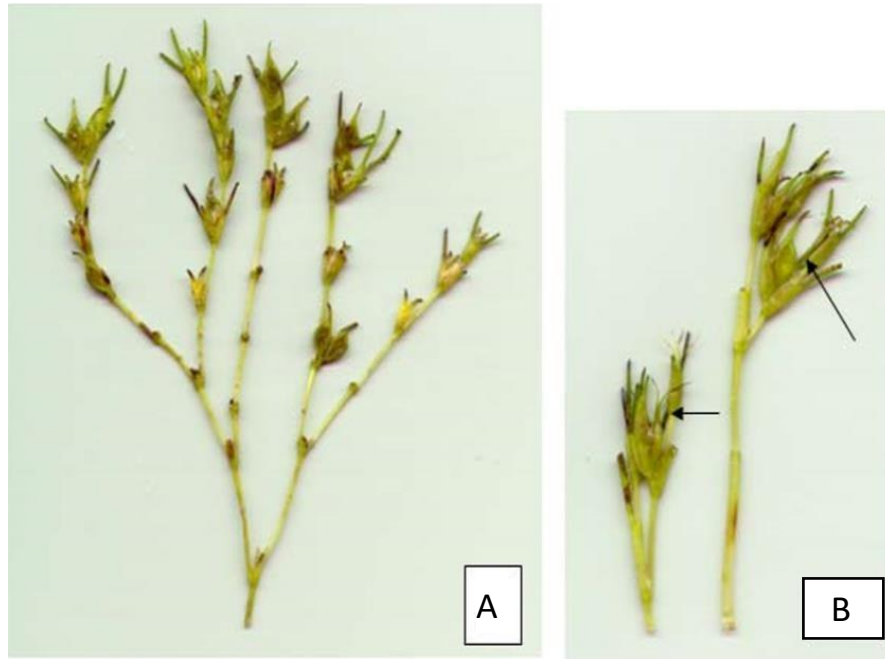


**Figura 2.** Distribución de *Syringodium filiforme* (Cymodoceaceae) (Tomado de Green y Short, 2003).

*S. filiforme* generalmente crece en aguas superficiales, aunque se ha reportado hasta a 25 m de profundidad (Feldman, 1936). Esta especie, como el resto de los pastos marinos, presenta polinización hidrófila (Cox *et al.*, 1993). Además, se ha observado que se desarrolla en sustratos conformados por arenas finas de origen biológico o terrígeno, en aguas con temperaturas promedio entre 24 y 30°C (INVEMAR, 2002), siendo este factor el que controla la floración (McMillan, 1980). Se han publicado pocas investigaciones sobre la biología de las estructuras reproductivas de *S. filiforme*. McMillan (1981,1983) y McMillan y Bragg (1987)

publicaron trabajos sobre la fisiología de frutos y semillas de la especie. Guzmán-Trampe (2009), realizó una investigación sobre la ontogenia de frutos y semillas y la formación de bancos de semillas de la misma especie. Tomlinson y Posluszny (1978) es la única referencia que describe la morfología y ontogenia de flores, tanto masculinas como femeninas, y su trabajo se compone de la descripción acompañada con ilustraciones, exclusivamente. Hace 45 años que no se publica un estudio con el mismo objetivo.

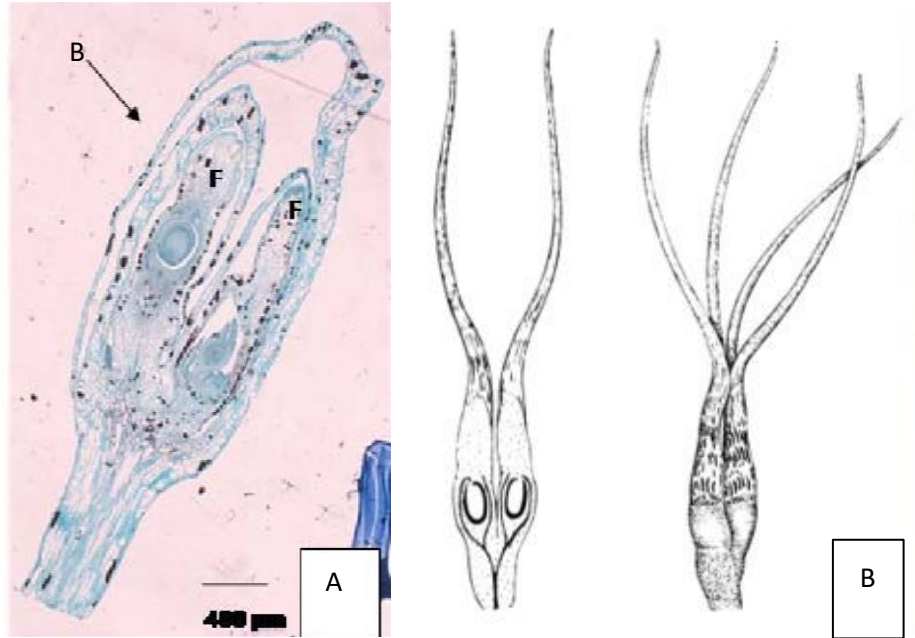
*S. filiforme* es una angiosperma acuática marina, dioica, que de acuerdo con Guzmán-Trampe, 2019, presenta inflorescencias formadas por flores sin ningún orden aparente y con un arreglo de racimoso a cimoso (Figura 3) (Guzmán-Trampe, 2009), sin embargo, recientemente Bernal-Gómez, 2019, las reporta como una inflorescencia compuesta de tipo monocasio de monocasios.



**Figura 3.** A) Inflorescencia femenina de *S. filiforme* (Cymodoceaceae). B) Flores y frutos de la inflorescencia. Las flechas señalan los frutos (Tomado de Guzmán- Trampe, 2009).

Las flores se componen de dos carpelos sin perianto cubiertos por un par de brácteas (Figura 4). Cada carpelo está conformado por un estilo corto y hueco, un estigma bifurcado y un óvulo péndulo, bitégmico (Tomlinson y Posluszny, 1978), sésil, casi ortótropo y crasinucelado (Tomlinson y Poluszny, 1978; den Hartog y Kuo, 2006; Guzmán-Trampe, 2009).





**Figura 4.** A) Corte longitudinal de botón floral visto con microscopía de luz, campo claro; flor compuesta por dos carpelos rodeados por dos brácteas (Tomada de Guzmán-Trampe, 2009). B) Ilustraciones de la flor femenina, conformada por dos carpelos y rodeada de brácteas (Tomada de Tomlinson y Posluszny, 1978).

B- Brácteas, F- Flor.

En el estudio realizado por Guzmán- Trampe en 2009, determina que cada nodo de la inflorescencia está compuesto por una flor conformada a su vez por dos carpelos idénticos. Además, se describen aspectos de desarrollo de semillas y no se encuentra evidencia de la formación de bancos de semillas. Bernal (2019) por su parte, determina la morfología de las inflorescencias masculinas de *S. filiforme*, describiéndolas como cimas compuestas de tipo monocasio de monocasios, conformadas por flores aperiantadas. Además, los resultados obtenidos indican que la forma del polen es filiforme, las anteras están compuestas por cuatro tecas bisporangias que presentan dehiscencia longitudinal y extrorsa. Este trabajo describe la ontogenia de las flores masculinas de la especie.

Toda política de conservación debe basarse en un profundo conocimiento de la biología reproductiva de las especies, por lo que el propósito del presente estudio es describir la ontogenia de las flores femeninas de *S. filiforme*, ampliando el conocimiento que de ellas se tiene. De esta manera, esta investigación se inscribe en el área del conocimiento de la biología reproductiva de la especie.

### **JUSTIFICACIÓN**

Dado que los pastos marinos están seriamente amenazados por el cambio climático, la elevación de la temperatura en el mar y recientemente por la invasión del sargazo en el Caribe Mexicano, es muy importante conocer cualquier aspecto de su biología que pueda llevar en un futuro, con la suma de otros trabajos de diversa índole, proponer políticas para su conservación. Por lo tanto, el propósito de la presente investigación es conocer la estructura de las flores femeninas en anthesis de *Syringodium filiforme*, con énfasis en el tipo de óvulo que posee.

### **OBJETIVO GENERAL**

Describir la estructura de las flores femeninas de *Syringodium filiforme*.

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Describir la anatomía del gineceo.
- Determinar la estructura y tipo de óvulo que posee.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Las recolectas para la investigación se realizaron en febrero y marzo de 2007 y febrero y marzo de 2019. Las recolectas de las inflorescencias de *S. filiforme* se realizaron alrededor del muelle de la Unidad Académica del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología en Puerto Morelos (Figura 5B). Este se encuentra ubicado al norte del estado de Quintana Roo y aproximadamente 33km al sur de Cancún, en las coordenadas 20°52'5"N y 86°52'4"O (Figura 5A).






**Figura 5.** A) Puerto Morelos, Quintana Roo. B) Estación académica del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Fotografía tomada con Google Earth.

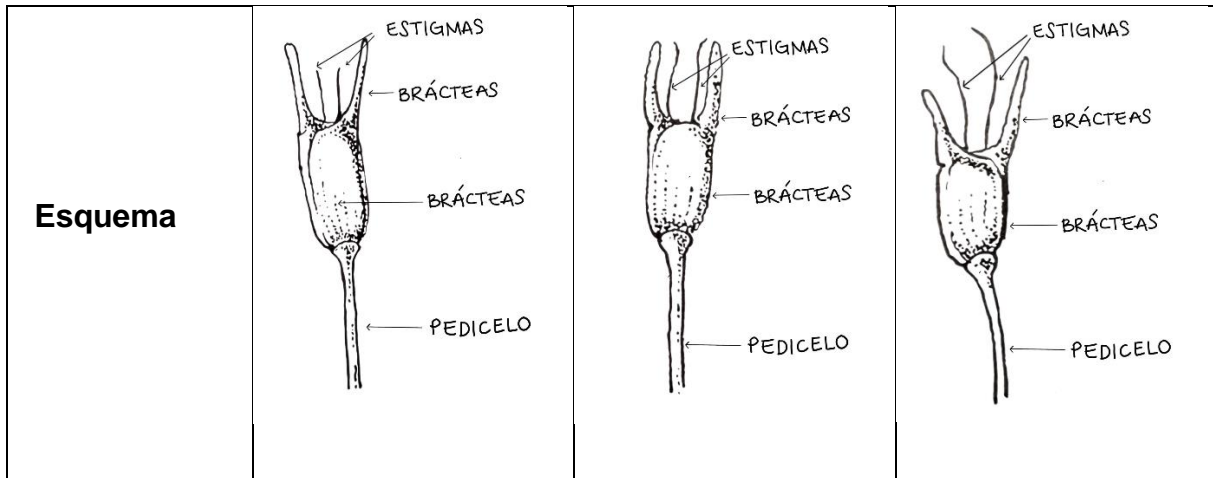
El material recolectado fue fijado *in situ* en FAA (formaldehído/ etanol 96%/ ácido acético/ agua destilada, 2:10:1:7) y trasladado al laboratorio de Desarrollo en Plantas de la Facultad de Ciencias de la UNAM en la Ciudad de México.

## Procesamiento de muestras en el laboratorio

Las inflorescencias de *S. filiforme*, que fueron recolectadas y fijadas en FAA (formaldehído/ etanol 96%/ ácido acético/ agua destilada, 2:10:1:7) en Puerto Morelos, Quintana Roo fueron observadas en un microscopio de disección para separar las distintas etapas que se usaron en este proyecto. De las inflorescencias femeninas, se utilizaron aproximadamente 100 estructuras florales. Se midió la longitud de los estigmas que sobresalen de las brácteas con un vernier bajo un microscopio estereoscópico. Esto arrojó tres intervalos, que fueron tomados como tres distintas etapas de desarrollo de las flores como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Intervalos de longitud de los estigmas para determinar las etapas de desarrollo.

	<b>Etapas 1</b>	<b>Etapas 2</b>	<b>Etapas 3</b>
<b>Longitud de los estigmas</b>	0- 3mm	3-5mm	>5mm
<b>Fotografía</b>			



Las preparaciones histológicas se elaboraron con muestras incluidas en dos medios de inclusión, parafina (Paraplast®) y la resina acrílica LRWhite, que permite la obtención de cortes muy delgados. A continuación, se describen brevemente estas técnicas de inclusión:

### **Inclusión en parafina**

Cada uno de los botones florales se deshidrataron con alcohol etílico a concentraciones graduales 30-96%, las muestras permanecieron en cada cambio por dos horas. Posteriormente, se hicieron dos cambios de alcohol absoluto (alcohol 100%) durante dos horas cada uno para su total deshidratación. Se continuó con una solución de xilol puro durante 15 minutos y se procedió a cambios de 24 horas cada uno con mezclas de xilol- parafina en proporción 1:1; 1:2 y Paraplast puro. Posteriormente, se hicieron dos cambios más con Paraplast puro en una estufa a 50°C, cada uno de 24 horas.

Para la inclusión del material biológico, se usaron cubos de metal en placa caliente a los cuales se les vació Paraplast, se colocó la muestra en la orientación adecuada y se completó el volumen total de Paraplast hasta rellenar el cubo. Una vez solidificado el Paraplast en el cubo, se hizo una pirámide con la orientación deseada para los cortes. Se hicieron cortes de 6-10 micras con microtomo de rotación y se montaron en un portaobjetos para su posterior desparafinación y tinción.

### **Tinción con safranina- verde rápido**

Los cortes del material incluido en Paraplast se desparafinaron, se les aplicó la tinción doble de Safranina- verde rápido, que es una tinción general con la que se tiñen las paredes celulares primarias y secundarias para observar la estructura general de las células.

### **Inclusión en resina acrílica LR White**

Cada muestra de botones florales se deshidrató con alcohol etílico a concentraciones graduales 30-96%, en lo que permanecieron durante dos horas para cada cambio y finalmente se hizo un cambio con proporción de 1:1 de alcohol al 100% y LR White durante 1 hora.

Posteriormente, el material biológico se incluyó en una cápsula de gelatina y se rellenó con LR White puro. Estas muestras se polimerizaron a 50°C durante 48 horas. Ya polimerizadas las cápsulas, se hicieron cortes semifinos de 1 micra con un equipo de ultramicrotomo equipado con una cuchilla de vidrio con una barquilla.

Los cortes resultantes se flotaron en agua, se recogieron en un portaobjetos y se secaron en una estufa para posteriormente teñirlos con azul de toluidina 0.5%.

Los cortes se observaron en microscopio óptico con iluminación de campo claro y contraste de fases.

### **Pruebas histoquímicas**

Las pruebas histoquímicas son tinciones específicas de elementos celulares por medio de reacciones químicas. Tienen utilidad en la detección de los componentes químicos de estructuras específicas. En el desarrollo del presente trabajo, se usó rojo O de aceite.

### **Tinción con rojo O de aceite**

Se desparafinaron las muestras en una serie de etanol hasta el 50% y subsecuentemente se les aplicó rojo O de aceite durante 40 minutos. Estas se enjuagaron con etanol al 50%, etanol al 30% y finalmente con agua. Se montaron en jalea glicerinada y se observaron en el microscopio óptico con iluminación de campo claro y contraste de fases. Con esta tinción se observaron los lípidos insolubles en color rojo, que es un indicador de cutículas.

Las fotografías de todos los cortes teñidos y montados se tomaron utilizando un fotomicroscopio Olympus Provis AX70 y la captura de fotografías se realizó con una

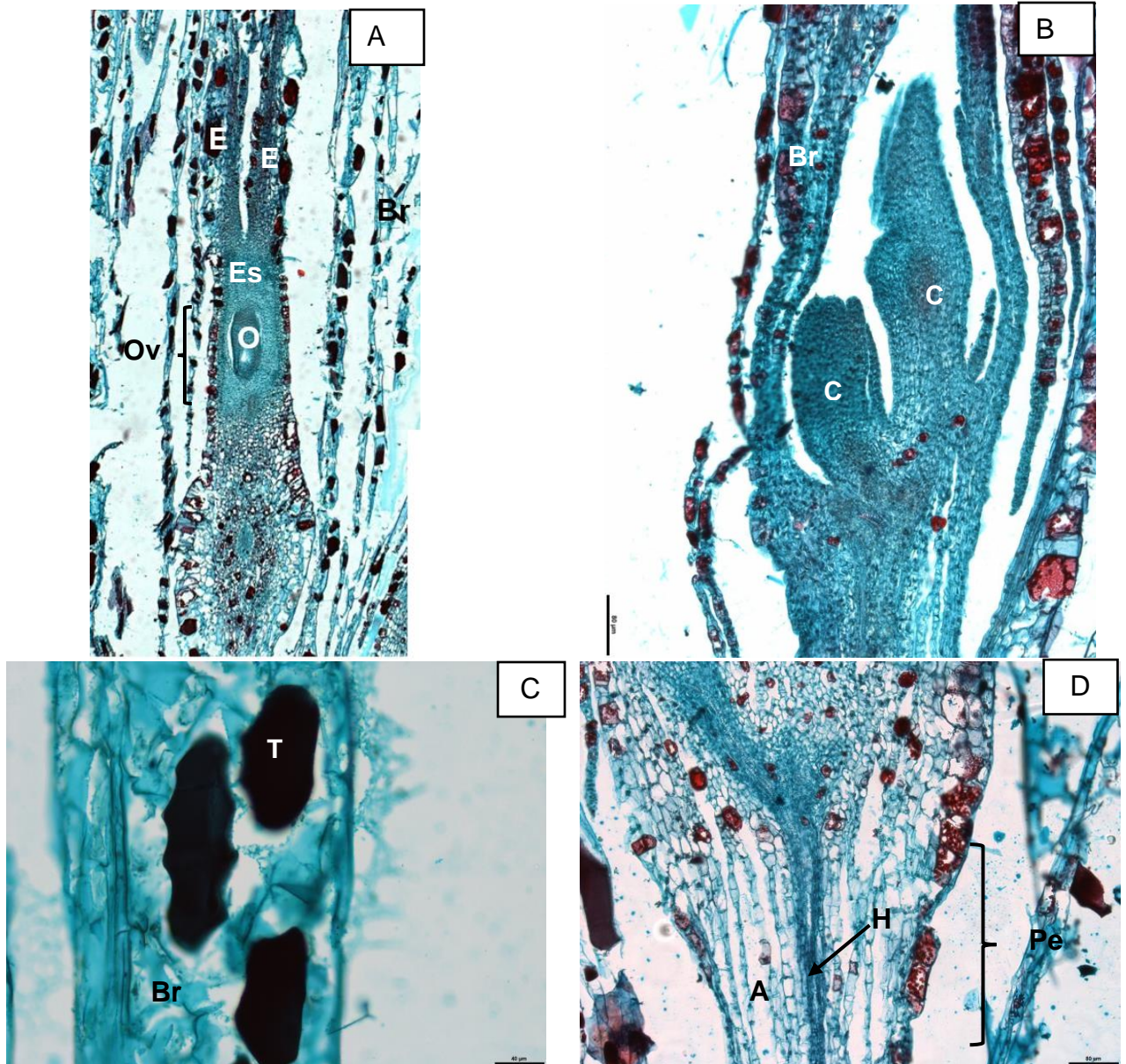
cámara Evolution MP en el Laboratorio de Microscopía de la Facultad de Ciencias de la UNAM.



## RESULTADOS

### **Anatomía de la flor femenina**

La flor femenina de *Syringodium filiforme* en antesis es aperiantada y presenta el gineceo formado por dos carpelos, cada uno con un óvulo, un estilo corto en proporción al tamaño de los estigmas y un solo estigma bifurcado. Esto implica que cada flor presenta en total dos estilos y dos estigmas, cada uno bifurcado. Ambos carpelos se observan rodeados por un número variable de brácteas, en promedio se contaron  $4 \pm 1.34$  donde el mínimo fue dos y el máximo encontrado correspondió a seis brácteas (Figuras 6A y 6B). Cada flor se sostiene por un pedicelo con tejido aerenquimatoso (Figura 6C). Además, se observa un alto contenido de inclusiones de taninos en todas las brácteas observadas (Figura 6D).



**Figura 6. Anatomía de la flor femenina.** **A.** Corte longitudinal de una flor (4 x 2.5). Uno de los carpelos se encuentra rodeado por brácteas. **B.** Corte longitudinal de dos flores femeninas (4 x 2.5), cada una en una etapa de desarrollo distinta en la que se observa uno de los dos carpelos de cada flor. **C.** Corte longitudinal de la bráctea (20 x 2.5). Se observan inclusiones de taninos en las células del parénquima. **D.** Corte longitudinal del pedicelo (10 x 2.5). Se observa la presencia de aerénquima. Microscopía de campo claro, tinción con safranina y verde rápido.

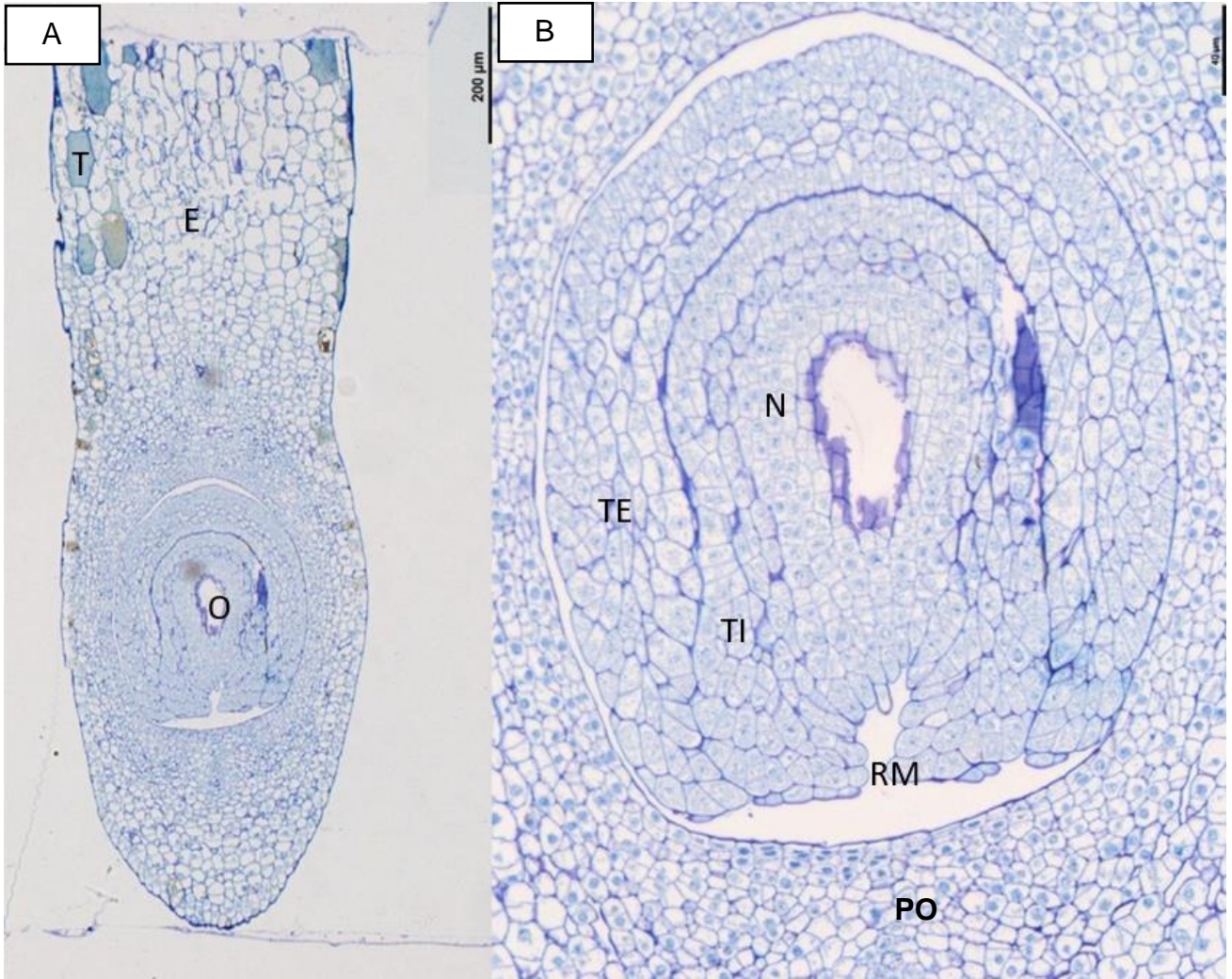
A- aerénquima, Br- brácteas, C- carpelo, E- Estigmas, Es- Estilo, H- haces vasculares, O- óvulo, Ov- ovario, Pe- pedicelo, T- taninos.

### **Flor en etapa temprana del desarrollo**

De los dos carpelos que constituyen a la flor, se le hicieron cortes medianos y transmedianos a uno de los carpelos. La imagen presentada en la Figura 7A y 7B corresponde a un corte transmediano, por lo que no se observó el funículo ni la placenta.

El óvulo tiene dos tegumentos y la región micropilar se encuentra orientada hacia la base del carpelo (Figura 7A y 7B).





**Figura 7. Etapa temprana de desarrollo del carpelo.** Corte longitudinal transmediano de uno de los carpelos (4 x 2.5) y. **A)** Se observa un carpelo con el ovario, el estilo, y el óvulo. **B)** Acercamiento del óvulo (10 x 2.5) en el que se observa que los tegumentos se están formando, quedando la región micropilar hacia la base del carpelo. Microscopía de campo claro y tinción con azul de toluidina.

E- estilo, N- nucela, O- óvulo, PO- Pared del ovario, RM- región micropilar, T- taninos, TE- tegumento externo, TI- tegumento interno.

## **Desarrollo tardío**

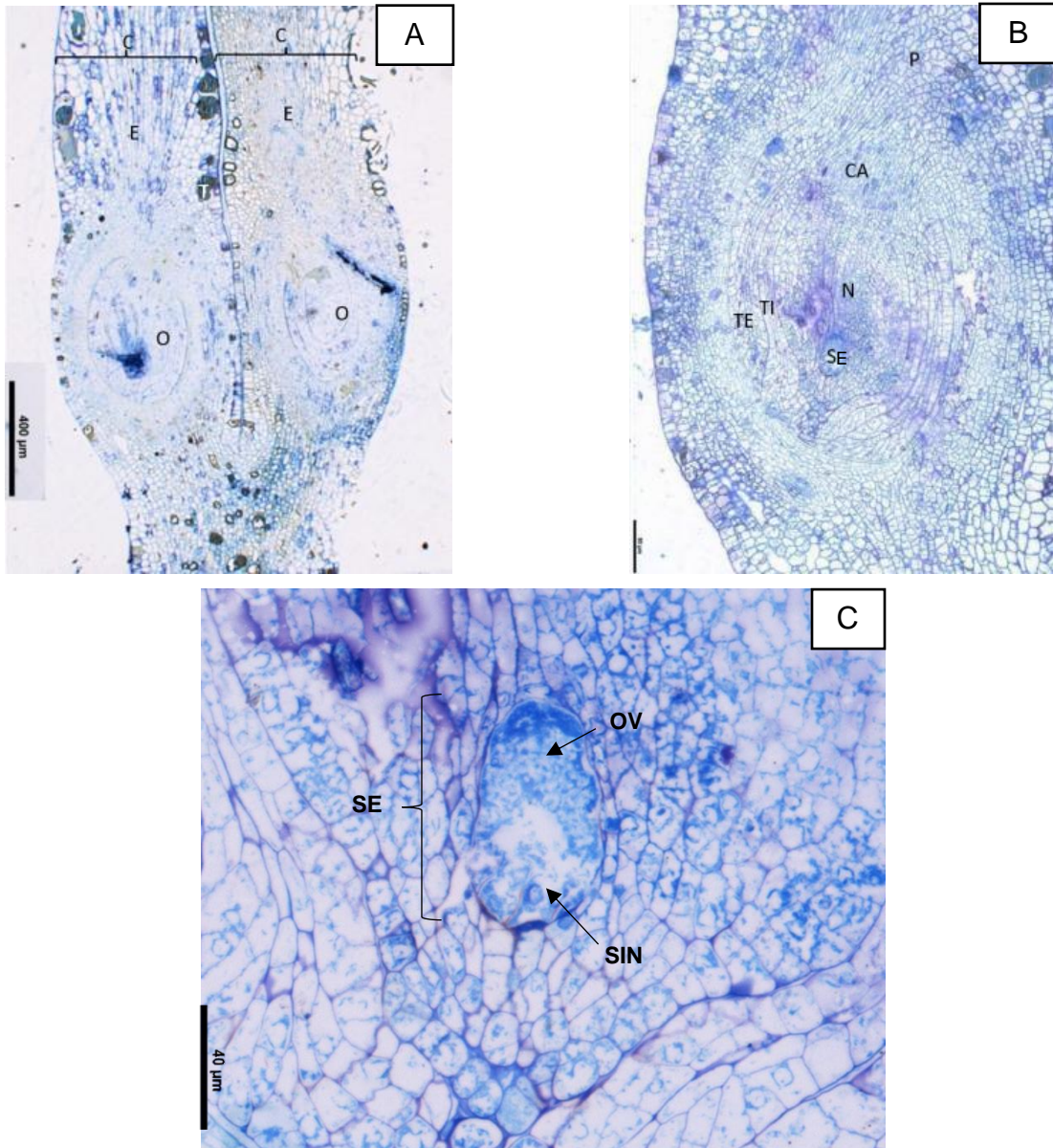
La flor en etapa de anthesis, está constituida por dos carpelos fusionados en su base, cada uno con un óvulo, un estilo corto y un estigma bifurcado.

Cada uno de los carpelos contiene en su interior un óvulo, que surge de la placenta y crece en dirección opuesta al estilo, es decir, es péndulo, además de funiculado y bitégmico, el funículo es muy corto. Se encuentran inclusiones de taninos en las regiones epidérmicas del estilo y del ovario (Figura 8A). La pared del ovario es multiestratificada y se pueden distinguir dos capas, la más interna con células ópticamente vacías y la externa con células con múltiples inclusiones. Una cutícula separa a la pared del ovario del óvulo. La nucela es masiva (crasinucelada), se observan dos estratos de células, una cercana a la epidermis con células ópticamente vacías y una hacia el centro con células que se contienen inclusiones. Se observa la región de la calaza, que es la zona de confluencia de los tegumentos y por encima de ésta el corto funículo, que une al óvulo con la pared del ovario. Cerca de la zona micropilar del óvulo se encuentra el saco embrionario (Figura 8B). Dentro del saco embrionario, se pueden observar dos células sinérgidas y lo que podría ser la ovocélula. Se presenta tanto tegumento interno como externo, que confluyen en la región micropilar y el tegumento interno forma al micrópilo, es decir, es un óvulo endóstomo. El tegumento externo está constituido por 4-5 estratos celulares y el tegumento interno por 2-3 estratos celulares (Figura 8C). Los carpelos presentan un alto contenido de taninos cerca de la epidermis y un alto contenido de inclusiones. La nucela también parece presentar inclusiones cuya naturaleza no fue identificada (Figura 9A y 9B).

La zona del funículo es muy corta, casi inexistente y se podría considerar al óvulo como sésil. La pared del carpelo, que es masiva, presenta haces vasculares en su interior. El tegumento interno permanece triestratificado en las etapas maduras, mientras que el externo tiene de cuatro a cinco estratos. El óvulo maduro no cambia de posición, encontrándose el micrópilo hacia la base del carpelo, ligeramente desplazado hacia un lado (Figura 10A).

El saco embrionario es pequeño en comparación con la nucela masiva y se observan en su interior tres células, que corresponden al aparato del huevo. En el saco embrionario se puede apreciar una célula sinérgida, la ovocélula y lo que puede ser la célula central (Figura 10B). Sin embargo, se observaron en otros sacos embrionarios las dos sinérgidas y la ovocélula (Figura 8C).

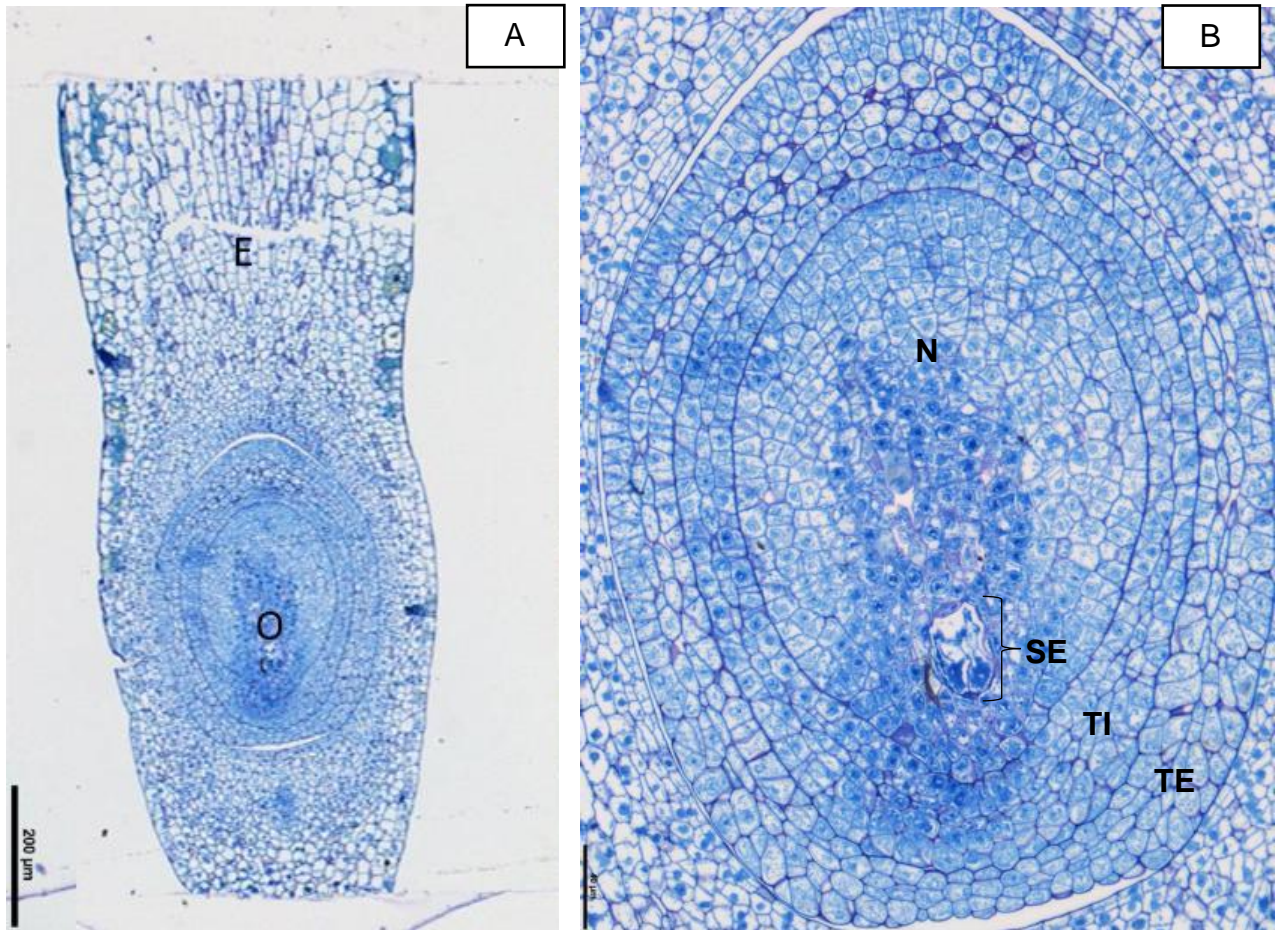
El óvulo de *S. filiforme* es ortótropo, debido a la disposición en línea recta del micrópilo, el saco embrionario y la placenta (Figura 10C).



**Figura 8. Etapa tardía de desarrollo de los carpelos y el óvulo. A)** Corte longitudinal mediano de dos carpelos de *S. filiforme* (4 x 2.5). Los carpelos se encuentran unidos en la base y presentan un óvulo cada uno y un estilo con alto contenido de taninos cerca de la epidermis. **B)** Corte longitudinal de uno de los carpelos (4 x 2.5) con el óvulo bitégmico, sésil péndulo, nucela masiva y saco embrionario cerca de la región micropilar. **C)** Corte longitudinal (20 x 2.5) de un carpelo de la flor femenina de *S. filiforme*. Acercamiento del saco embrionario con dos células sinérgidas y lo que podría ser la ovocélula. Óvulo bitégmico con la región micropilar marcada por el crecimiento de los tegumentos. La nucela parece contener muchas inclusiones. Microscopía de campo claro y tinción con azul de toluidina.

C- carpelo, E- estilo, N- nucela, O- óvulo, OV- ovocélula, P-placenta, SE- saco embrionario, SIN- sinérgidas, T- taninos, TE- tegumento externo, TI- tegumento interno.

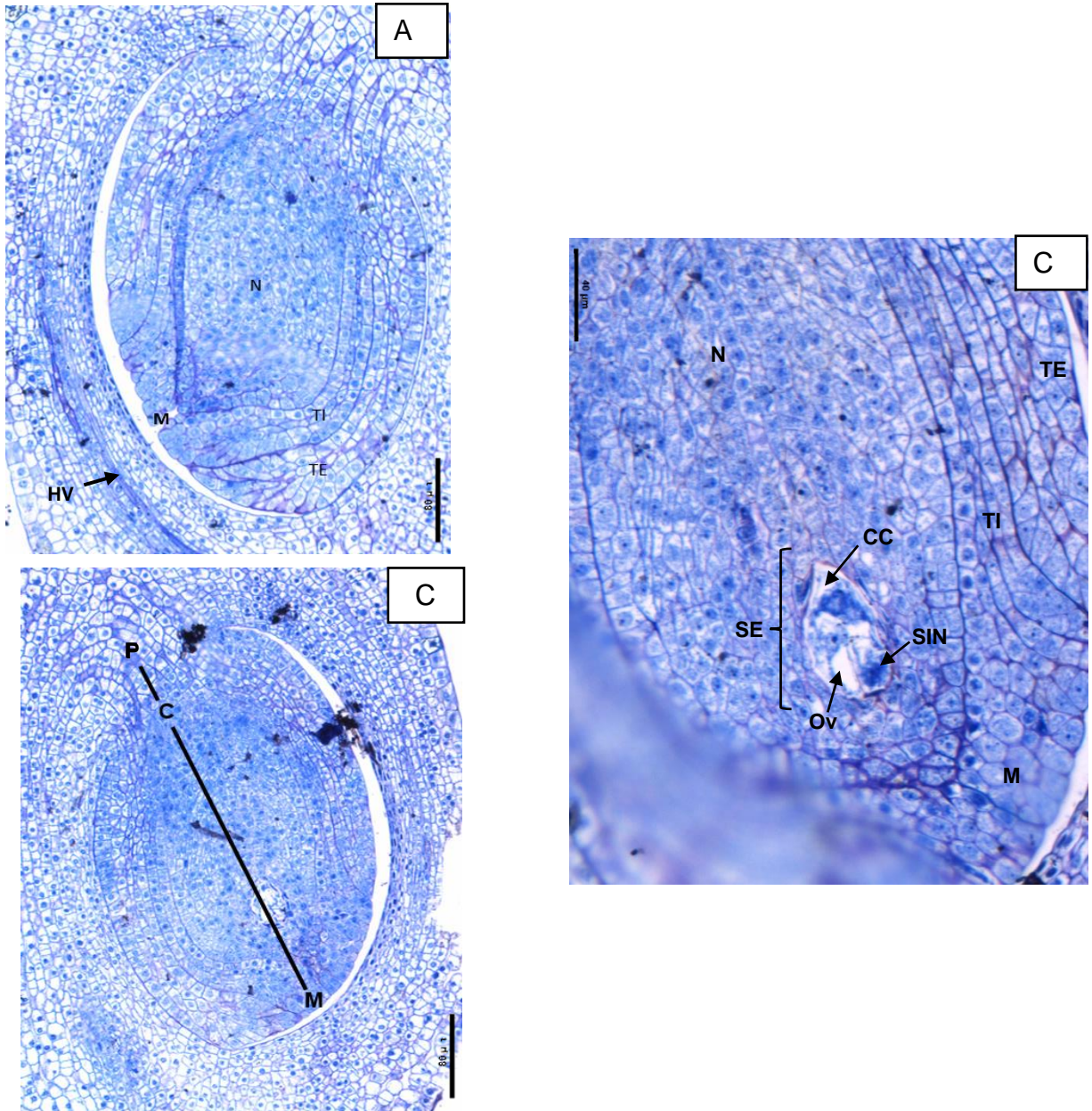




**Figura 9. Etapa tardía de desarrollo de los carpelos y el óvulo. A)** Corte longitudinal (4x2.5) transmediano de uno de los carpelos de una flor femenina de *S. filiforme*. Se observa el óvulo y el estilo de un carpelo. **B)** Acercamiento (10x2.5) del óvulo, se encuentra rodeado por tegumento interno y externo, la nucela masiva y saco embrionario con dos células sinérgidas en el extremo micropilar. Microscopía de campo claro y tinción con azul de toluidina.

E- estilo, N- nucela, O- óvulo, SE- saco embrionario, TE- tegumento externo, TI- tegumento interno.





**Figura 10. Etapa tardía de desarrollo de los carpelos y el óvulo. A)** Corte longitudinal de uno de los carpelos de la flor femenina de *S. filiforme* (10 x 2.5). Se observa el óvulo de uno de los carpelos, que se encuentra rodeado por el tegumento interno y tegumento externo, con micrópilo orientado hacia la base del carpelo y nucela masiva. **B)** Acercamiento del saco embrionario con una célula sinérgida, la ovocélula y lo que podría ser la célula central. **C)** Corte longitudinal mediano (10 x 2.5) del óvulo de uno de los carpelos de una flor femenina, se señala que el óvulo es ortótropo por la disposición del funículo, la calaza y el micrópilo. Microscopía de campo claro y tinción con azul de toluidina.

C- calaza, CC- célula central, M- micrópilo, N- nucela, Ov- ovocélula, P- Placenta, SE- saco embrionario, SIN- sinérgida, TI- tegumento interno, HV- haces vasculares.

### **Pruebas histoquímicas con Rojo O de aceite**

De cada una de las axilas de las flores bicarpelares de la inflorescencia de *S. filiforme* surge la siguiente flor, que elongará su pedicelo y emergerá de las brácteas que se encuentran en la base de la flor (figura 11A y 11C). Esto indica que el desarrollo de la inflorescencia es acropétalo, es decir, que primero se desarrollan las flores de la base y posteriormente las del ápice. Una flor madura se encuentra rodeada por un número variable de brácteas y el contenido de taninos, tanto de las brácteas como de los carpelos, es mayor en la región de la epidermis (Figura 11A y 11C).

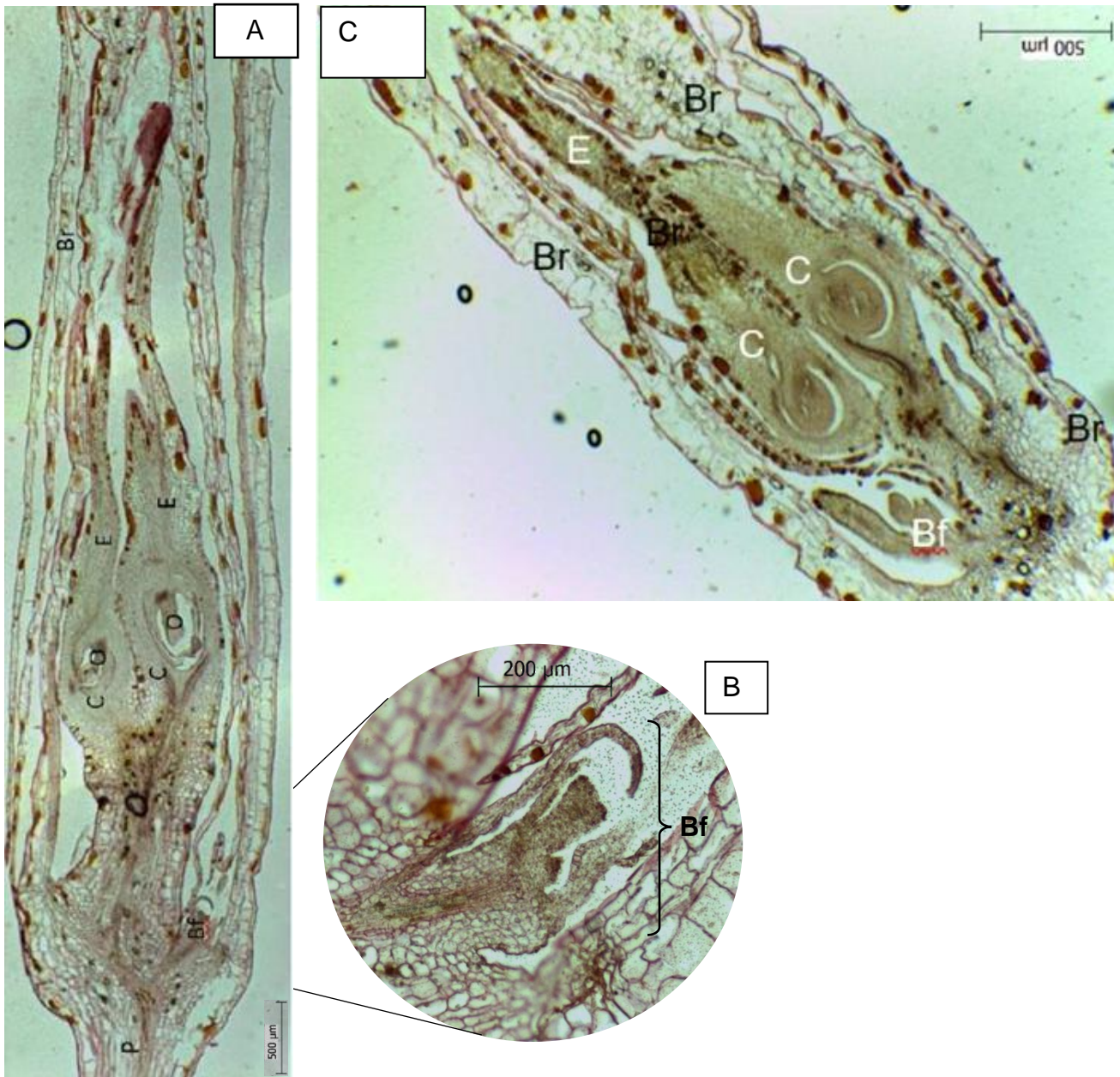
En un corte longitudinal, se observa la presencia de cutículas que indican la fusión de los dos carpelos de la flor en su base. La presencia de cutículas se pone de manifiesto por el color rojo oscuro de las mismas (Figura 11A).

El estigma de las flores de *S. filiforme* es bifurcado (Figuras 20 y 21). Esto se puede afirmar gracias a que la cutícula está teñida de rojo, lo cual indica la presencia de epidermis (Figura 12A). La Figura 12A resume la anatomía de uno de los dos carpelos que constituyen a la flor femenina, ya que se trata de un corte transmediano.

Del pedúnculo, que es común a dos flores, surge el pedicelo de la flor, sostiene dos pedicelos de dos flores, el ovario, el estilo que es muy corto y el estigma bifurcado. Estos contienen una gran cantidad de taninos. Además, se observa el óvulo péndulo. En otro plano que no se observa en este corte, estaría el otro carpelo de la flor. Toda la flor está rodeada por brácteas, que también contienen una gran cantidad de taninos. (Figura 12A).

En la Figura 12B, se observa un corte transmediano con el surgimiento de dos flores, una de ellas surgiendo de la axila de otra, ambas rodeadas por brácteas.

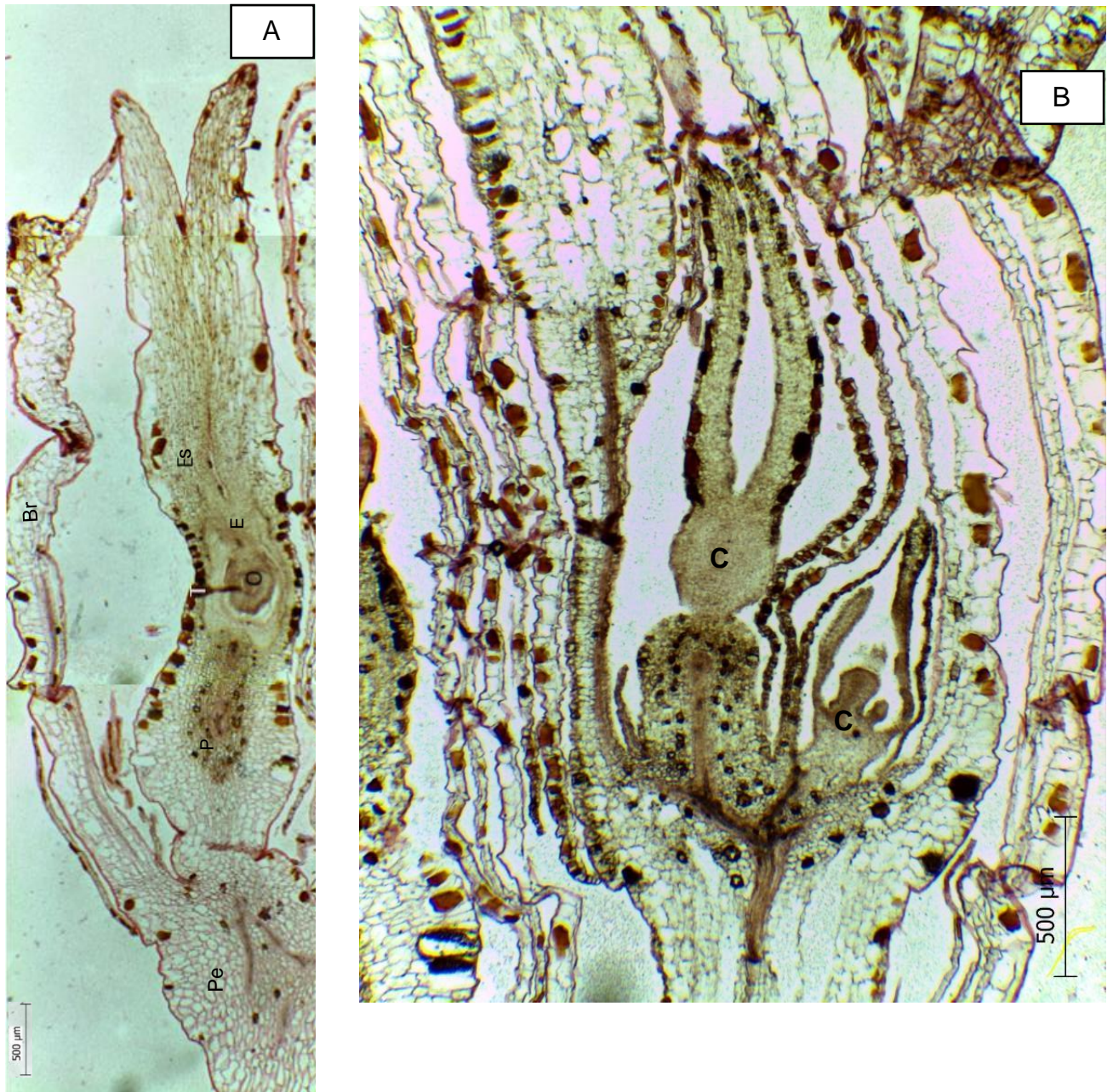




**Figura 11. Pruebas histoquímicas. A)** Corte longitudinal (4X) de una flor femenina de *S. filiforme* en etapa madura con ambos carpelos, cada uno con su óvulo y estilo, que no aparece completo por la posición del corte. Con una flecha se señala que los carpelos están unidos por la base. **B)** Acercamiento del botón floral (10X). En la axila de esta flor se observa un botón floral con uno de los dos carpelos rodeado de una bráctea en crecimiento **C)** Corte longitudinal (4X) de una flor. Se observan dos carpelos, un botón floral en la axila de una flor madura y las brácteas que rodean a las flores. Microscopía de campo claro con tinción de rojo O de aceite.

B- brácteas, Bf- botón floral, C- carpelo, Ca- calaza, E- estilo, F- funículo, O- óvulo, P- pedicelo de la flor, RM- región micropilar.





**Figura 12. Pruebas histoquímicas. A)** Corte longitudinal (4X) de uno de los carpelos de una flor de *S. filiforme*. Se observa un óvulo y estilo que termina en un estigma bifurcado. Los taninos se encuentran cercanos a la epidermis y el óvulo es de tipo ortótropo. **B).** Corte longitudinal (10X) de dos carpelos de distintas flores de *S. filiforme* encerrados en una unidad de brácteas. Uno de ellos está en una etapa de desarrollo mayor al otro. Las manchas de taninos se encuentran cercanas a la epidermis. Microscopía de campo claro, tinción con rojo O de aceite.

Br- brácteas, C- carpelo, E- estilo, Es- estigma, O- óvulo, P- pedicelo, Pe- pedicelo, T- taninos.

## DISCUSIÓN

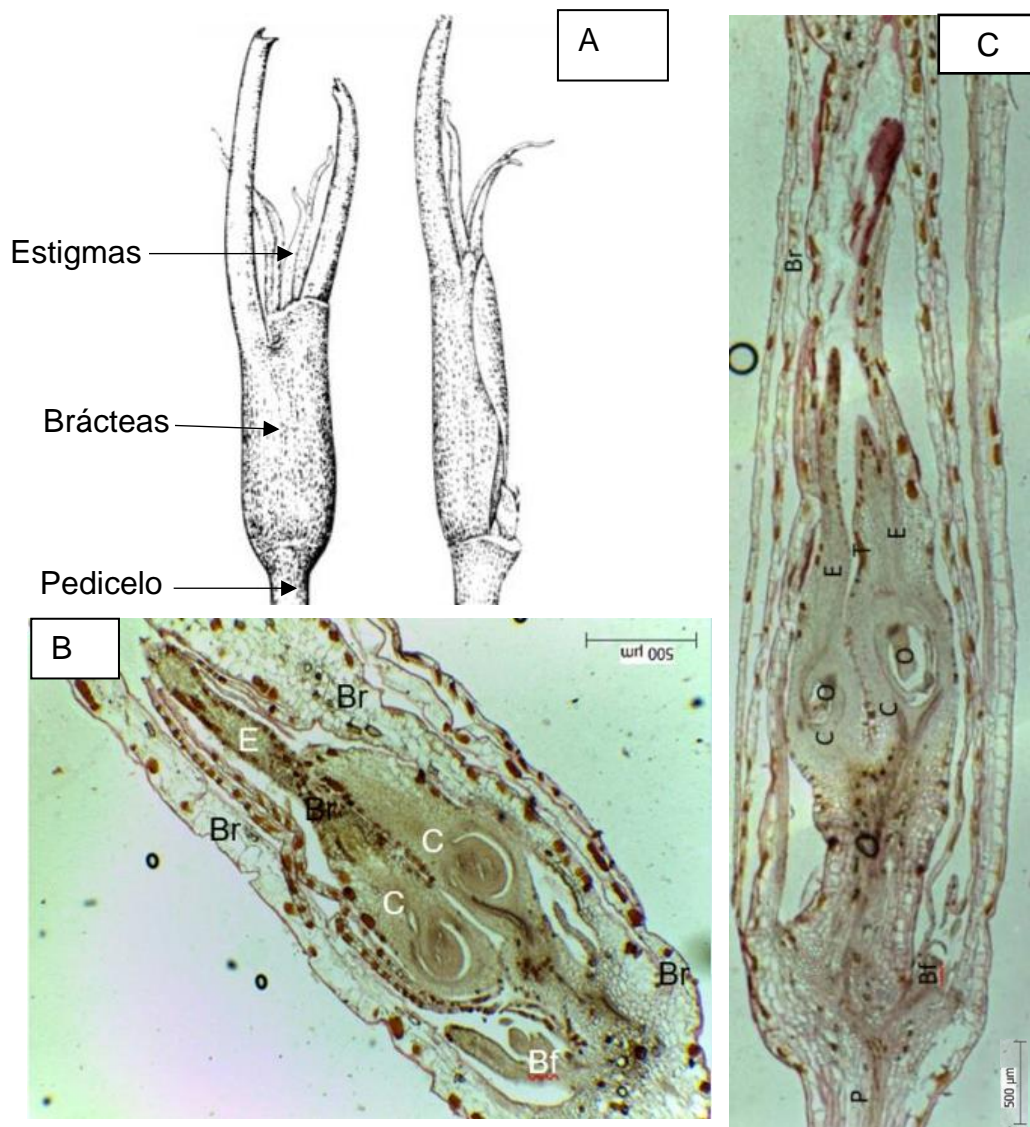
Respecto a la morfología de la flor, en el artículo publicado por Tomlinson y Posluszny (1978) se describe a la misma como una unidad encapsulada en un par de brácteas cada una con dos carpelos. En el trabajo de Guzmán- Trampe (2009), se menciona, de igual manera, que la flor femenina se compone de el gineceo sin perianto y se agrega que cada una contiene una semilla, el estilo corto y hueco, el estigma largo, bifurcado y delgado y un pedicelo reducido. En este estudio se confirmó que una flor femenina se conforma por dos carpelos encapsulados en brácteas; sin embargo, se observó que hubo un número variable de brácteas rodeando a los carpelos (Figura 13B). Cada carpelo está conformado por un ovario con un óvulo, un estilo sólido y un estigma bifurcado (Figuras 13B y 13C). En futuros estudios podría ser útil observar las flores sin brácteas bajo el microscopio electrónico de barrido y bajo el microscopio de transmisión para observar la estructura fina del estilo y los estigmas.

En los trabajos mencionados anteriormente, se hace notar la presencia de inclusiones de taninos en la flor masculina y en el óvulo; sin embargo, en esta investigación las inclusiones fueron ampliamente observadas, concentrándose cerca de la epidermis de los carpelos y de la pared del ovario (Figura 14C). También, se observó un alto contenido de inclusiones (Figura 14B).

Tomlinson y Posluszny (1978) describen al óvulo como bitégmico y péndulo, mientras que Guzmán-Trampe (2009) lo describe como sub-ortótropo y péndulo, sin embargo, no se había realizado ningún corte donde se observaran claramente los parámetros que permitan determinar el tipo de óvulo al que corresponde. En esta

investigación se observa que el óvulo es del tipo ortótropo (Figura 14A) pues la placenta, la calaza y el micrópilo están dispuestos en línea recta y que, además, como mencionan el resto de autores, es bitégmico y péndulo (Figura 14B). Se aporta al conocimiento del óvulo que es endóstomo, funiculado (con un funículo corto), crasinucelado y de tipo ortótropo (Figura 14B).

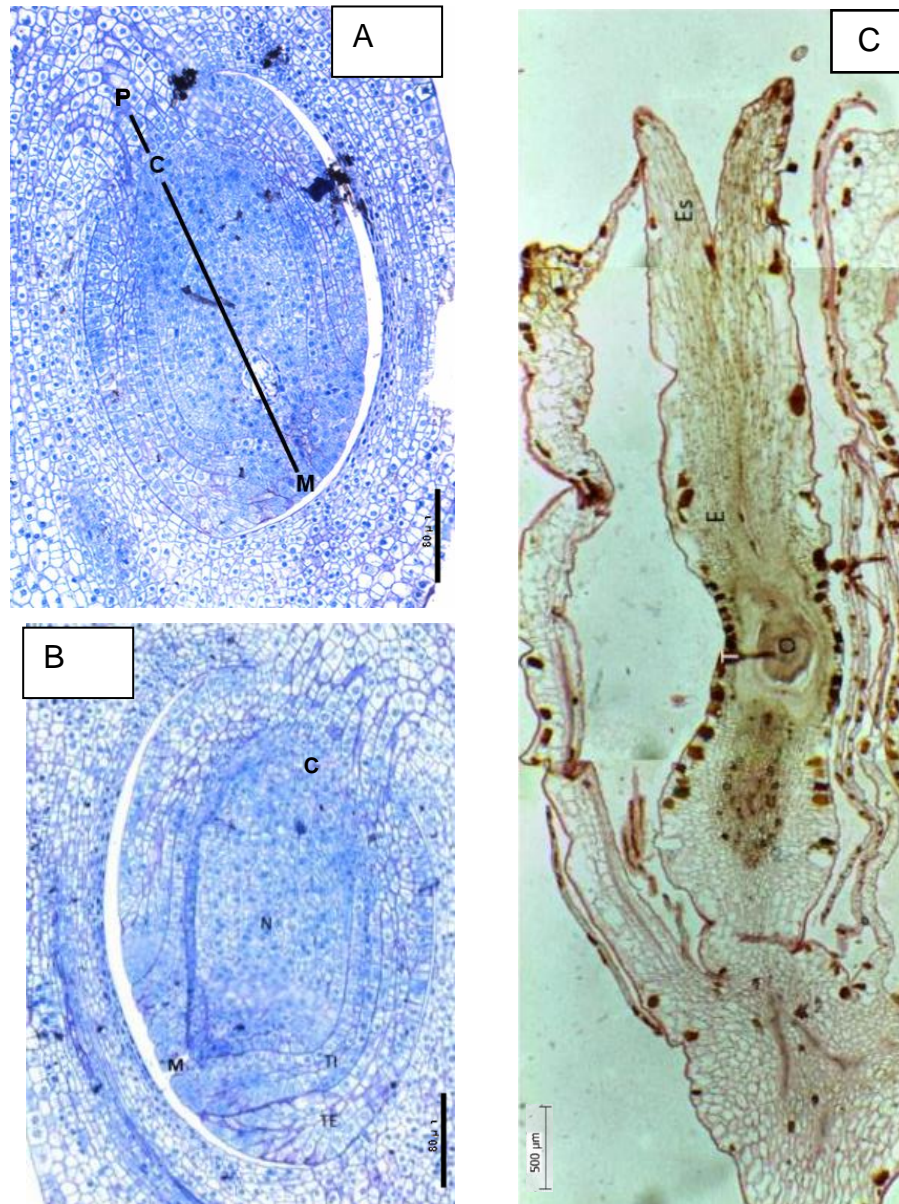




**Figura 13. Discusión.** **A)** Ilustración tomada de Tomlinson y Posluszny, 1978. Representación de una flor femenina de *S. filiforme* con dos brácteas por flor. **B)** Corte longitudinal (4X) de una flor con numerosas brácteas a su alrededor. **C)** Corte longitudinal (4X) de una flor femenina de *S. filiforme* en etapa madura con ambos carpelos, cada uno con su óvulo y estilo, que no aparece completo por la posición del corte. En la axila de esta flor, se observa un botón floral con uno de los dos carpelos, rodeado de una bráctea en crecimiento. Las manchas de taninos, que en los carpelos se encuentran cercanas a la epidermis, son evidentes. Microscopía de campo claro (4X) con tinción de rojo O de aceite.

Bf- Botón floral, Br- Brácteas, C- Carpel, E- Estilo, O- Óvulo, P- Pedicelo, T- Taninos.





**Discusión. Figura 14. A)** Corte longitudinal mediano (10 x 2.5) del óvulo de uno de los carpelos de una flor femenina, se señala que el óvulo es ortótropo por la disposición del funículo, la calaza y el micrópilo. **B)** Corte longitudinal de uno de los carpelos de la flor femenina de *S. filiforme* (10 x 2.5). Se observa el óvulo de uno de los carpelos de una flor de *S. filiforme*, que se encuentra rodeado por el tegumento interno y tegumento externo, con micrópilo orientado hacia la base del carpelo y nucela masiva. Microscopía de campo claro y tinción con azul de toluidina. **C)** Corte longitudinal (4X) de uno de los carpelos de una flor de *S. filiforme*. Se observa un óvulo y estilo bifurcado que termina en un estigma. Los taninos se encuentran cercanos a la epidermis y el óvulo es de tipo ortótropo.

C- Calaza, E- Estilo, Es- Estigma, M- Micrópilo, N- Nucela, O- Óvulo, P- Placenta, T- Taninos, TE- Tegumento externo, TI- Tegumento interno.

Debido a que el tamaño de la flor, a simple vista, no muestra la etapa de desarrollo en la que se encuentran los carpelos, en las flores utilizadas para los cortes incluidos en LR-White no se observaron etapas tempranas de desarrollo. Tiene que hacerse otra recolecta en Puerto Morelos para obtener botones florales más jóvenes y poder observar el meristemo floral y cómo van surgiendo los primordios florales, o en su caso, los elementos florales de una sola flor. Esto permitiría distinguir si la flor está formada por dos carpelos o si cada carpelo corresponde a una flor unicarpelar. Con los resultados obtenidos, parece tratarse de una flor con dos carpelos, pues dentro de las brácteas siempre se encuentran carpelos en pares y ambos están siempre en la misma etapa de desarrollo.

Por último, una revisión profunda de la filogenia de la familia Cymodoceaceae permitiría tener una opinión mejor fundamentada sobre el tema anteriormente expuesto.

**Tabla 2.** Tabla comparativa donde se pone de manifiesto las aportaciones de este trabajo al conocimiento de las flores femeninas de *S. filiforme* de los tres únicos investigadores que hemos trabajado al respecto.

<b>Autores</b>	<b>Tomilnson y Posluszny</b>	<b>Guzmán- Trampe</b>	<b>Martí Larrucea</b>
<b>Año</b>	<b>1978</b>	<b>2009</b>	<b>2023</b>
<b>Morfología de la flor femenina</b>	La flor femenina es una unidad encapsulada por un par de brácteas, cada una con dos carpelos	La flor femenina se compone de el gineceo sin perianto conteniendo una semilla, el estilo corto y hueco, el estigma largo, bifurcado y delgado y un pedicelo reducido.	Una flor femenina completamente formada está constituida por dos carpelos fusionados en su base, cada uno con un óvulo un estilo corto y un estigma bifurcado.
<b>Estilo y estigmas</b>	Corto y hueco con dos estigmas alargados.	En el fruto maduro permanece el estilo engrosado.	Se presenta un estilo corto y dos estigmas alargados.
<b>Taninos</b>	Menciona la presencia de taninos en las flores masculinas.	Menciona la presencia de taninos en el óvulo y en el fruto.	Inclusiones de taninos en todas las estructuras de la flor y en las brácteas. Además, se observaron inclusiones.
<b>Óvulo</b>	Cada carpelo contiene un óvulo péndulo y bitégmico.	Óvulo sub-ortótropo y péndulo.	El óvulo es bitégmico, péndulo, endóstomo, funiculado (funículo corto), crasinucelado y de tipo ortótropo. La pared del ovario es multiestratificada (una capa con células ópticamente vacías y otra con inclusiones).

<b>Autores</b>	<b>Tomilnson Posluszny y</b>	<b>Guzmán- Trampe</b>	<b>Martí Larrucea</b>
<b>Saco embrionario</b>	No se menciona la estructura del saco embrionario.	El saco embrionario se encuentra conformado por tres antípodas, dos sinérgidas, una célula central y una célula huevo.	Pequeño en comparación con la nucela, se observaron dos células sinérgidas y lo que podrían ser la ovocélula y la célula central. No se observaron células antípodas.

## CONCLUSIONES

- La flor femenina de *Syringodium filiforme* está compuesta por dos carpelos unidos por su base.
- Cada carpelo de la flor contiene un óvulo, un estilo corto y un estigma bifurcado.
- El óvulo es ortótropo, sécil, péndulo, bitégmico, endóstomo y crasinucelado.
- Las flores femeninas de *S. filiforme* tienen un alto contenido de taninos, que están cercanos a la epidermis, además de inclusiones.

## REFERENCIAS

- Almada-Villela, P., Mcfield, M., Kramer, P., Kramer, P. R., y Arias-Gonzalez, E. 2002. Status of Coral Reefs of Mesoamerica-Mexico, Belize, Guatemala, Honduras, Nicaragua, and El Salvador. En: Wilkinson, C. (Ed). Status of coral reefs of the world, Australian Institute of Marine Science, Townsville. p: 303-324.
- Arber, A. 2010. Water Plants. A Study of Aquatic Angiosperms. *Cambridge University Press*. Cambridge, Inglaterra.
- Arriaga-Cabrera, L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez-Rosenberg, E. Muñoz-López y V. Aguilar-Sierra (coordinadores). 1998. *Regiones marinas prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Bernal-Gómez, M. E. 2019. Reproducción en *Syringodium filiforme* Kützing (Cymodoceaceae): microsporogénesis y microgametogénesis. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, D. F. 47pp.
- Carnevali Fernández-Concha, G., Tapia-Muñoz, J. L., Duno de Stefano, R. y Ramírez Morillo, I. M. (Eds.). 2010. Flora Ilustrada de la Península de Yucatán: Listado Florístico. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C., Mérida Yucatán, México. 328 p.
- Constanza, R., R. d'Arge, R. De Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, y R. G. Raskin, 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387(6630): 253-260.

- Cox, P. A., y Humphries, C. J. 1993. Hydrophilous pollination and breeding system evolution in seagrasses: a phylogenetic approach to the evolutionary ecology of the Cymodoceaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 113(3): 217-226.
- Den Hartog, C. 1970. The sea-grasses of the world. *North- Holland Publishing Company*. Ámsterdam. pp. 1- 33.
- Den Hartog, C. y Kuo, J. 2006. Taxonomy and biogeography of Seagrasses. En: Larkum, A., R. Orth y C. Duarte. *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Dordrecht: Springer. pp-1-23.
- Dennison, W. C. 2009. Seagrasses: biology, ecology and conservation. *Botánica Marina* 52(4): 365-366.
- Duarte, C. M. 2002. The future of seagrass meadows. *Environmental conservation* 29(2): 192-206.
- Duarte, C. M., Borum, J., Short, F. T. y Walker, D. I. 2008. Seagrass ecosystems: their global status and prospects. En: N. Polunin (ed.). *Aquatic Ecosystems, Cambridge University Press, Foundation for Environmental Conservation*. pp. 281-294.
- Espejo, A. y López-Ferrari, A. R. 2008. Monocotiledóneas. En: Ocegueda, S. & Llorente-Bousquets, J. (Coords.). *Catálogo taxonómico de especies de México. Capital natural de México, Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO. México. vol. I: CD1*.
- Feldman, J. 1936. Les monocotyledons marines de la Guadeloupe. *Bulletin de la société botanique de France* 83: 604-613.

- Fondo SAM. 2022. Arrecife Mesoamericano. Consultado en noviembre de 2022 en: <https://marfund.org/es/arrecife-mesoamericano/>
- González García, K. L., Valdés Iglesias, O., Laguna, A., Díaz Martínez, M., y González Lavaut, J. A. 2011. Efecto antioxidante y contenido polifenólico de *Syringodium filiforme* (Cymodoceaceae). *Revista de Biología Tropical* 59(1): 465-472.
- Green, E. P. y F. T. Short. 2003. World Atlas of Seagrasses. University of California Press. Berkeley, USA. 298pp.
- Guzmán-Trampe, S. 2009. Desarrollo de fruto y semilla, banco de semillas y germinación de *Syringodium filiforme*. Tesis de licenciatura (bióloga), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 54pp.
- Heck, K. L., y Thoman, T. A. 1984. The nursery role of seagrass meadows in the upper and lower reaches of the Chesapeake Bay. *Estuaries* 7(1): 70-92.
- Hemminga, M. A., y C. M. Duarte. 2000. Seagrass ecology. *Cambridge University Press*. Cambridge, Inglaterra.
- INVEMAR. 2002. El estado de las praderas de pastos marinos. Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos. 42-51p.
- Kuo J. y McComb, A. J. 1998. Cymodoceaceae. In: Kubitzki K. (eds) Flowering Plants- Monocotyledons. The Families and Genera of Vascular Plants, vol 4. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Larkum, A. W., McComb, A. J. y Shephard, S. A. 1989. Biology of seagrasses: a treatise on the biology of seagrasses with special reference to the Australian región. *Elsevier Science Pub* 1(2): 105- 112



- Lorea-Hernández, F. G., Durán Espinosa, C., Gallardo Hernández, C. y Peredo Nava, M. 2011. La diversidad de las plantas con semillas de la flora veracruzana. En: CONABIO (Ed.). La biodiversidad en Veracruz. Estudio de Estado. Vol. II. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México. pp. 201-211.
- Lot, A. 2012. Las monocotiledóneas acuáticas y subacuáticas de México. *Acta botánica mexicana*. 100: 135-148.
- McMillan C. 1981. Seed reserves and seed germination for two seagrasses, *Halodule wrightii* and *Syringodium filiforme*, from the Western Atlantic. *Aquatic Botany* 11: 279-296.
- McMillan C. 1983. Seed germination in *Halodule wrightii* and *Syringodium filiforme* from Texas and the U.S. Virgin Islands. *Aquatic Botany* 15. 217-220.
- McMillan C. y L. Bragg. 1987. Comparison of fruits of *Syringodium* (Cymodoceaceae) from Texas, the U.S. Virgin Islands and the Philippines. *Aquatic Botany* 97-100.
- McMillan, C. 1980. Reproductive physiology in the seagrass, *Syringodium filiforme*, from the Gulf of Mexico and the Caribbean. *American Journal of Botany*, 67:104-110.
- Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en

riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. Diario Oficial de la Federación, jueves 14 de noviembre de 2019.

- Ogden, J. C. 1976. Some aspects of herbivore-plant relationships on Caribbean reefs and seagrass beds. *Aquatic Botany* 2: 103-116.
- Ogden, J.C., Brown, R. y Salesky, N. 1973. Grazing by the echinoid *Diadema antillarum* Philippi: Formation of halos around West Indian Patch reefs. *Science*, 182: 715-717.
- Orth, R. J., Carruthers, T. J., Dennison, W. C., Duarte, C. M., Fourqurean, J. W., Heck, K. L. y Short, F. T. 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. *Bioscience* 56(12): 987-996.
- Randall, J.E., 1965. Grazing effects on seagrasses by herbivorous reef fishes in the West Indies. *Ecology* 46: 255-260.
- Rial, A. 2014. Plantas acuáticas: aspectos sobre de su distribución geográfica, condición de maleza y usos. *Biota* 14: 79-91.
- Rodríguez-Martínez, R. E. 2008. Community involvement in marine protected areas: The case of Puerto Morelos reef, México. En: *Journal of environmental management* 88(4): 1151-1160.
- Rojas, M. J. y R. A. Novelo. 1995. Flora y vegetación acuáticas del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta botánica mexicana* 31: 1-17
- Serna, A. E. y López-Ferrari, A. R. 1993. Las monocotiledóneas mexicanas: una sinopsis florística. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de México, Iztapalapa.

- Short, F. T., Montgomery, J., Zimmermann, C. F. y Short, C. A. 1993. Production and nutrient dynamics of a *Syringodium filiforme* Kütz. Seagrass bed in Indian River Lagoon, Florida. *Estuaries* 16(2): 323-334.
- Short, F. T., y Wyllie-Echeverria, S. 1996. Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environmental conservation*, 23(1), 17-27.
- Sosa, V. 1995. Recuento de la diversidad florística de Veracruz. División de Vegetación y Flora. Instituto de Ecología A. C. Base de datos SNIB-CONABIO, proyecto No. P011. México, D.F.
- Tomlinson P.B. y U. Posluszny. 1978. Aspects of floral morphology and development in the seagrass *Syringodium filiforme* (Cymodoceaceae). *Botanical Gazette* 139(3): 333-345.
- World Register of Marine Species. 2019. *Syringodium filiforme* Kützing, 1860. Consultado el 11 de noviembre de 2019 en: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=374715#distributions>