



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

**TAXONOMÍA Y DISTRIBUCIÓN DE *Prasiola*  
(Prasiolales, Chlorophyta) EN AMBIENTES  
LÓTICOS DE LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO**

T E S I S

que para obtener el título de

B I Ó L O G A

P R E S E N T A

**ROCÍO RAMÍREZ RODRÍGUEZ**



Director de tesis  
Dr. Javier Carmona Jiménez



FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR

---

---

2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
**Jefe de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: **Taxonomía y distribución de Prasiola (Prasiolales, Chlorophyta) en ambientes lóticos de la región central de México.**

realizado por **Rocío Ramírez Rodríguez**

con número de cuenta **9431169-7** , quien cubrió los créditos de la carrera de: **Biología**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis  
Propietario

Dr. Javier Carmona Jiménez

Propietario

Dr. Gustavo Alberto Montejano Zurita

Propietario

Dr. Enrique Arturo Cantoral Uriza

Suplente

M. en C. Francisco Valadez Cruz

Suplente

Biol. Yenny Paola Beltrán Magos

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



## **AGRADECIMIENTOS**

A PROBETEL 2003-II por el apoyo económico.

A Isabel Bieler Antolín por su ayuda en la preparación de las fotografías.

A Javier por transmitirme parte de sus conocimientos a mi mente inexperta, pero sobre todo, por la gran ayuda y paciencia que ha tenido para explicarme las cosas una y otra vez, y como siempre he dicho, un trabajo como éste es más fácil si se realiza en equipo.

A Gustavo por aclarar todas mis dudas en esos conceptos tan complicados (sobre todo en los ciclos de vida) y por contagiar ese entusiasmo por el estudio de estos organismos tan interesantes.

A todos los compañeros del laboratorio en especial a Móni por acompañarme en las colectas y en ayudarme en el cartel para el congreso creo que no hubiera terminado sin su ayuda. A Mariana por esas pláticas tan amenas y provechosas que siempre me dejan algo en que pensar. A Yenny por ayudarme en las fotos y por los comentarios constructivos de mi escrito y a Miriam.

A todos los amigos de la escuela que hicieron divertido y ameno la estancia en la carrera.

A Isa por hacer que los fines de semana se pasaran de volada con los chismes de la semana o por hacerme reír hasta que me doliera el estómago. A Mary y Diana por ser tan accesibles y buena onda conmigo.

A Luis por compartir los momentos más maravillosos de mi vida y por que a pesar de todos mis dramas se que puedo contar él siempre.

A Claudia que me echaba la mano cuando se podía y Carlos que siempre me motivó en seguir sus pasos (jeje), a ellos dos por ser tan divertidos.

Y sobre todo a mis papás que siempre me alentaron y apoyaron en todo a pesar de las diferencias de pensamiento.



## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Análisis de clasificación .....	12
1.1.1	Caracterización de la Clase .....	12
1.1.2	Caracterización del Orden y Familia .....	13
1.2	Análisis taxonómico .....	16
2.	ANTECEDENTES .....	19
3.	OBJETIVOS .....	22
	Objetivo general .....	22
	Objetivos particulares .....	22
4.	ÁREA DE ESTUDIO .....	23
5.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	28
5.1	Trabajo de campo .....	28
5.2	Cultivos .....	29
5.3	Tinción y cortes .....	30
5.4	Análisis taxonómico .....	31
6.	RESULTADOS .....	32
6.1	Evaluación de los caracteres morfométricos .....	32
6.2	Evaluación de los caracteres morfológicos .....	57
6.3	Ecología y distribución .....	66
7.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	70
7.1	Caracterización de las especies de <i>Prasiola</i> en la región central de México .....	70
7.2	Novedades morfológicas para las especies .....	76
7.3	Evaluación de los caracteres morfométricos y morfológicos .....	77
7.4	Ecología y distribución .....	81

7.5	Clave y descripción de los taxa .....	82
7.6	Descripción de las poblaciones de <i>Prasiola</i> en la región central de México .....	82
<b>8.</b>	<b>PERSPECTIVAS .....</b>	<b>84</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>85</b>

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Prasiola* Meneghini 1838 crecen en ambientes marinos, terrestres y dulceacuícolas, además, cubren un amplio rango geográfico que va desde las regiones boreales y templadas hasta las regiones tropicales (Collins, 1909; Fritsch, 1961; Starmach, 1972; Sheath & Cole, 1992; Hamilton & Edlund, 1994; Rindi *et al.*, 1999; Sherwood *et al.*, 2000; Dine & Hara, 2002).

Las especies terrestres y marinas crecen favorablemente en sitios ricos en compuestos nitrogenados y es frecuente encontrarlas en asociación con el guano de las aves, en paredes o árboles donde los animales frecuentemente orinan (Rindi *et al.*, 1999; John, 2003). De esta manera la presencia de este compuesto nitrogenado, la herbivoría, así como la variación del clima son factores importantes para su distribución (Anderson & Foster, 1999).

Las formas subaéreas son capaces de resistir la desecación en condiciones vegetativas ordinarias, lo cual se cree que se debe a la ausencia de vacuolas conspicuas en las células y al alto grado de viscosidad del protoplasma (Fritsch, 1961). Estas especies subaéreas generalmente las encontramos como formas laminadas formando un tapete verde. En baja irradiancia, la etapa filamentosa puede permanecer indefinidamente, otras veces las células pueden sufrir divisiones radiales y longitudinales formando el estado "gayella" (Fritsch, 1961). Las especies de *Prasiola* distribuidas en la línea costera de La Antártica se exponen a ciclos repetidos de congelación y descongelación. Se cree que la presencia de aminoácidos tales como la prolina sirven como crioprotectanos, y junto con los compuestos que absorben los rayos ultravioleta parecen ayudar a *Prasiola* para adaptarse a altos niveles de irradiación solar durante el verano (Graham & Wilcox, 2000).

En los ambientes continentales crecen especialmente en corrientes frías (-8°C) y en grandes altitudes (3,180 m snm) (Setchell & Gardner, 1920; Hamilton & Edlund, 1994; Ramírez, 2003). Las principales formas morfológicas del género

---

son láminas extendidas, excepto para *Prasiola velutina* (Lyngbye) Wille que es filamentosa; estas formas posiblemente son características adaptativas para tolerar el flujo de agua (Sheath & Cole, 1992). Se encuentran adheridas a rocas o cantos rodados, grietas (Hamilton & Edlund, 1994) y forman poblaciones masivas en las temporadas más frías (Ramírez *et al.*, 2001; Bojorge, 2002; Dine & Hara, 2002; Ramírez, 2002).

El género *Prasiola* presenta dos formas morfológicas: laminar monostromático (rara vez distromático) y en filamentos no ramificados (John, 2003). En etapas juveniles este género presenta un estado filamentoso (Fritsch, 1961) semejante a *Rosenvingiella* P.C. Silva, por lo que se consideraba a este género como una etapa de desarrollo temprano de *Prasiola* (Bravo, 1965). Sin embargo, estudios realizados en cultivos (Hanic, 1979) y de filogenia molecular (Sherwood *et al.*, 2000) comprueban que éstos dos géneros están estrechamente relacionados entre sí, pero que son distintos.

Las células que conforman al talo laminar son de forma poligonal o cuadrada usualmente arregladas en grupos de 4 células, estos grupos a su vez forman grupos más grandes, separados por espacios estrechos o anchos que corren en direcciones definidas a lo largo de la lámina (Collins, 1909; Setchell & Gardner, 1920; Fritsch, 1961); Setchell & Gardner (1920) denominan a éstos espacios como "espacios intersticiales". Las láminas se fijan al sustrato por medio de un pequeño estípide y de células rizoidales (Collins, 1909; Starmach, 1972; John, 2003).

Cada célula presenta un núcleo axial y un cloroplasto estrellado axial con un pirenoide; las células flageladas presentan inserción flagelar de tipo cruzado, el cuerpo basal se dispone en sentido inverso a las manecillas del reloj; la mitosis es cerrada con huso persistente en telofase y la citocinesis con depositación transversal a la pared del núcleo (O'Kelly *et al.*, 1989; Sherwood *et al.*, 2000).

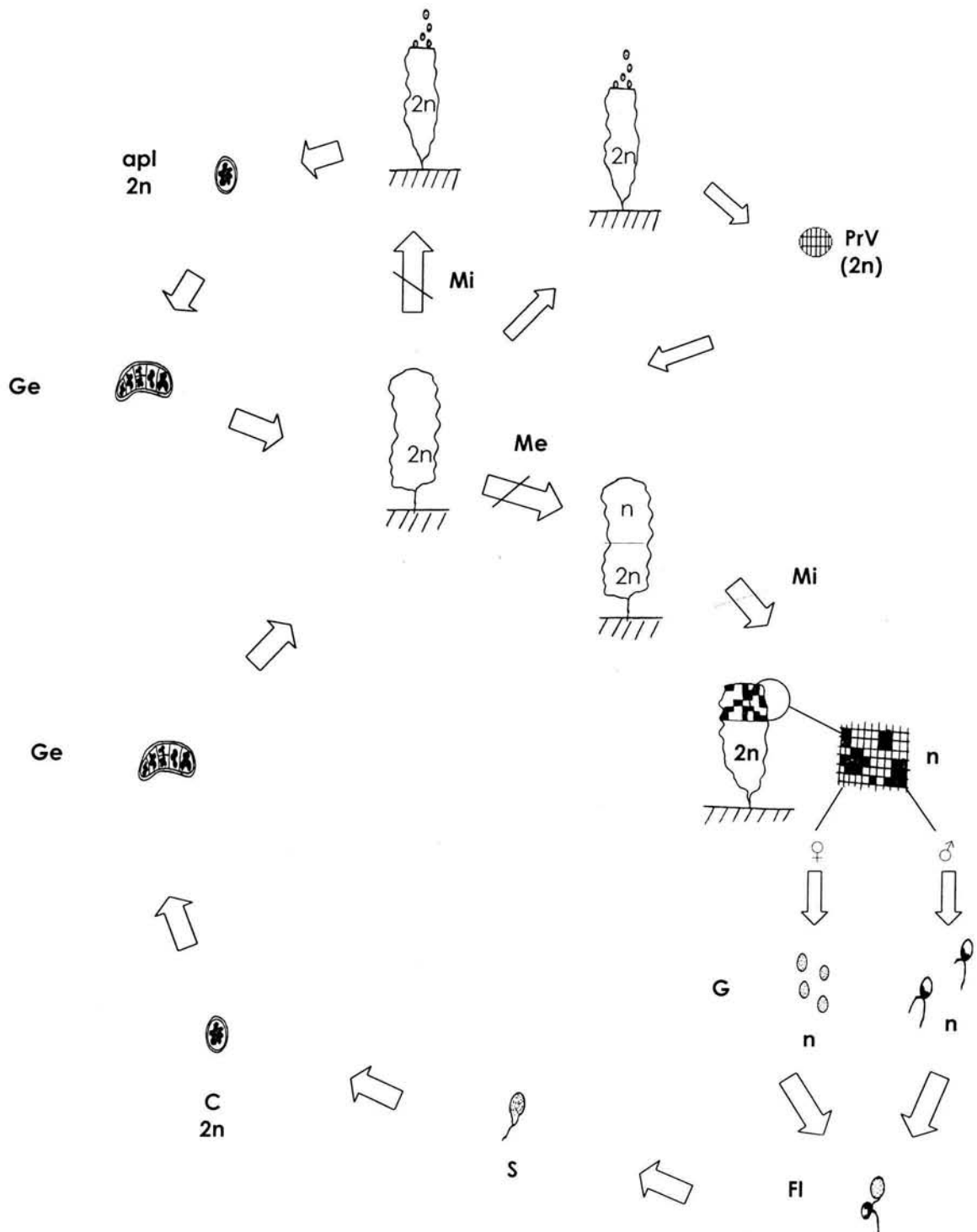
La reproducción vegetativa comienza con divisiones periclinales en la parte fértil del talo diploide (ápice). Estas regiones aumentan de grosor debido

---

la formación de aplanosporas (2n). Las aplanosporas son liberadas con la ruptura anticlinal de la pared celular (Fig. 1). Otro mecanismo de reproducción vegetativa es la fragmentación del talo o la formación de acinetos.

La reproducción sexual se ha reportado para especies marinas y de agua dulce pero únicamente se ha confirmado para dos especies marinas: *Prasiola stipitata* Suhr, (Fig. 1) y en *P. meridionalis* Setchell et Gardner. El ciclo de vida en *P. stipitata* comienza con la meiosis vegetativa en la parte apical del talo (2n) (meiosis somática), posteriormente esta región se divide mitóticamente para formar un tejido haploide. La mitad de este tejido recién formado se divide en células de color pálido, consideradas como células masculinas, mientras que la otra mitad se divide en células oscuras y corresponden a las femeninas. Por lo que la parte apical del talo consiste en regiones de gametos masculinos biflagelados y femeninos sin flagelo que una vez maduros se liberan. Cuando el espermatozoide toca la célula huevo por medio de la punta de un flagelo, ambos nadan juntos. Entonces el flagelo, junto con el cuerpo del espermatozoide, es absorbido por la célula huevo, dando como resultado un cigoto uniflagelado que puede nadar por un tiempo determinado. Después de pocos días ocurre la cariogamia, el cigoto germina inmediatamente, sin presentar periodo de latencia, para dar origen a otra lámina de *Prasiola* (Friedmann, 1959; 1960).

La reproducción sexual en *Prasiola stipitata* es oogama y el ciclo de vida diplohaplóntico heteromórfico. No obstante se ha reportado que dos miembros de Prasiolales, *P. japonica* Yatabe y *Rosenvingiella constricta* (Setchell & Gardner) Silva presentan posibles estructuras que intervienen en la reproducción sexual (gametos) y corresponden a un tipo diferente de ciclo de vida. Las estructuras reproductivas son similares a *P. stipitata* y la reproducción sexual es oogama, pero la evidencia disponible indica que el ciclo de vida es haplóntico haploide, con meiosis cigótica. Lo que parece improbable es que estas diferencias en el ciclo pudieran existir en especies que están muy relacionadas entre sí (Hoek et al., 1995).



**Fig. 1.** Etapas del ciclo de vida de *Prasiola stipitata*. Fl= Flagelo se adhiere al huevo; S= Singamia; C= Cigoto; Ge= Germinación; Me= Meiosis; Mi= Mitosis; apl= Aplanosporas; PrV= Propágulos vegetativos; G= Gametos (Modificado de Lee, 1989).

---

Actualmente se han descrito aproximadamente 20 especies de *Prasiola* en el mundo (Starmach, 1972; Hoek et al., 1995; Dine & Hara, 2002). Seis especies de agua dulce reportadas para Asia, una con dos variedades (*P. japonica* Yatabe, *P. formosana* Okada var. *formosana*, *P. formosana* var. *coreana*, *P. sinica* Jao, *P. subareolata* Skuja, *P. yunnanica* Jao; *Prasiola* sp.) y cuatro especies de agua dulce reportadas para América del Norte y Europa (*Prasiola fluviatilis* (Sommerfeld) Areschoug, *P. nevadensis* Setchel et Gardner, *P. velutina* (Lyngbye) Wille y *P. mexicana* J. Agardh (Starmach, 1972; Dine & Hara, 2002). Dos especies terrestres reportadas para Europa, una con dos variedades (*Prasiola crispa* (Lightf.) Meneghini ssp. *crispa*, *Prasiola crispa* ssp. *antartica* (Kützing) Knebel, *P. calophylla* (Carmichael et Greville) Kützing) y por último ocho especies marinas (*P. stipitata* Sur, *P. cristata* (Hooker et Harvey) J. Agardh, *P. borealis* Reed, *P. delicata* Setchell & Gardner, *P. linearis* Jao, *P. foliformis* Reinsch, *P. furfuracea* (Mertens) Kützing y *P. meridionalis* Setchell & Gardner) (Starmach, 1972; Dine & Hara, 2002). La mayoría de las especies marinas se encuentran en rocas de la zona intersticial o en la zona de salpicadura. Muchas especies son microscópicas y el talo es pequeño en comparación con las especies de agua dulce. La descripción y figuras de las especies se presentan en la tabla 1 y figuras 2-14.



**Tabla 1.** Caracteres morfológicos y morfométricos de algunas especies de *Prasiola* (Collins, 1902; Setchell & Gardner 1920; Starmach, 1972; Hamilton & Edlund, 1994; Rindi *et al.* 1999; Dine & Hara, 2002). Medidas en micrómetros excepto donde está señalado.

Taxa	Forma del talo	Largo cm	Ancho cm	Grosor	Margen	Medio de fijación	CELULAS VEGETATIVAS				Reproducción	Hábitat
							Largo	Ancho	Forma	Disposición de las células		
1. <i>P. velutina</i> (Lyngbye) Wille 1897 Norteamérica	Listón	1 - 2	30-70- (110) $\mu$	---	Ondulado, curvado	---	---	---	---	4 - 8 (12)	---	En arroyos de alta montaña
2. <i>P. japonica</i> Yatabe 1891 Japón	Lamina ovalado o alargado estrecho, oblongo lanceolado.	1 - 20	0.5 - 4	19 - 25	---	Estípite y rizoide incoloro.	9 - 12	4 - 7	Cuadradas	4	Heterogametos con flagelo largo	Arroyos rocosos de corrientes rápidas
3. <i>P. nevadensis</i> Setchell & Gardner 1920 América	Oblongo, oblanceolado, elongado	2 - 3	0.5 - 1	14 - 25	Ondulado y muy crispado	Disco pequeño, base amplia, rizoides basales	4.1-8	2.7 - 4.1	Redondas o anguladas	4, forman areolas indistintas. Sin líneas intersticiales	Aplanosporas ( $\delta$ ) en una capa sencilla de tétradas.	Aguas rápidas
4. <i>P. sinica</i> Jao 1940, China	Lanceolado	9	3	30 - 33	Lobulado	Estípite corto y rizoide incoloro	9-13- (15.5)	5 - 8- (12)	Medio circulares irregulares	2 (4)	---	Corrientes rápidas
5. <i>P. formosana</i> Okada 1936 Japón	Oblongo, lanceolado en forma de cinta	2 - 10.7	0.2-2.6	25 - 30	Crispado o en forma de uña	---	3 - 7	2 - 5	Redonde das, triangulares o arriñonadas	4	---	Arroyos de corriente rápida
6. <i>P. subareolata</i> Skuja 1937 China	Laminado, foliaceo. El talo joven es oblongo, ovado. En estado adulto es en forma de listón y de ápice afilado	6	0.5	45 - 54	Ondulado	---	6 - 8	---	Redonde das medio circulares	2 - 4	---	En arroyos rocosos

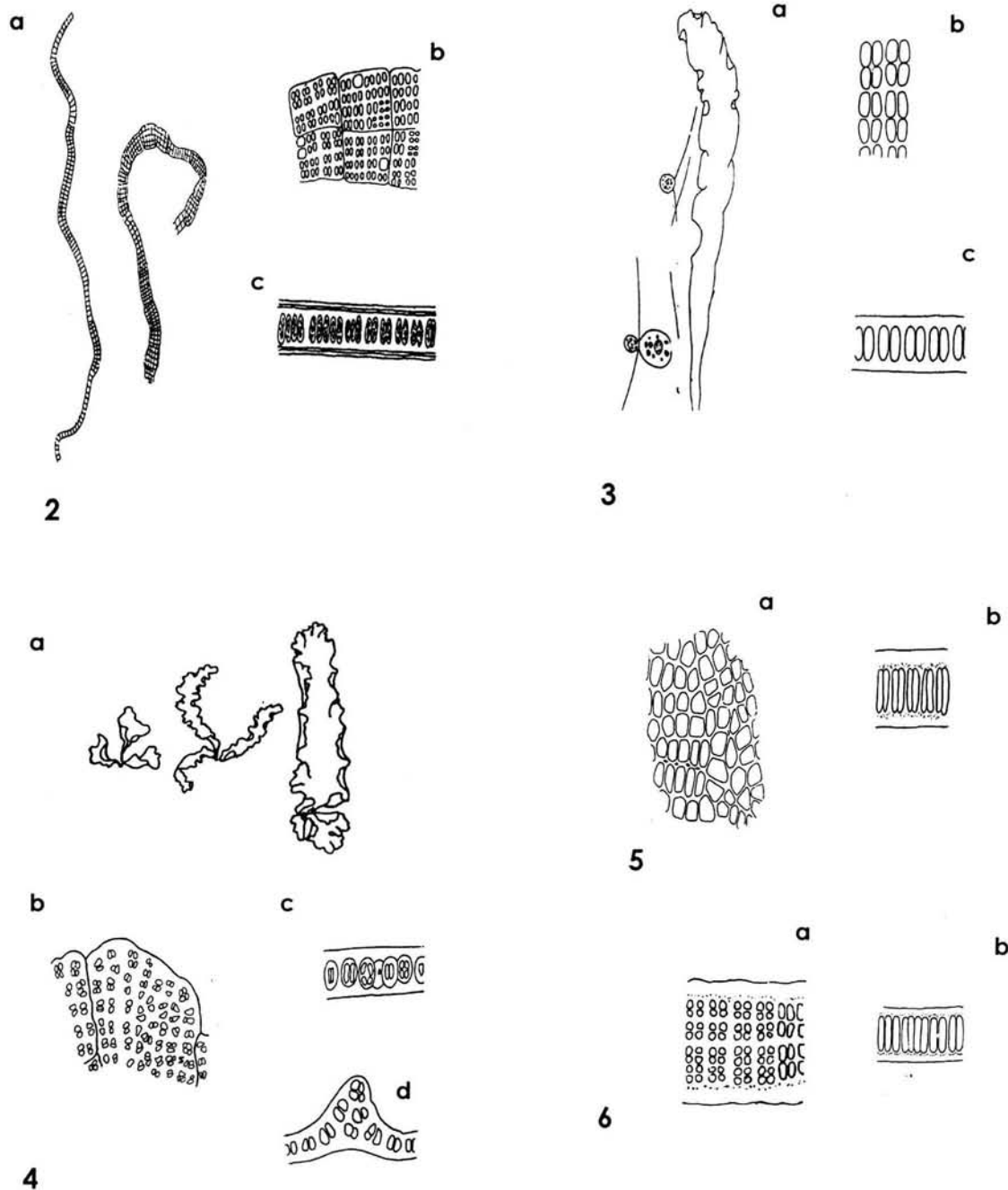
Tabla 1. Continuación.

Taxa	Forma del talo	Largo cm	Ancho cm	Grosor	Margen	Medio de fijación	CÉLULAS VEGETATIVAS				Reproducción	Hábitat
							Largo	Ancho	Forma	Disposición de las células		
7. <i>P. yunnanica</i> Jao 1947 China	Estrecho, lanceolado. En el ápice es en forma de cuña afilada.	20	4	51 - 28	Ondulado	Rizoide incoloro	7 - 12	5 - 7	Ángulos agudos o redondas	2 ó 4	Forman gametos	Arroyos de montañas
8. <i>P. fluviatilis</i> (Sommerfeld) Areschoug 1866 Norteamérica	Base adelgazada y la parte alta es ensanchada	4.5- 9.5	0.02- 0.3	8.4 - 8.8	Sinuado y constricciones	Rizoide	3 - 5.7	3.2 - 6.1	Cuadradas	4 - 16	---	Arroyos, y manantiales fríos de montaña
9. <i>P. mexicana</i> J. Agardh 1847 América	Foliáceo, más ancho que largo, ovalado o más o menos redondo, umbilicado en la base y laciniada e irregularmente crispada	10	---	25 - 30	Lobulado irregular	Estípites cortos y gruesos fijados por células en forma de mazo que forman los rizoides	---	6 - 16	Más o menos rectangulares, angulosas	Areolas cuaternadas	Fragmentación del talo, acinetos más redondos que las células vegetativas, aplanosporas 8-16 en una célula	Arroyos rocosos de rápida corriente. En grandes altitudes
10. <i>Prasiola</i> sp. Asia	Laminado, ovalado u oblongo, en algunos es linear / oblongo	2 - 12	0.5 - 5	20 - 35	Lobulado, crispado y ramificado en el ápice en estado adulto	Células rizoidales, incoloras, más largas y delgadas que las células vegetativas	12 - 20	4 - 13	Cuadradas a redondas	4	---	Corrientes frías
11. <i>P. crispa</i> (Lighth) Meneghini 1838	Laminado, ondulado, curvado o filamentosos	3-4	3-4	---	Crispado	Células rizoidales en base y margen	2-3 (5)	6-7 (10)	Cuadradas	---	Fragmentación del talo, acinetos	Muros húmedos, corteza de árboles
12. <i>P. furfuracea</i> (Mertens) Meneghini, 1838	Laminar	0.2	---	---	Crispado curvado	Estípites cortos	14-16 μ	4-6 μ	---	---	---	Rocas y árboles

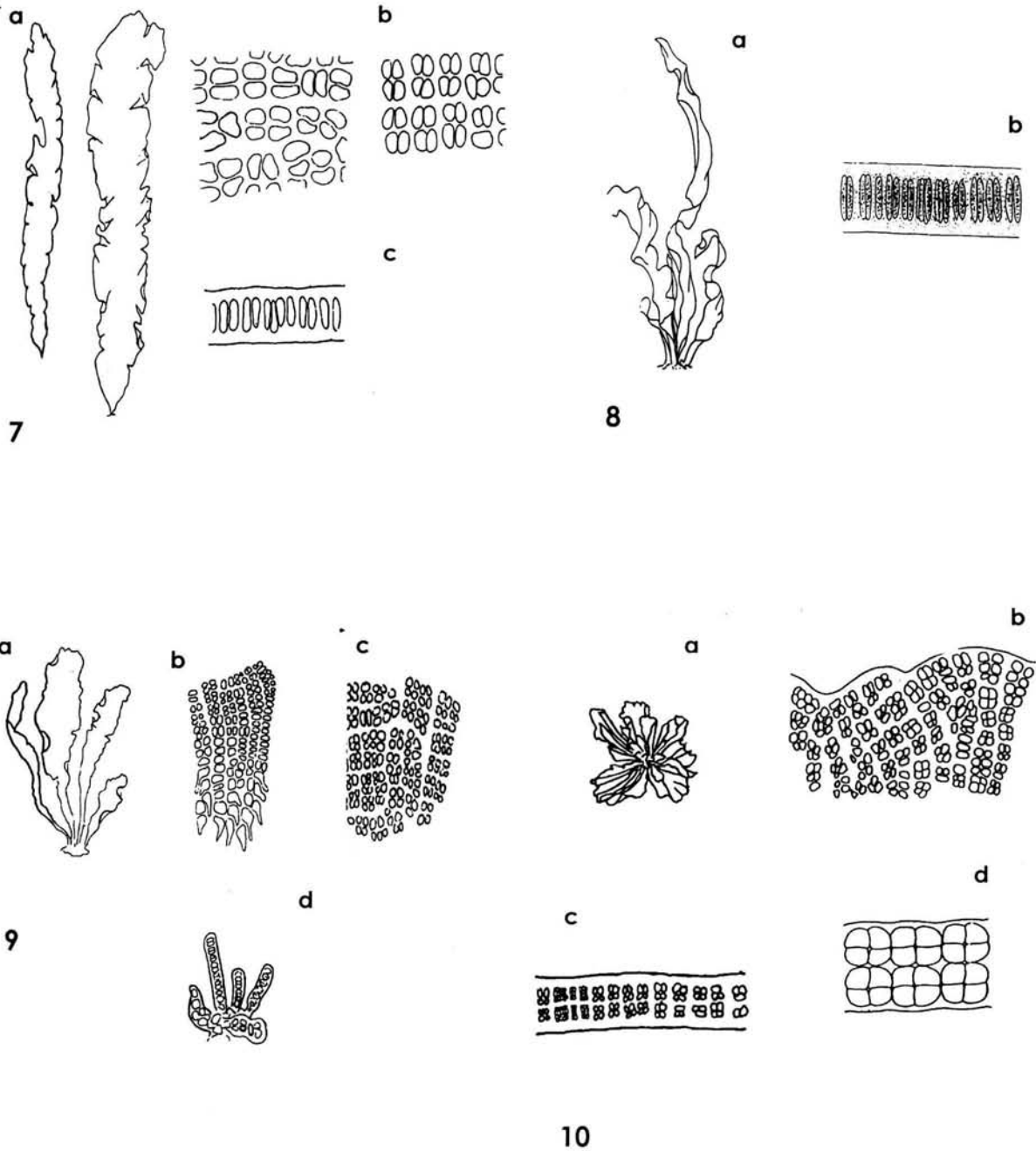
**Tabla 1. Continuación.**

Taxa	Forma del talo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Grosor	Margen	Medio de fijación	CÉLULAS VEGETATIVAS				Reproducción	Hábitat
							Largo	Ancho	Forma	Disposición de las células		
13. <i>P. stipitata</i> Sur en Jessen 1848 Europa	Laminado, Lanceolado	0.6-0.8	0.2	---	---	Estípote de 20 a 30 $\mu$ m de ancho	5-6	5-6 (10)	Cuadradas	2-4	Gametos y esporangios	Costas del océano atlántico
14. <i>P. calophylla</i> (Carmichael) Meneghini 1838 Europa	En forma de cinta	0.5	0.1	---	---	Estípote	4-5	5-12	---	---	aplanosporas	subaérea
15. <i>P. borealis</i> Reed 1920 Alaska	Cuneadas a obovada	---	0.5-1	35-45	Crenulado, crispado	Estipitado o sésil	1-14	4-9	Oblondo o empalizado	4 Presencia de areolas	---	Rocas cerca del margen superior del agua

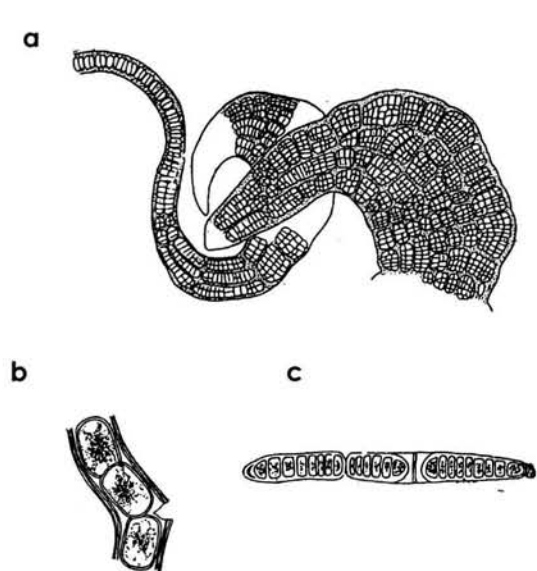
--- No se tiene registro.



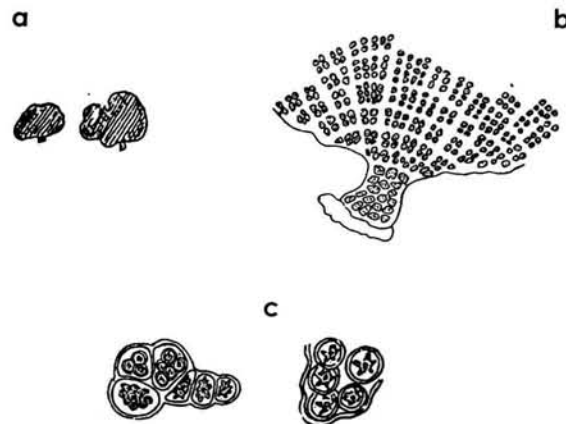
**Figuras 2 - 6.** (Tomado de Starmach, 1972 y Setchell & Gardner, 1920). Ilustraciones de las especies de *Prasiola* continentales. **Fig. 2.** *Prasiola velutina*: a) Hábito del talo, b) Vista superficial del talo, c) Estapa filamentos. **Fig. 3.** *P. japonica*: a) Hábito del talo con liberación y fusión de gametos, b) Vista superficial de la lámina, c) Corte transversal. **Fig. 4.** *P. nevadensis*: a) Hábito del talo, b) Vista superficial, c) Corte transversal con formación de aplanosporangios tipo tétrada, d) Corte transversal mostrando inicios de engrosamiento de la lámina. **Fig. 5.** *P. sinica*: a) Vista superficial, b) Corte transversal. **Fig. 6.** *P. yunnanica*: a) Vista superficial de la lámina, b) Corte transversal.



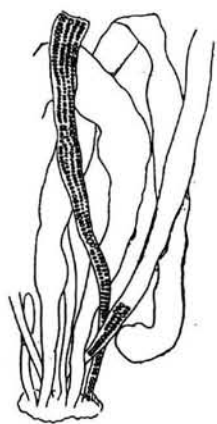
**Fig. 7-10.** Ilustraciones de las especies de *Prasiola* de agua dulce (Tomado de Starmach, 1972 y Setchell & Gardner 1920). *Prasiola formosana*: a) Hábito del talo, b) Vista superficial, c) Corte transversal. **Fig. 8.** *P. subareolata*: a) Hábito de la lámina, b) Corte transversal. **Fig. 9.** *P. fluviatilis*: a) Hábito del talo, b) Células en la porción basal muestra células alargadas (rizoidales), c) Vista superficial de la lámina, d) Talo joven con ramificaciones. **Fig. 10.** *P. mexicana*: a) Hábito, b) Vista superficial de la lámina, c) Corte transversal mostrando formación de aplanosporas, d) Detalle de aplanosporas.



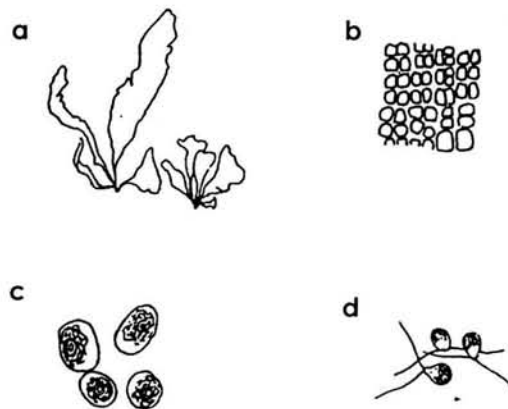
11



12



13



14

**Fig. 11-14.-** Ilustraciones de las especies terrestres y marinas (Tomado de Starmach, 1972). *Prasiola crista*: a) Fragmento del talo, b) Filamento en etapa juvenil, c) Fragmento del acineto. **Fig. 12.** *P. furfuraceae*: a) Hábito del talo, b) Fragmento de la lámina, c) Acineto formando aplanosporas. **Fig. 13.** *P. calophylla*. **Fig. 14.** *P. stipitata*: a) Hábito del talo, b) Vista superficial de la lámina, c) Gametos femeninos, d) Gametos masculinos.

---

## 1.1 Análisis de clasificación

Las algas verdes de aguas continentales pertenecientes al orden Prasiolales ha tenido una historia taxonómica controversial debido a la variación de formas, la falta de criterios adecuados para poder delimitarla y el gran parecido morfológico a géneros marinos como *Ulva* spp., y *Monostroma* spp. Las propuestas de clasificación a través de la historia se resumen en la tabla 2.

### 1.1.1 Caracterización de la Clase

El género *Prasiola* se ha colocado en distintas clases de acuerdo con varios autores. Tomando en cuenta la morfología del talo como caracter más importante (taxonomía tradicional) el orden se ha ubicado en: Chlorophyceae (Collins, 1909; Smith, 1950; Fritsch, 1961; Ortega, 1984; Bold & Wynne, 1985; Lee, 1989) y Ulothricophyceae debido a que estas clases reúnen formas filamentosas y parenquimatosas simples (Bourrelly, 1990).

Con los nuevos cambios en la sistemática de las algas verdes, la información ultraestructural, bioquímica, molecular (secuencias de genes rbcL y 18S rRNA) y de preferencias de hábitat, sugiere que el género se relaciona con Ulvophyceae o Pleurastrophyceae (O'Kelly *et al.*, 1989; Raven & Johnson, 1991; Sherwood *et al.*, 2000). Raven & Johnson (1991) y O'Kelly *et al.* (1989) consideran que el grupo es mas afín con Pleurastrophyceae, debido a la presencia de la mitosis vegetativa, quimiomarcadores taxonómicos (clorofila a y b), presencia de dos tipos diferentes de poliol (sorbitol y ribitol) y la ultraestructura de los gametos. Hoek *et al.* (1995) colocan al género provisionalmente en Pleurastrophyceae de acuerdo al sistema de raíz flagelar.

La clase Pleurastrophyceae cambia de nombre a Trebouxiophyceae porque la especie tipo (*Pleurastrum insigne* Chodat) se reubicó a Chlorophyceae (Mattox & Stewart, 1984 en: Graham & Wilcox, 2000).



---

Finalmente Field & O'Kelly (2002) analizaron la secuencia de nucleótidos en fragmentos de los genes 18S rDNA confirmando así la ubicación del orden en Trebouxiophyceae.

La clase Trebouxiophyceae se caracteriza por presentar: a) husos mitóticos metacéntricos no permanentes en metafase, b) mitosis semi-cerrada, c) citocinesis por medio del surco de división que se desarrolla en asociación con los microtúbulos del ficoplasto, d) ausencia de plasmodesmos, e) rizoplasto, f) aparato flagelar en forma de cruz, y g) cuerpos basales en contra de las manecillas del reloj (Graham & Wilcox, 2000).

### 1.1.2 Caracterización del Orden y Familia

En este nivel los conflictos surgieron por la falta de criterios para delimitar a las algas verdes filamentosas o taloides. El primer orden propuesto para el grupo fue Ulotrichales utilizando como criterio la organización del talo, el cual incluía formas filamentosas y no filamentosas y las características vegetativas como forma del cloroplasto, y del pirenoide, y número de núcleos (Collins, 1909; Fritsch, 1935 en: Ramanathan, 1964). Fritsch (1935 en: Ramanathan, 1964) lo coloca en este orden como suborden Prasiolineae debido a la presencia del cloroplasto estrellado y la ausencia de las células flageladas.

Knebel (1935 en: O'Kelly *et al.*, 1989) y Kornman & Sahling (1975 en: O'Kelly *et al.*, 1989) mueven al grupo en su propio orden Prasiolales con base en las características del cloroplasto, pirenoide central y la forma del talo.

Smith (1950) y Lee (1989) ubican en el orden Prasiolales al género *Schizogonium* por lo que nombran al orden Schizogoniales, éste orden solo contenía dos géneros: *Prasiola* y *Schizogonium*.

Otros autores consideraron que el grupo estaba muy relacionado con los géneros *Ulva*, *Monostroma* y *Enteromorpha* (Bold & Wynne, 1985;

---

Ramanathan, 1964; Bourrelly, 1990) principalmente por la forma del talo; y ubican a la familia en Ulvales.

Finalmente O'Kelly *et al.* (1989) examina la ultraestructura del aparato flagelar y concluye que la disposición estriada en la base del flagelo, la arquitectura inusual del cuerpo basal y la zona de transición son únicas para los géneros de *Prasiola* y *Rosenvingiella* confirmando de esta manera que el orden Prasiolales es apropiado para el género.

La mayoría de los autores estiman que *Prasiola* pertenece y tipifica la familia Prasiolaceae (Collins, 1909; Starmach, 1972; Bold & Wynne, 1985; O'Kelly *et al.*, 1989; Hoek *et al.*, 1995) principalmente por el arreglo celular en grupos, la ubicación del pirenoide, el tipo de cloroplasto, y la forma de reproducción asexual.

El presente trabajo considera la propuesta de Knebel (1935 en: O'Kelly *et al.*, 1989), Graham & Wilcox (2000) y Friedl & O' Kelly (2002) donde se coloca al género *Prasiola* en la clase Trebouxiophyceae, orden Prasiolales y familia Prasiolaceae.

**Tabla 2.** Propuesta de clasificación a lo largo del tiempo de la Clase, Orden y Familia del género *Prasiola*.

	Collins (1909)	Smith (1950)	Fritsch (1961)	Starmach (1972)	Bold & Wynne (1985)	Bourrelly (1990)	Hoek <i>et al.</i> (1995)	Graham & Wilcox (2000); Friedl & O'Kelly (2002)
Clase	Chlorophyceae	Chlorophyceae	Chlorophyceae	---	Chlorophyceae	Ulothricophyceae	Pleurostrophyceae	Trebouxiophyceae
Orden	Ulotrichales	Schizogoniales	Ulotrichales	Prasiolales	Ulvaes	Ulvaes	Prasiolales	Prasiolales
Suborden	---	---	Prasiolineae	---	---	---	---	---
Familia	Prasiolaceae	Schizogoniaceae	---	Prasiolaceae	Prasiolaceae	Prasiolaceae	Prasiolaceae	Prasiolaceae

--- No se menciona

---

## 1.2 Análisis taxonómico

La sistemática a nivel de especie se basa principalmente en el hábitat, largo, ancho, forma y margen de la lámina, disposición y tamaño de las células vegetativas (Tabla 1). Sin embargo, la identificación taxonómica es problemática debido a la variabilidad de estos caracteres. A continuación se describen con detalle los caracteres empleados para reconocer las especies de *Prasiola*.

El largo de la lámina se considera en la literatura de valor taxonómico, pero no se menciona si las láminas están en etapas juveniles o adultas (Collins, 1909; Starmach, 1972). Este caracter se utiliza para distinguir entre *Prasiola fluviatilis* (4.5 - 9.5 cm) de *P. velutina* (1.0 - 2.0 cm) (Hamilton & Edlund, 1994). Sin embargo, para el caso de *P. japonica* el intervalo de este carácter es muy amplio (1.0 - 20.0 cm) (Tabla 1), y otras especies de ambientes dulceacuícolas pueden traslapar esta medida como *P. formosana* y *P. yunnanica*. Las especies marinas y terrestres presentan láminas de menor talla comparadas con las de agua dulce.

El ancho de la lámina también es considerado de valor taxonómico (Collins, 1909; Starmach, 1972) como es el caso de *P. velutina* (Tabla 1) la cual está delimitada por este carácter. Esta especie presenta los rangos más pequeños (30.0 - 70.0 - (110)µm). Este caracter no es muy variable, sin embargo, la problemática radica en que no se menciona si los ejemplares tipo están en etapas juveniles o adultas.

Collins (1909) y Starmach (1972) consideran la forma de la lámina de peso taxonómico. Con base en este caracter se distingue a *P. velutina*, que presenta forma filamentososa, sin embargo las descripciones para las otras especies es confusa, por lo que este caracter no es muy útil para distinguir entre especies.

---

El margen de la lámina es un caracter muy variable (ondulado, curvado, crispado, lobulado, sinuado, crenulado, con constricciones), y se considera de poco valor taxonómico en la literatura (Collins, 1902; Starmach, 1972) debido a que hay especies como *P. velutina*, *P. nevadensis*, *Prasiola* sp y *P. borealis*, que presentan hasta dos tipos de margen, además, por que los rasgos de una especie son parecida a otras especies, como el caso de *P. subareolata* y *P. yunnanica* que presentan un margen ondulado.

El grosor de la lámina se considera de poco peso taxonómico (Collins, 1902; Starmach, 1972) y no se menciona en que región de la lámina se mide. Setchell & Gardner (1920), Friedmann (1959) y Dine & Hara (2002) observan que esta medida aumenta en la porción apical de la lámina (2 - 8 células de grosor) de acuerdo con la formación las aplanosporas o gametos.

Para el caso del tamaño de las células, su forma y disposición son caracteres muy importantes para identificar especies, sin embargo, no se menciona en que porción de la lámina se describen (Collins, 1909; Starmach, 1972). Friedmann (1959), Hamilton & Edlund (1994) y Dine & Hara (2002) observaron que estos tres caracteres difieren dependiendo de la región donde se midan, ellos describen que el tamaño celular tiende a ser más grande en la región basal y en plantas maduras, y que las células tienden a ser isodiamétricas en la base.

Se ha reportado que los grupos de células están rodeadas de una capa mucilaginosa, denominada "areola" el cual es característico en *P. nevadensis*, *P. subareolata*, *P. fluviatilis* y *P. mexicana* (Setchell & Gardner, 1920; Starmach, 1972), sin embargo, este carácter se no se considera de peso taxonómico en la literatura.

Para las estructuras de fijación, como el estípite y las células rizoidales, no se da información detallada de estas características. Fritsch (1961); Bold & Wynne, 1985 y Dine & Hara, (2002) han reportado crecimiento de células rizoidales en las células marginales de los talos. Estos caracteres se consideran

---

de poco valor taxonómico, debido a que la mayoría de las especies lo presentan (Collins, 1909; Starmach, 1972).

Para las estructuras de reproducción asexual (acinetos, aplanosporas) no se aportan medidas ni una descripción detallada en la literatura y por lo tanto este carácter no se ha utilizado para delimitar entre especies. La reproducción sexual se ha reportado para dos especies de ambientes marinos (*P. meridionalis* y *P. stipitata*) (Fig. 1) y dos de agua dulce (*P. japonica*, *P. fluviatilis*) (Starmach, 1972; Hamilton & Edlund, 1994), para estas últimas las evidencias permanecen sin confirmar, éstas estructuras no se utilizan en la literatura para delimitar taxonómicamente.

---

## 2. ANTECEDENTES

En México se ha descrito una especie del orden Prasiolales: *Prasiola mexicana* J. Agardh (1847), en la localidad de Santa María Alpatlachna, Estado de México. La descripción taxonómica de la especie tipo es breve y general, se menciona la forma del talo y la disposición de las células y no se hace mención de ningún otro carácter morfológico, morfométrico o ecológico (Agardh, 1847). No obstante, en los últimos 20 años se ha colectado esporádicamente a *Prasiola* sp. en la localidad de río Malila, Hidalgo; esta especie es común y constante pero no se ha reportado de manera formal para México (Montejano, com. pers.).

El segundo reporte de *P. mexicana* en México lo realiza Setchell & Gardner (1920) sin mencionar la localidad donde se recolectó. Debido a la falta de información taxonómica y de la muestra tipo, estos autores se basan en una descripción somera y figuras para poder definirla. En este mismo trabajo se presenta una descripción morfológica y morfométrica más detallada de la especie y amplían su distribución a los estados de Montana, Wyoming, California, Oregon, Nevada y Colorado en Estados Unidos.

Ortega (1984) reporta nuevamente a *P. mexicana* en la localidad de Santa María Alpatlacha, en la parte este del Volcán de Orizaba, a una altitud de 1066 a 1981 m, en corrientes turbulentas de montaña; y no hace ninguna descripción taxonómica. Además cita a *P. crispera* epífita de troncos de árbol, sin embargo, la identificación de esta especie es dudosa.

En Godínez *et al.* (2001) describen que las culturas antiguas de México estaban en estrecha relación con el agua y entre ellas la náhuatl (Estado de México). Esta cultura conocía a *P. mexicana* con el nombre de **Nitla** la cual se encontraba frecuentemente en los ríos rocosos. El uso etnobotánico de esta alga era principalmente medicinal, se utilizaba como supresor de tos y para detener el sangrado nasal. Para aliviar la tos, se colocaban pequeños



---

fragmentos del alga en un litro de agua; mientras que para detener el sangrado era colocado el talo directamente en la frente. Además, los autores reportan esta especie para el río La Cañada en el Estado de México.

Ramírez *et al.* (2001) y Ramírez (2002) reportan poblaciones dominantes de *Prasiola mexicana* en el Valle de México en los ríos: La Magdalena (4° y 2° Dinamo), San Borja, Agua de Leones, San Luis Ayucán y Villa del Carbón. La especie se describió con las siguientes características: talos de 0.6 – 15 cm de altura y 0.8 – 5 cm de ancho; superficie lisa o rugosa, margen firme y disposición celular en tétradas; se reportaron células rizoidales de formas irregulares con 40.3 - 72.0  $\mu\text{m}$  de largo y 33.1 – 39.0  $\mu\text{m}$  de ancho; las células son uninucleadas, con cloroplasto estrellado y un pirenoide central; no se reportan estructuras de reproducción sexual ni asexual; las poblaciones se encontraron desde la interfase (agua - aire) hasta 50 cm de profundidad, principalmente en ambientes de remansos y zona de deslizamiento con formas de vida epilíticos y perifíticos. Sin embargo, no se registraron todos los caracteres empleados para diferenciar a la especie.

Bojorge (2002) observó que las poblaciones de *P. mexicana* en el río La Magdalena (4° Dinamo) crecieron durante todo el año, la mayor abundancia de las poblaciones se presentó en los meses de menor temperatura (noviembre - febrero). Asimismo, encuentra crecimientos de talos expuestos a la desecación debido principalmente a la disminución de la descarga del río, éstos talos sobreviven con el agua que salpica. Además, reporta que las dimensiones de las láminas dependen de la descarga del río cuando esta es mayor, los talos tienden a perder biomasa y de esta manera reducen la fricción del agua. También detecta una variación de formas y tamaños celulares que no se reporta en la literatura, sin embargo, no explica la causa de estos cambios morfológicos.

Como resultado de lo anterior y teniendo en cuenta que no existe hasta el momento una revisión que integre la biología del género *Prasiola* en México, la presente investigación inició con la hipótesis de que existe un conjunto de poblaciones reunidas bajo un patrón estructural básico que se expresan

---

diferencialmente bajo ciertas condiciones ambientales, que si bien presentan variaciones en algunos caracteres, pudiese estar explicado por cambios genéticos y/o ambientales.

---

### 3. OBJETIVOS

#### Objetivo General

Analizar la taxonomía y distribución de poblaciones de *Prasiola* de agua dulce (Chlorophyta, Prasiolales) en la región central de México.

#### Objetivos particulares

- Analizar y caracterizar la variación morfológica y morfométrica de las poblaciones de *Prasiola*.
- Caracterizar la estructura anatómica y reproductiva bajo condiciones de cultivo.
- Emplear técnicas histológicas y de tinción para describir la estructura y arreglo celular.
- Describir la ecología y distribución de las poblaciones.

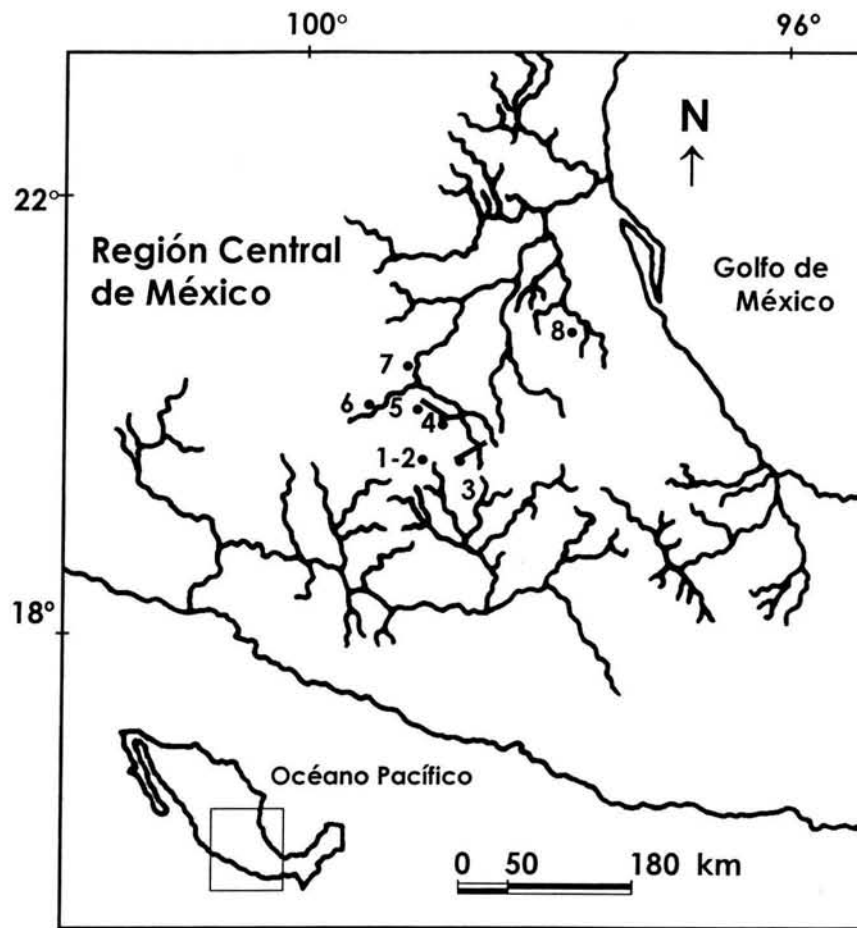
---

#### 4. ÁREA DE ESTUDIO

Se estudiaron un total de 17 poblaciones del género *Prasiola* recolectadas en ocho sitios. Las localidades corresponden a cinco corrientes de la cuenca del Valle de México y una del Alto Pánuco (Fig. 15). Las localidades de la cuenca son: río La Magdalena (Estanque de truchas, 4° y 2° Dinamo), Agua de los Leones (Cruz Blanca), San Borja (Desierto de los Leones), San Luis Ayucán y Villa del Carbón (Figs 16-22). La localidad del alto Pánuco es río Malilla (Fig. 23).

Las poblaciones de la cuenca del Valle de México se presentaron en un clima C(w<sub>2</sub>)(w) (templado húmedo con lluvias en verano) y C(w<sub>1</sub>)(w) (templado subhúmedo con abundantes lluvias en verano) (INEGI, 1970). La cubierta vegetal que presentan son bosque de pino-encino, constituido por diferentes especies de *Pinus* y *Quercus*. El mes más cálido es mayo, con una temperatura media de 12°C y el más frío es de febrero con 2°C. El promedio anual de precipitación es de 580 a 800 mm. Los meses de mayor incidencia, junio – septiembre, alcanza alrededor de 700 mm. Los cuerpos de agua se encontraron a una altitud de 2,227 a 3,000 m snm. La cuenca es de origen volcánico y la zona está caracterizada por la presencia de sustratos andesítico – basálticos (Mooser, 1975; Ferruzquía-Villafranca, 1993) (Tabla 3, 5. Fig. 15, 16 - 22).

Las poblaciones del Alto Pánuco se presentan en un clima C(fm) templado húmedo con lluvias todo el año, este clima se distribuye en partes del centro y sur de la entidad, registrando variantes de precipitación y temperatura debida principalmente a alternancias de altitud entre los llanos, valles y serranías. La vegetación es bosque mesófilo de montaña secundario con presencia de las siguientes especies: *Alnus arguta*, *Senecio salignus*, *Baccharis conferta*, *Equisetum* spp. La fisiografía de esta zona está caracterizada por la presencia de rocas sedimentarias marinas que datan del Cretácico y del Jurásico superior; las rocas que predominan son calizas, lutitas (rocas arcillosas) y las areniscas (INEGI, 1992; Ferruzquía-Villafranca, 1993) (Tabla 3, 5. Fig. 15, 23).



**Figura 15.-** Ubicación de las localidades con poblaciones de *Prasiola* en la región central de México(●). Cuenca de México: 1. Río Magdalena, Estanque de truchas, 2. 4° Dinamo, 3. 2° Dinamo, 4. Agua de Leones, 5. San Borja, 6. San Luis Ayucán, 7. Villa del Carbón. Alto Pánuco: 8. Río Malila.

**Tabla 3.** Ubicación y características ambientales de las localidades de estudio.

Cuenca Hidrológica	Corriente	Localidad	Estado	Delegación/ Municipio	Ubicación geográfica		Altitud (m snm)	Clima	Sustrato	Vegetación	
					LN	LO					
Cuenca del Valle de México	Río La Magdalena	Estanque de truchas	Distrito Federal	Magdalena Contreras	19° 16'	99°18'	3,000	C(w <sub>2</sub> )(w)	Andesítico-basáltico	Abies sp., Quercus sp.	Pinus sp. y
"	"	4° Dinamo	"	Magdalena Contreras	19° 16'	99°18'	3,150	"	"	Abies sp., Quercus sp	Pinus sp. y
"	"	2° Dinamo	"	Magdalena Contreras	19°29'	99°17'	2,800	"	"	Abies sp., Quercus sp	Pinus sp. y
"	Río Agua de Leones	Agua de Leones	"	Cuajimapla	19°17'	99°19'	3,220	"	"	Abies sp., Quercus sp	Pinus sp. y
"	Río San Borja	San Borja	"	Cuajimalpa	19°17'	99°19'	2,800	"	"	Pinus sp. y Quercus sp.	
"	Río San Luis	San Luis Ayucán	Estado de México	Jilotzingo	19°15'	99°21'	2,664	C(w <sub>1</sub> )(w)	"	Quercus sp	
"	Río Villa del Carbón	Villa del Carbón	Estado de México	Villa del Carbón	19°45'	99°30'	2,227	C(w <sub>2</sub> ) (w)	"	Quercus sp	
Alto Pánuco	Río Malila	Malila	Hidalgo	Molango	20°45'	98°45'	1,530	C(fm)	Caliza-lutita	Bosque mesófilo de montaña secundario con presencia de <i>Alnus arguta</i> , <i>Senecio salignus</i> , <i>Baccharis conferta</i> y <i>Equisetum</i> spp.	





**Fig. 16.- Estanque de truchas**



**Fig. 17.- 4º Dinamo**



**Fig. 18.- 2º Dinamo**

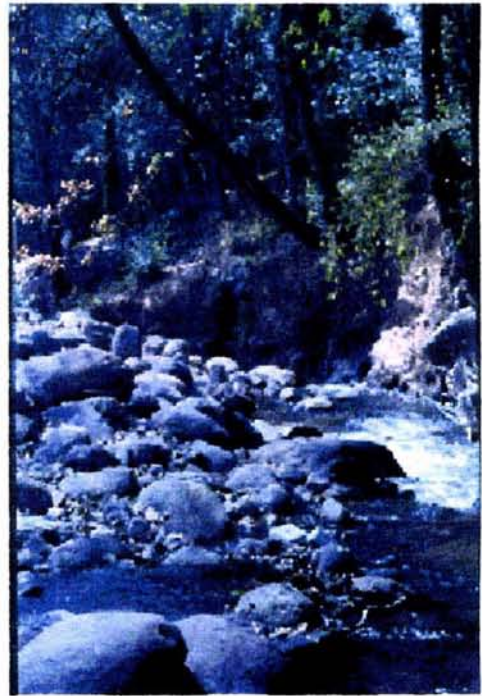


**Fig. 19.- Agua de Leones**





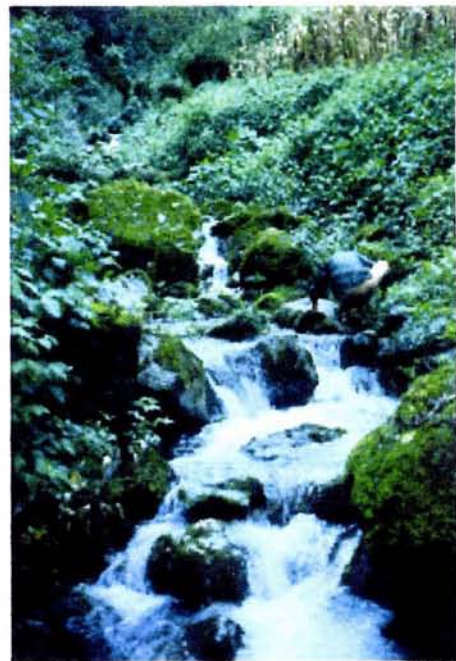
**Fig. 20.-** Río San Borja



**Fig. 21.-** San Luis Ayucán



**Fig. 22.-** Villadel Carbón



**Fig. 23.-** Río Mailla

---

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Trabajo de campo

En el campo cada una de las localidades fue ubicada con un GPS Gramin y se registró la conductividad, pH y temperatura con un conductímetro/potenciómetro marca Conductronic PC-18( $\pm 1\%$ ). Asimismo, se registraron los factores ambientales del punto de colecta, tales como: insolación (Johansson, 1982), la cual fue considerada como una estimación de la cantidad de luz que llega al punto de colecta y es expresada como el porcentaje del horizonte que se observa desde el punto de colecta (mayor a 80% muy alta, 80-60% alta, 60-40% media, 40-20% baja, menor a 20% muy baja), y velocidad de corriente para la cual se empleó las cinco categorías utilizadas por Johansson (1982) y Carmona & Montejano (1993) ( $<10 \text{ cm s}^{-1}$ = muy baja (casi estancada)  $10\text{-}35 \text{ cm s}^{-1}$ = lenta,  $35\text{-}60 \text{ cm s}^{-1}$ = moderada,  $60\text{-}85 \text{ cm s}^{-1}$ = alta y  $>85 \text{ cm s}^{-1}$ = muy alta).

Se recolectaron crecimientos algales visibles tomando el talo desde la base tratando de mantener el rizoide. Cada crecimiento quedó referido a un número de muestra con las siglas MA río la Magdalena (Estanque de Truchas 4° y 2° Dinamo), CB Agua de Leones, DL San Borja, SL San Luis Ayucán, VC Villa del Carbón y PA río Malilla (correspondiente a la cuenca del río Pánuco). Las muestras se fijaron en formalina al 4% y se preservaron en frascos de plástico para depositarlas en la sección ficológica del herbario **FCME** de la Facultad de Ciencias, UNAM (Holmgren *et al.*, 1990).

Con el objeto de caracterizar la variación morfológica y morfométrica de las poblaciones se documentaron los siguientes caracteres taxonómicos a) caracteres morfológicos: forma, margen, estructura de fijación, superficie del talo, número de láminas por rizoide, forma y disposición de las células y estructuras de reproducción y b) caracteres morfométricos: largo y ancho del talo, largo y ancho de las células vegetativas, grosor del talo, ancho y largo de

---

aplanosporas (Agardh, 1847; Collins, 1909; Setchell & Gardner, 1920; Starmach, 1972; Hamilton & Edlund, 1994; Hoek *et al.*, 1995; Dine & Hara, 2002). De cada muestra se estudiaron cuatro individuos completos (considerando la presencia del rizoide). De cada individuo, se midió el ancho (la parte más ancha) y largo de la lámina utilizando una regla de 30 cm. El resto de los caracteres fueron observados y medidos con un microscopio Olympus BX51 con iluminación de contraste interferencial y sistema de microfotografía SC35. Las medidas celulares se realizaron en tres secciones de la lámina: basal, media y apical; para así determinar los cambios morfométricos a lo largo de la lámina. Las mediciones fueron hechas en réplicas de 20 y quedaron representadas como un intervalo que contiene la medida máxima, mínima, media aritmética y desviación estándar. El número de réplica fue determinado por la ecuación:  $n=(S/Ex)$ , donde S= desviación estándar, E= error estándar y x= promedio predeterminado (Southwood, 1978).

## 5.2 Cultivos

Para la caracterización de las estructuras de reproducción se recolectaron en las localidades del 4° Dinamo y Río Malila los crecimientos algales visibles, tomando tres individuos de cada localidad, tratando de mantener el talo completo. Se transportaron en frascos de plástico, con agua de la localidad en una hielera con temperatura aproximada de 4°C. En el laboratorio se revisó el aspecto superficial de las láminas con un microscopio estereoscópico. Se tomaron pequeños fragmentos de cada lámina considerando caracteres como color y textura, los cuales fueron lavados en condiciones estériles, dos veces en cajas de Petri con agua destilada, agitándolos suavemente con una pinza de disección, y por último en un tubo de cultivo de rosca con agua destilada, agitando vigorosamente en un intervalo de tres minutos para eliminar de manera mecánica las algas epífitas. Los fragmentos del talo se introdujeron en tubos de cultivo de policarbonato con tapa, con 100 ml de medio Bold Basal (BBM) (Nichols, 1973) y se mantuvieron en cámaras de ambiente controlado con lámparas fluorescentes (Phillips 15 W) con las siguientes condiciones: temperatura 14°C, irradiancia 98-150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y

---

fotoperíodo 12:12 h (Luz : oscuridad) durante 60 días. Los cultivos se revisaron periódicamente en el microscopio de óptico, sacando una pequeña porción del talo en un ambiente estéril, para después reintroducirlo en el tubo de cultivo. Se buscó principalmente, la presencia de aplanosporas o gametos. En todo este procedimiento se evitó el contacto con material que pudiera estar contaminado con formalina.

### 5.3 Tinción y cortes

Para la caracterización citológica se emplearon dos técnicas de tinción: solución de yodo al 10% para resaltar la estructura del cloroplasto e indicar las acumulaciones de almidón (Johansen, 1940). Para esta técnica se utilizó material vivo y preservado en formol; se agregaron dos gotas de lugol en un intervalo de cinco minutos; se lavó el exceso del colorante en agua corriente y por último se montaron preparaciones. La segunda técnica: Hematoxilina de Wittmann, en la cual el material fue preservado en solución de carnoy (etanol 95% - ácido acético glacial 3:1); posteriormente en un vidrio de reloj se agregaron dos gotas de hematoxilina a una porción de la lámina, se calentó en un mechero de alcohol durante cinco segundos, se enjuagó en agua corriente para eliminar el exceso del colorante. Por último se montó la preparación y se presionó de manera uniforme para el rompimiento celular (squash), esta técnica es útil para resaltar el material genético y pirenoides (Goff & Coleman, 1990).

El grosor de la lamina se obtuvo a partir de cortes en la sección apical del talo, el grosor de los cortes fueron de 5 y 10  $\mu\text{m}$  realizados con un microtomo de congelación (Sartorius- Werke Mod. 27, Alemania).



---

#### 5.4 Análisis taxonómico

La caracterización de los grupos y la comparación morfométrica y morfológica entre las poblaciones de estudio incluyó 5 niveles de análisis: 1) caracterización de la variación morfométrica (Largo, ancho de la lámina, proporción largo / ancho de la lámina, grosor del talo, largo y ancho celular y de las aplanosporas) entre las 17 poblaciones de estudio; 2) caracterización de la variación morfométrica entre las poblaciones de distinta localidad; 3) la evaluación de los caracteres taxonómicos se hizo a partir de la comparación de los rangos morfométricos y morfológicos de cada población y quedó definida de la siguiente manera: con valor taxonómico, aquellos que resultaron constantes en una población y difieren de otros bajo las mismas o distintas condiciones ambientales; y sin valor taxonómico, los que presentaron rangos amplios en la misma población o muy homogéneos en todas las poblaciones bajo las mismas o distintas condiciones ambientales; 4) ecología y distribución, y 5) caracterización de las poblaciones de *Prasiola* en la región central de México.

Los promedios obtenidos de los caracteres morfométricos se analizaron por medio de gráficos, pruebas de t-Student, análisis de varianza de una vía (ANOVA), distancia euclidiana y análisis de componentes principales (ACP) por medio del programa estadístico STATISTICA V. 3.0.

---

## 6. RESULTADOS

Los resultados se presentan ordenados de acuerdo con el planteamiento de los objetivos y la metodología. Los valores morfométricos y morfológicos de las poblaciones estudiadas se resumen en las tablas 4, 6 y 7 y Figuras 29 - 40. La descripción de las condiciones ambientales de las localidades de estudio se muestran en la tabla 5.

### 6.1. Evaluación de los caracteres morfométricos de las poblaciones de *Prasiola* en la región central de México.

La distancia euclidiana entre los 12 caracteres morfométricos analizados de las 17 poblaciones de estudio mostraron cinco grupos (Fig. 24). Los grupos 1, 3, 4 y 5 correspondieron a poblaciones de la Cuenca del Valle de México. El grupo 2 estuvo definido por la proximidad de las tres poblaciones en la cuenca alta del Pánuco. El promedio y desviación estándar mostraron traslapes considerables entre todas las poblaciones. La población con rango más estrecho fue la 1 (estanque de Truchas); mientras que las poblaciones con rangos más amplios fueron la 9 y 10 (Agua de Leones) y 11 y 12 (San Borja).

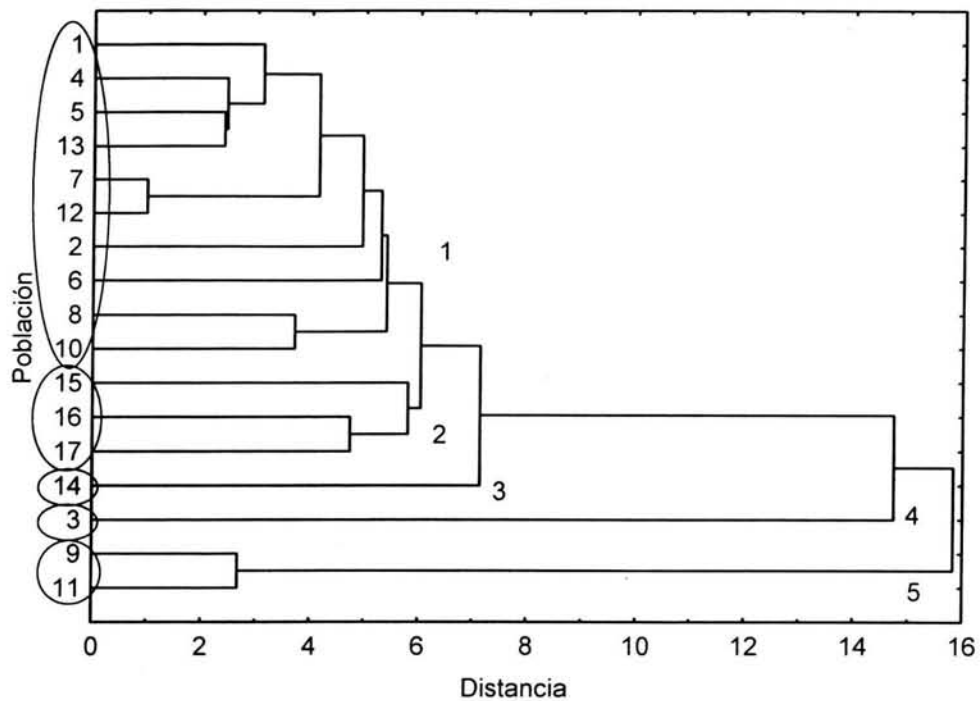
Tomando en cuenta los valores de todos los caracteres morfométricos para cada población la prueba de t-Student y el ANOVA no registraron diferencias significativas entre poblaciones de la misma localidad, aunque sí se registró un diferencia significativa entre las poblaciones 3 (4° Dinamo) y 15 (Malila) ( $t > 2.3$ ,  $F > 1.9$ ,  $p < 0.05$ ) y las poblaciones 3 (4° Dinamo) y 16 (Malila) ( $t > 2.3$ ,  $F > 1.3$ ,  $p < 0.05$ ) (Fig. 25).

---

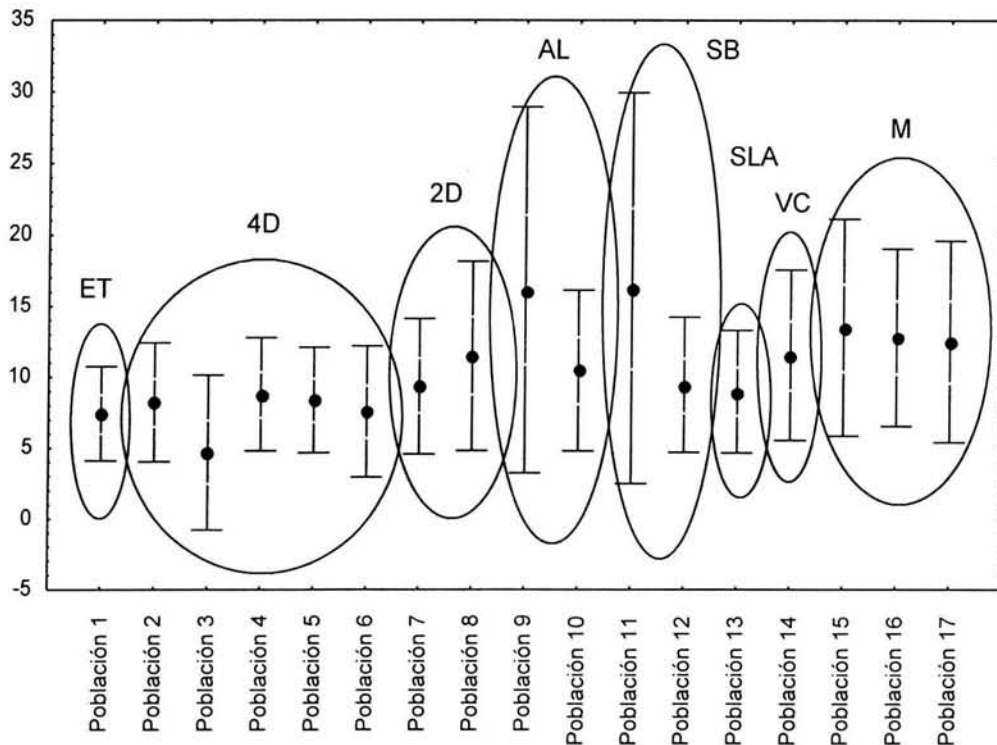
Los caracteres morfométricos presentes en poblaciones de la misma localidad se resumieron en un rango, promedio y desviación estándar que contiene la variación intrapoblacional.

La distancia euclidiana entre las 8 localidades con *Prasiola* (Fig. 26) reconoció a cuatro grupos, el primero integrado por las localidades de Estanque de Truchas y 4° Dinamo; el segundo grupo reúne al 2° Dinamo y Agua de Leones; el tercer grupo se conforma por San Luis Ayucán, Villa del Carbón y Malila; el cuarto y último grupo integrado por el río San Borja. El análisis de componentes principales (ACP) (Fig. 27) reconoció tres grupos. El primero conformado por el estanque de Truchas y 4° Dinamo; el segundo grupo reúne a Villa de Carbón, San Luis Ayucán y Malila; y el último grupo está integrado por 2° Dinamo, Agua de Leones y San Borja. El ACP mostró cuatro grupos de caracteres morfométricos que explica la proximidad entre poblaciones. El primer grupo incorpora el grosor de la lámina; el segundo se conformado por el largo y ancho de la lámina y largo y ancho celular en la región apical, media y basal; el tercer grupo reúne a la proporción largo: ancho de la lámina (Fig. 28).

La evaluación de los caracteres morfométricos y morfológicos se comparan entre las 17 poblaciones y posteriormente entre localidades.

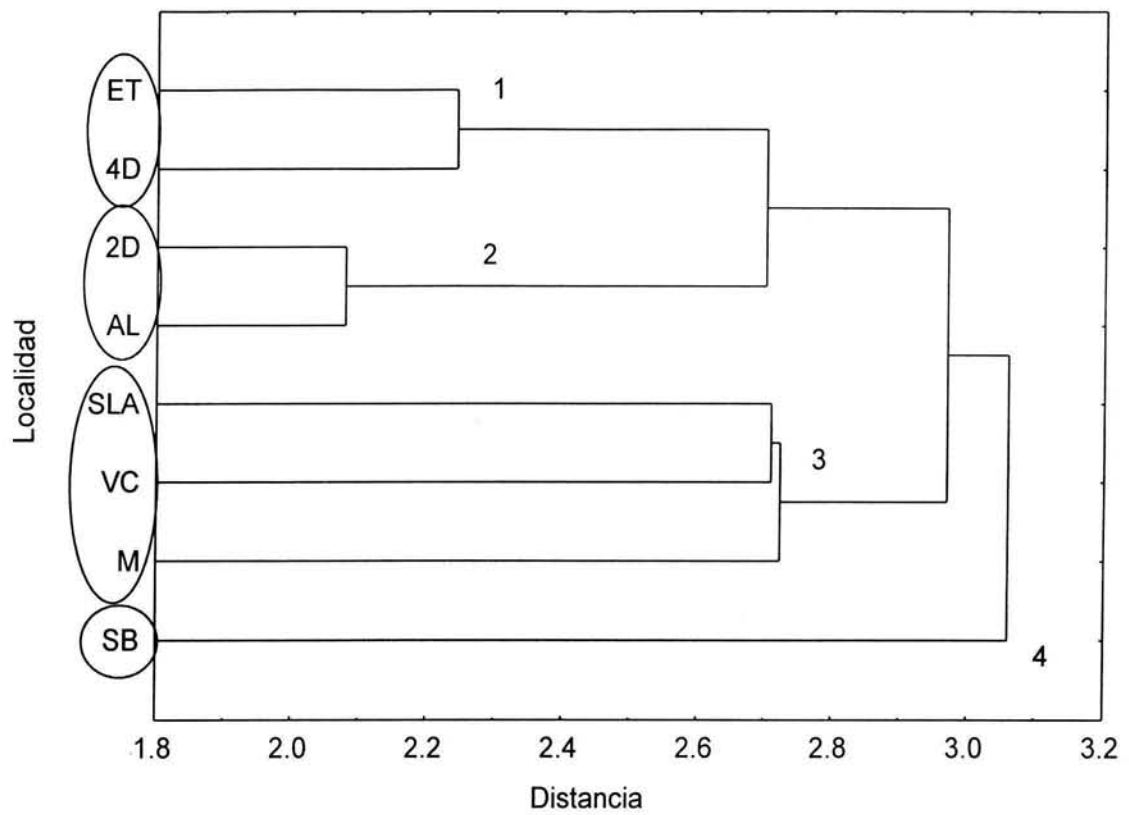


**Fig. 24.-** Distancia euclidiana entre las 17 poblaciones analizadas y los cinco grupos más próximos considerando los 12 caracteres morfométricos.

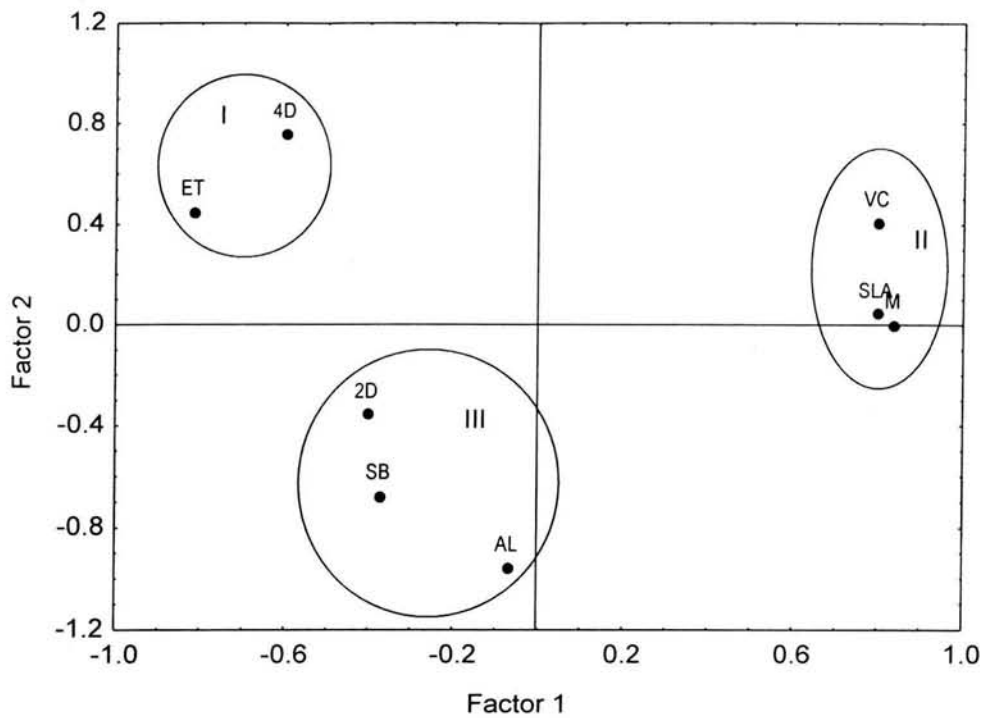


**Fig. 25.-** Promedios y desviación estándar de las 17 poblaciones analizadas considerando los caracteres morfométricos. ET= Estanque de Truchas; 4D= 4º Dinamo; 2D= 2º Dinamo; AL= Agua de Leones; SB= San Borja; SLA= San Luis Ayucán; VC= Villa del Carbón; M= Malilla.

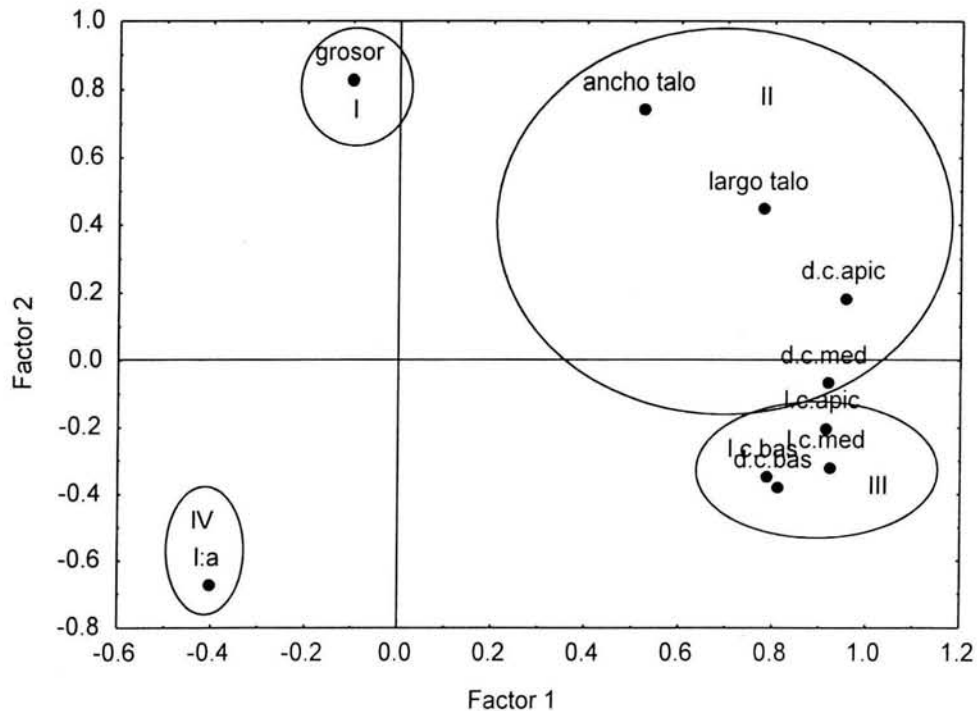




**Fig. 26.-** Distancia euclidiana entre localidades (considerando la variación intrapoblacional por localidad) y cuatro grupos formados.



**Fig. 27.-** Análisis de componentes principales entre localidades (considerando la variación intrapoblacional) y los tres grupos formados.



**Fig. 28.-** Análisis de componentes principales entre los caracteres morfométricos (considerando la variación intrapoblacional y los cuatro grupos formados de las 17 poblaciones de *Prasiola* en la región central de México. l:a= Proporción del largo/ancho; d.c.apic= diámetro célula apical; l.c.apic= largo célula apical; d.c.med= diámetro célula en la porción media; l.c.med= largo célula en la porción media; d.c.bas= diámetro célula base; l.c.bas= largo célula base.

---

## Largo de la lámina

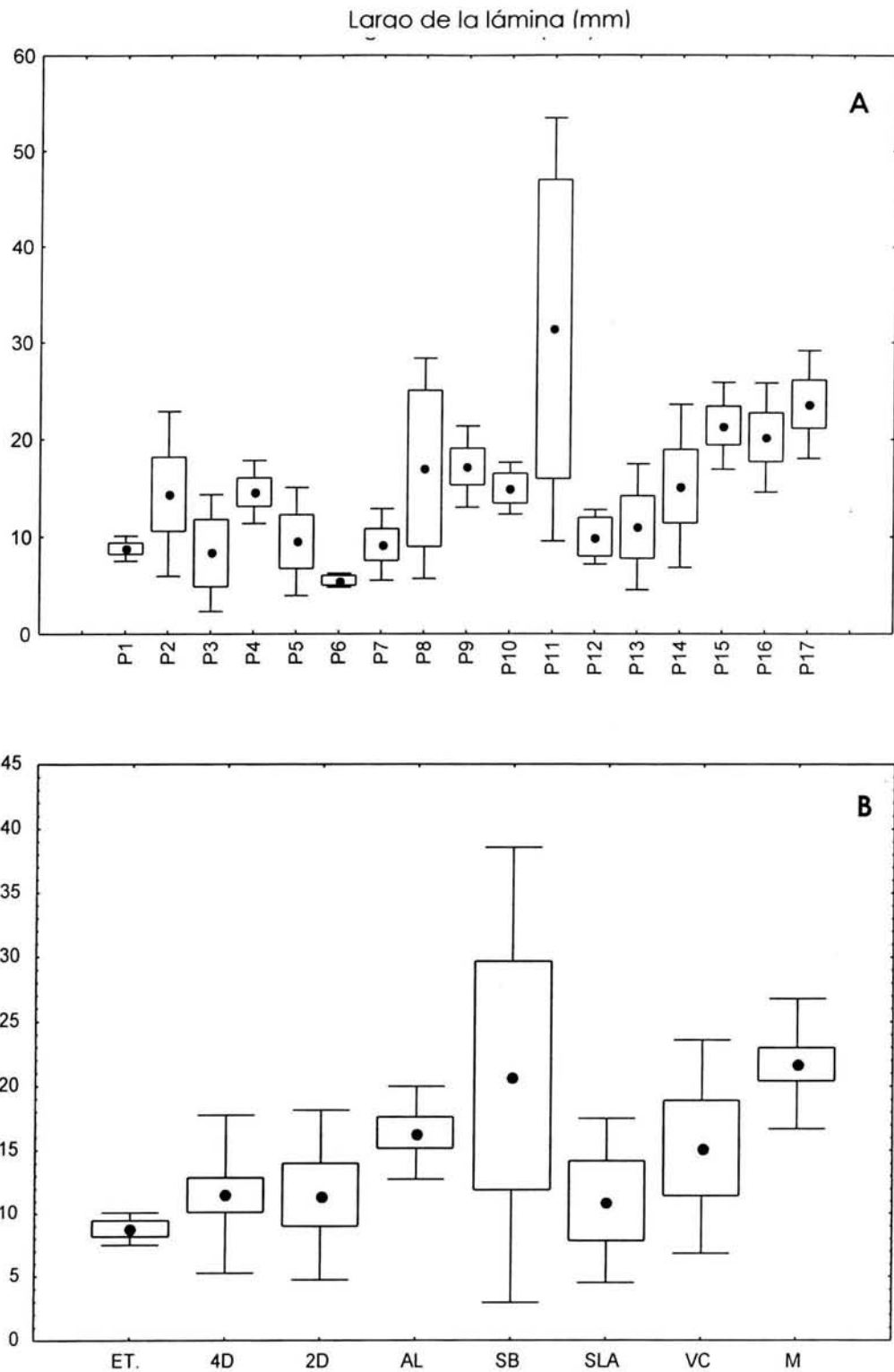
Este carácter fue muy variable para las 17 poblaciones, excepto para la 1 y 6; la población 11 fue la que presentó mayor variabilidad (Fig. 29a). Las láminas de mayor talla se registraron para la población 9 (90.0 mm) y las de menor en la 3 (2.0 mm) (Tabla 4). Los valores de la *t* – Student en las 17 poblaciones mostraron diferencias significativas en las poblaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 con las poblaciones 4, 9, 15, y 17 ( $t > 1.52 - 53.0$ ;  $p < 0.01$ ). No se registraron diferencias significativas entre poblaciones de la misma localidad.

A nivel de localidades este carácter presentó mayor variabilidad en río San Borja y menor en Estanque de Truchas (Fig. 29b). Los valores de la *t* – Student para las ocho localidades mostraron diferencias significativas entre las localidades de Estanque de Truchas (ET), 4º Dinamo (4D), 2º Dinamo (2D), Agua de Leones (AL), San Borja (SB), y Villa del Carbón (VC) con la localidad de Malilla (M) ( $t > 2.12$ ;  $p < 0.05$ ) (Figs 41- 44, 68-70).

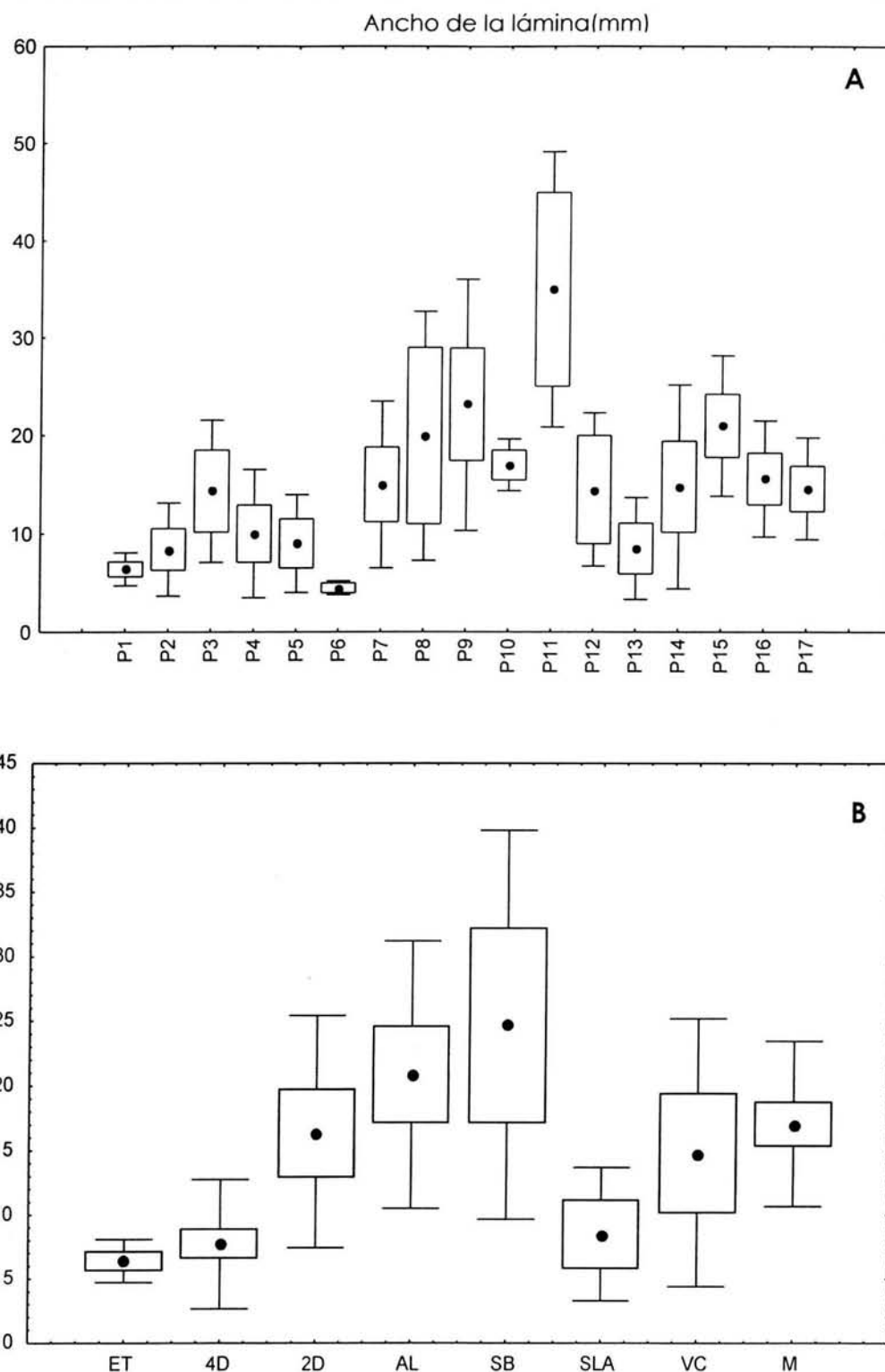
## Ancho de la lámina

Los ejemplares revisados de las poblaciones 1 – 17 mostraron este carácter muy variable, excepto para la 1, 6 y 10 (Fig. 30a). Las láminas más angostas se midieron para la población 2 (3.0 mm) y las más anchas en la 11 (47.0 mm) (Tabla 4). Los valores de la *t*- Student para las 17 poblaciones mostraron diferencia significativa en 1, 2 y 8 contra la 9, 10, 11, 15, 16 y 17 ( $t > 2.81 - 15.0$ ;  $p < 0.01$ ). No se registraron diferencias significativas entre poblaciones de la misma localidad.

A nivel de localidades este carácter también presentó rangos muy variables, la mayor variabilidad se registró para SB y la menor para ET (Fig. 30b) Las láminas más grandes se midieron para la localidad de SB y las pequeñas para estaque de truchas (Tabla 4). Los valores de la *t*-Student mostraron diferencia significativa entre las localidades ET, 4D y San Luis Ayucán (SLA) contra las localidades 2D, AL, SB, VC y M ( $t > 2.21$ ;  $p < 0.05$ ) (Figs 41- 44, 68-70).



**Fig. 29.-** Promedio (•), error estándar (cajas) y desviación estándar (bigotes) del largo de la lámina entre poblaciones (A) y localidades (B). ET= Estanque de Truchas; 4D= 4° Dinamo; 2D= 2° Dinamo; AL= Agua de Leones; SB= San Borja; SLA= San Luis Ayucán; VC= Villa del Carbón y M= Malilla.



**Fig. 30.-** Promedio (●), error estándar (cajas) y desviación estándar (bigotes) del ancho de la lámina entre poblaciones (A) y localidades (B). ET= Estanque de Truchas; 4D= 4° Dinamo; 2D= 2° Dinamo; AL= Agua de Leones; SB= San Borja; SLA= San Luis Ayucán; VC= Villa del Carbón y M= Malila.

---

### Proporción del Largo/Ancho de la lámina

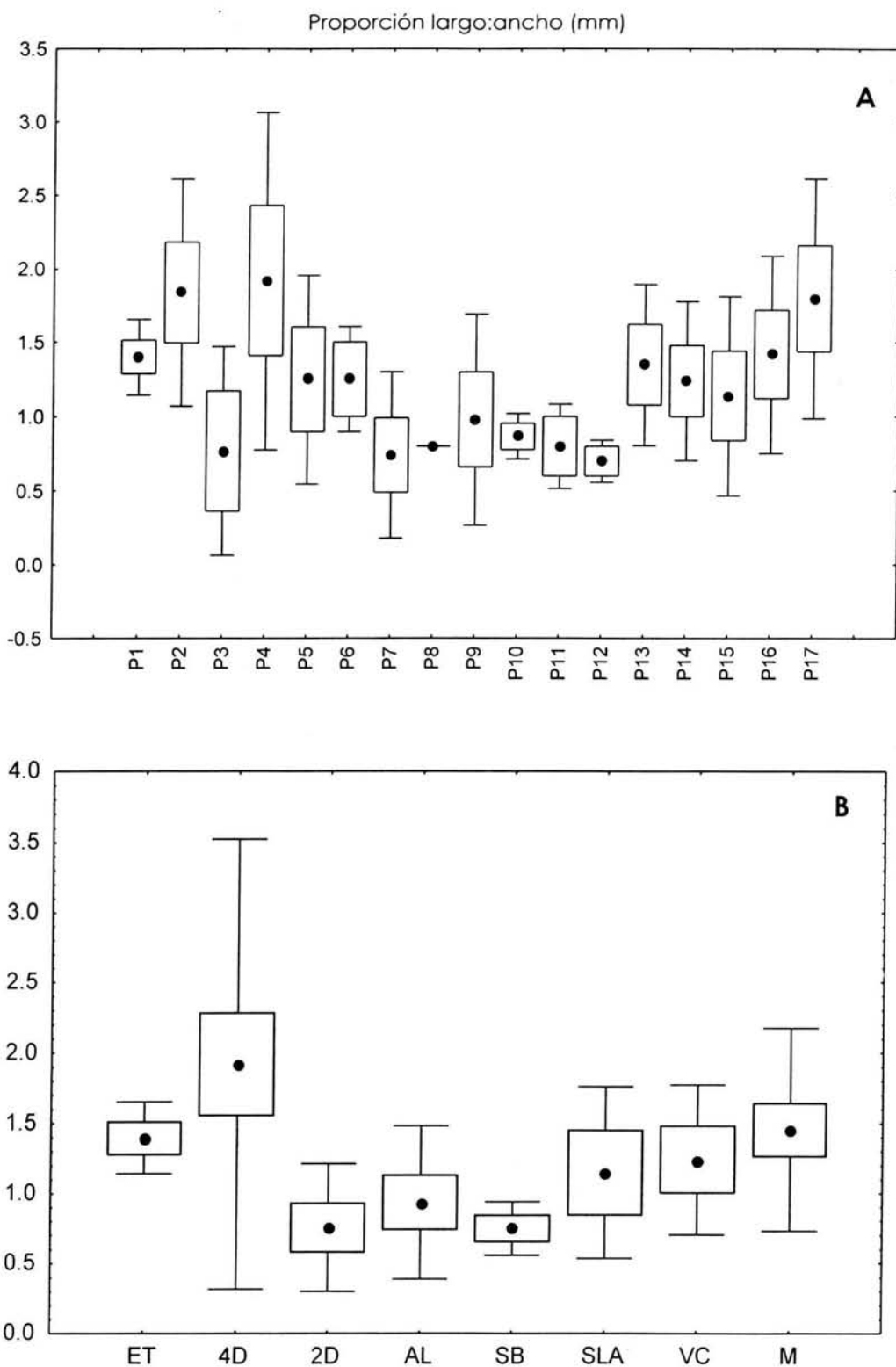
A nivel poblacional este carácter se presentó de manera variable para casi todas las poblaciones excepto para la 8, 10 y 12 (Fig. 31a, tabla 4). La t-Student mostró diferencia significativa en las poblaciones 1, 2, 3, 5, 7, 8 y 10 con 3, 5, 7, 8, 10, 12 y 17 ( $t > 1.01-7.0$ ;  $p < 0.04$ ). Se registraron diferencias entre poblaciones de la misma localidad, que corresponden a 2 y 8 con 3 y 5 ( $t > 1.5-5.3$ ;  $p < 0.04$ ).

Comparando entre localidades encontramos en general poca variabilidad (Fig. 31b) (a comparación con el resto de los caracteres) excepto para 4D; la localidad con menor variabilidad se registró en SB. Los valores mínimos se obtuvieron para la localidad de 2D y SB; y los más altos en 4D. Esta característica presentó diferencia significativa en la t-Student entre las localidades SB y M contra las poblaciones ET y 2D ( $t > 2.32$ ;  $p < 0.05$ ).

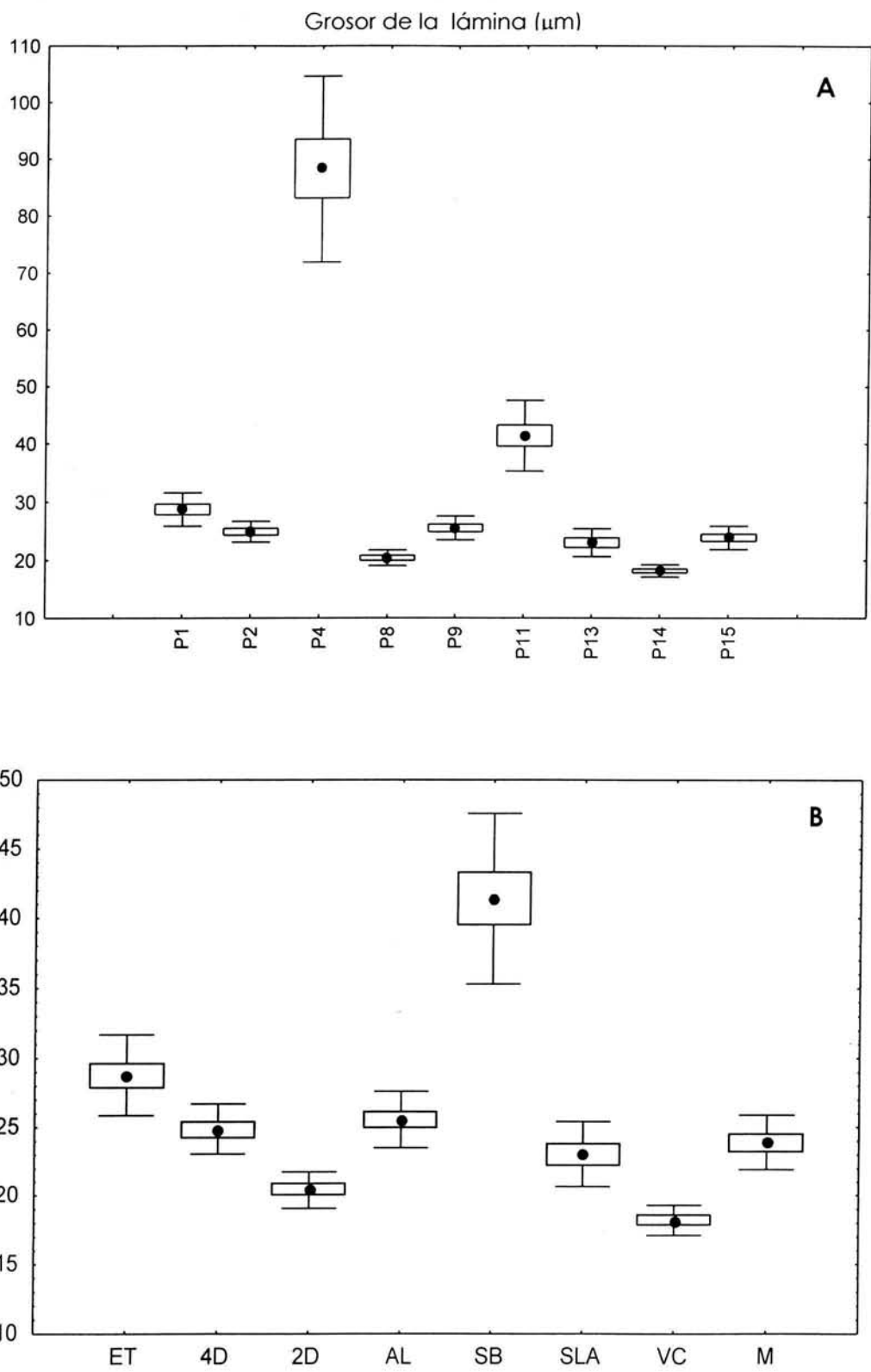
### Grosor de la lámina

En general este carácter presentó valores homogéneos; excepto para la población 4 que registró las medidas más altas en cuanto al grosor ( $69.0-130.0 \mu\text{m}$ ) y a la variabilidad, seguida de la población 11 con rangos de  $30.2$  a  $49.9 \mu\text{m}$  (Fig. 32a, tabla 4). Las medidas menores se obtuvieron para la población 14 ( $16.2 - 19.5 \mu\text{m}$ ) (Tabla 4). Los valores de la t-Student mostraron diferencia significativa entre las poblaciones 1, 2, 4, 8, 9, 11, 13 y 14 contra 2, 4, 8, 9, 11, 13, 14 y 15 ( $t > 3.37-13.5$ ;  $p < 0.01$ ). Se registraron diferencias entre poblaciones de la misma localidad que corresponden a 2 con 4 ( $t > 12.6$ ;  $p = 0$ ).

Al comparar entre localidades esta característica presentó poca variabilidad, excepto para la localidad de SB que obtuvo los valores y la variabilidad más altos. La t-Student mostró diferencias significativas entre las localidades ET, 4D, 2D, AL, SB, SLA, VC con 4D, 2D, AL, SB, SLA, VC y M ( $t > 2.41$ ;  $p < 0.01$ ) (Fig. 32b, 58 – 65, 82).



**Fig. 31.-** Promedio (•), error estándar (cajas) y desviación estándar (bigotes) de la proporción largo:ancho de la lámina entre poblaciones (A) y localidades (B). ET= Estanque de Truchas; 4D= 4° Dinamo; 2D= 2° Dinamo; AL= Agua de Leones; SB= San Borja; SLA= San Luis Ayucán; VC= Villa del Carbón y M= Malila.



**Fig. 32.-** Promedio (•), error estándar (cajas) y desviación estándar (bigotes) del grosor de la lámina entre poblaciones (A) y localidades (B). ET= Estanque de Truchas; 4D= 4º Dinamo; 2D= 2º Dinamo; AL= Agua de Leones; SB= San Borja; SLA= San Luis Ayucán; VC= Villa del Carbón y M= Malila.



---

## Dimensiones celulares

Se midió el ancho y largo de las células vegetativas de las porciones basal, media y apical de la lámina (Tabla 4).

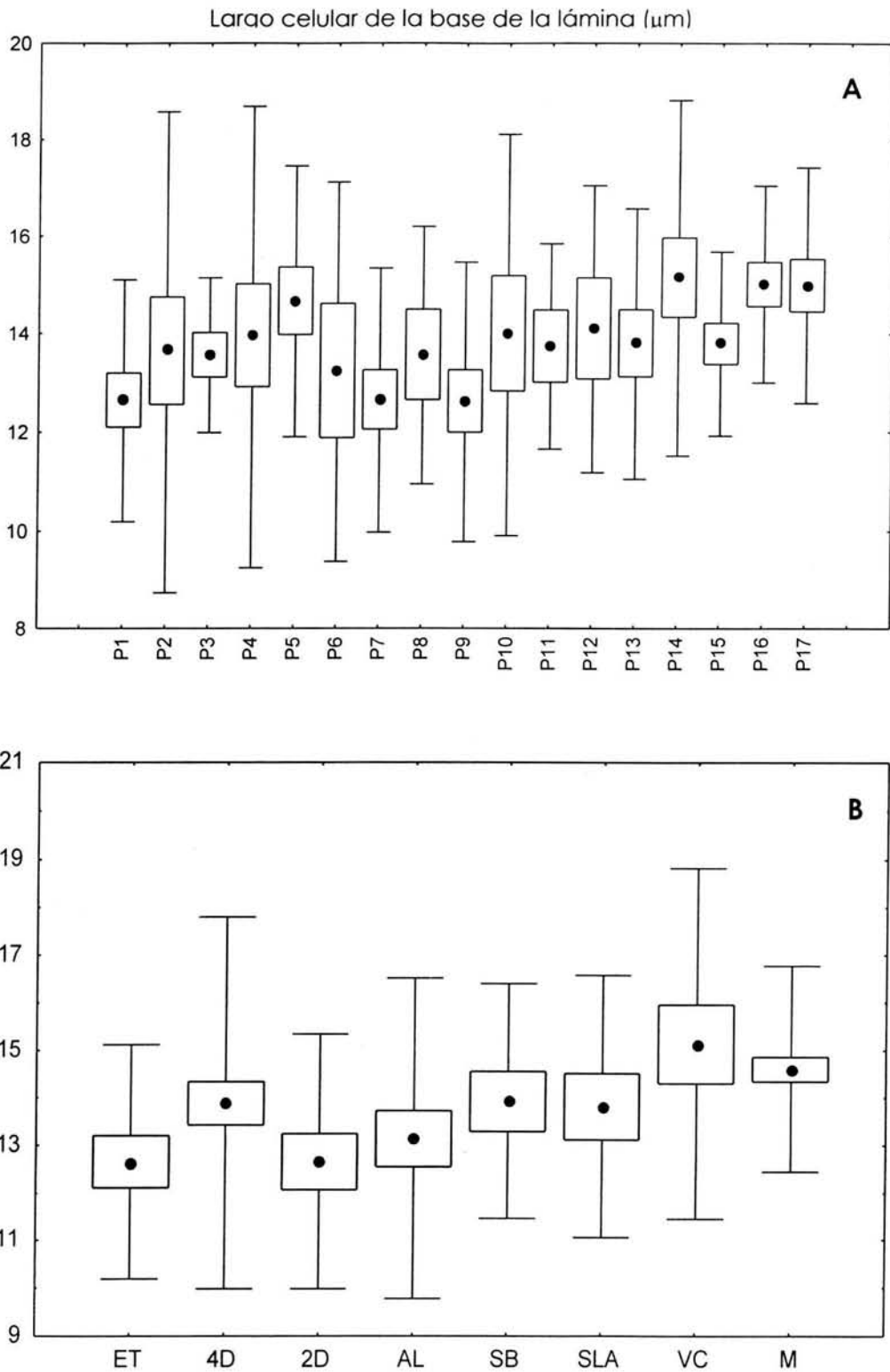
Las dimensiones celulares de las poblaciones estudiadas mostraron variabilidad entre poblaciones y localidades en las tres porciones de la lámina. En la parte basal las células de mayor longitud se midieron para la población 14, 16 y 17 y las de menor en 1, 7 y 9 (Tabla 4). Las poblaciones 2 y 4 se distinguieron por presentar alta variabilidad. Los valores de la t- Student mostraron diferencias significativas entre las poblaciones 1, 2, 3, 7 contra 6, 8, 14, 16 y 17 ( $t > 3.4 - 2.1$ ;  $p < 0.04$ ). Se registraron diferencias entre poblaciones de la misma localidad y corresponden a 2 con 6 ( $t = 2.49$ ;  $p = 0.04$ ) (Fig. 33a). A nivel de localidades esta característica también manifestó gran variabilidad destacando de entre ellas 4D, AL y VC. Las células de menor longitud se midieron para las localidades de ET y 2D y las de mayor longitud para VC. La t- Student mostró diferencias significativas para las localidades ET, 2D y AL contra VC y M ( $t > 2.42$ ;  $p < 0.05$ ) (Fig. 33b). Para el ancho celular en la parte basal, la población que manifestó mayor variabilidad fue la 2 y la de menor en la 3 (Fig. 34a). Las células de mayor talla se midieron para la población 16, las células de menor talla en la 2 (Tabla 4). Se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10 y 13 con 12, 13, 14, 15, 16 y 17 ( $t > 2.14 - 3.91$ ;  $p < 0.01$ ). No se encontraron diferencias significativas entre poblaciones de la misma localidad. Entre localidades este carácter presentó mayor variabilidad en 4D y SB. Las células de menor diámetro se registraron para ET y AL y las de mayor en VC y M. Las diferencias significativas se encontraron en las localidades de ET, 4D, 2D, AL y SLA con VC y M ( $p < 0.05$ ;  $t > 2.02$ ) (Fig. 34b).

En la parte media de la lámina el largo celular mostró alta variación a nivel de poblaciones y localidades (Fig. 35a y 35b). Las células mas chicas se reportaron para la población 2 y las más grandes en la 15 (Tabla 4). Se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 con 6, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 ( $t > 2.21-4.86$ ;  $p < 0.01$ ). Se registraron diferencia entre poblaciones de la misma localidad y equivalen a 4 con 6 ( $t =$

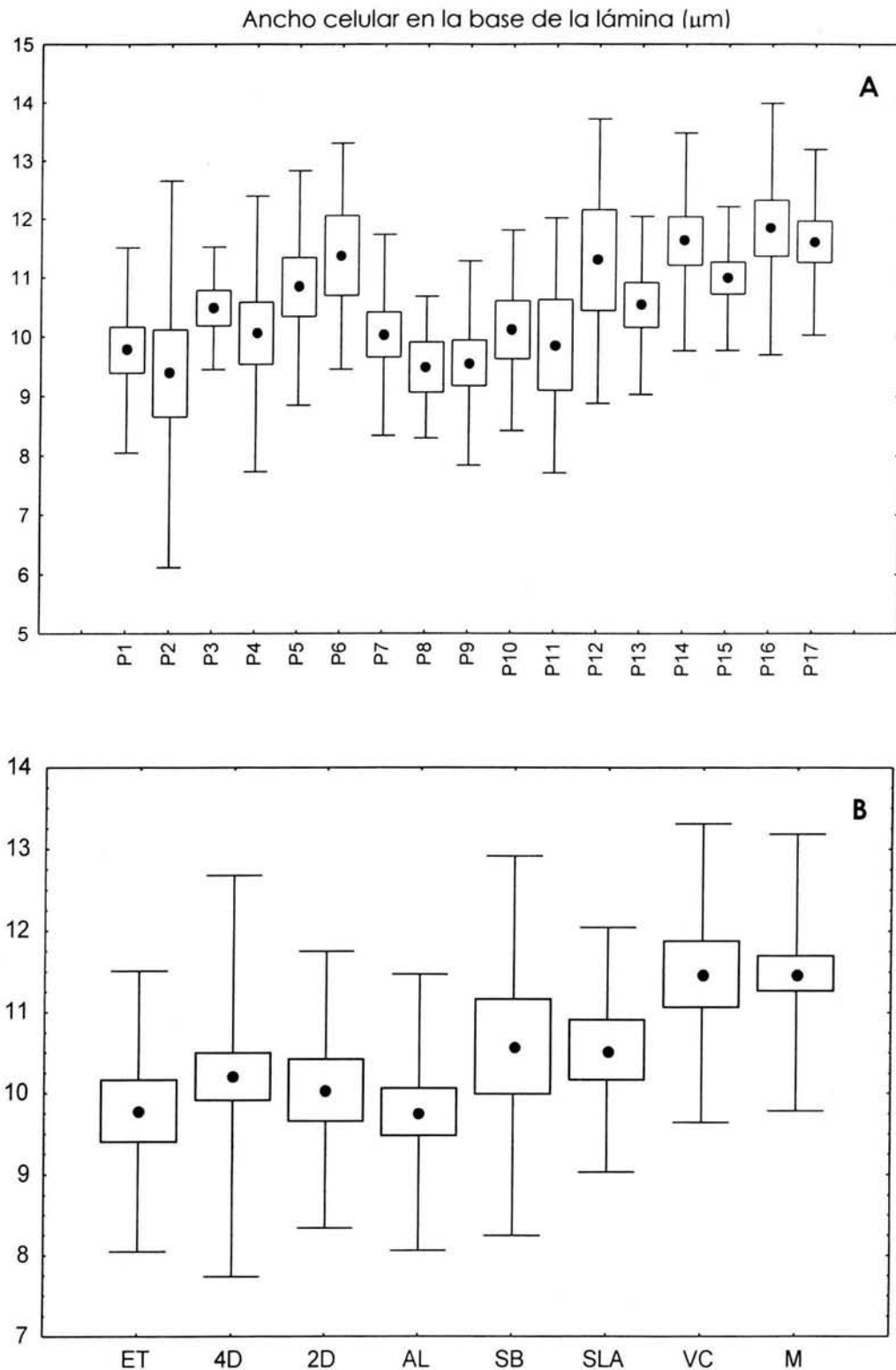
---

2.64;  $p= 0.03$ ). Las localidades de SLA, VC y M presentaron mayor tamaño y variación. Se encontraron diferencias significativas en las localidades de ET, 4D, 2D, AL y SB con AL, SLA, VC y M ( $t> 1.98$ ;  $p< 0.05$ ). El ancho celular en la parte media presentó valores variables a nivel de poblaciones y de localidades (Fig. 36a, 36b). Las células de menor diámetro se obtuvieron para la población 2, las de mayor se midieron en la 16. Los valores de la t- Student mostraron diferencias significativas entre las poblaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 con 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 ( $t> 2.38 - 8.11$ ;  $p< 0.01$ ). Se registró diferencia entre poblaciones de la misma localidad y equivalen a 2, 3 y 4, 5, 6 ( $t> 2.3 - 3.28$ ;  $p< 0.01$ ). Las células mas anchas se midieron en la localidad de M, las de menor talla se encontraron en ET y 4D. Se encontró diferencia significativa entre las localidades de ET, 4D, 2D, AL, SLA, VC, y M con 4D, 2D, AL, SLA, SB, VC y M ( $t> 2.07$ ;  $p< 0.05$ ).

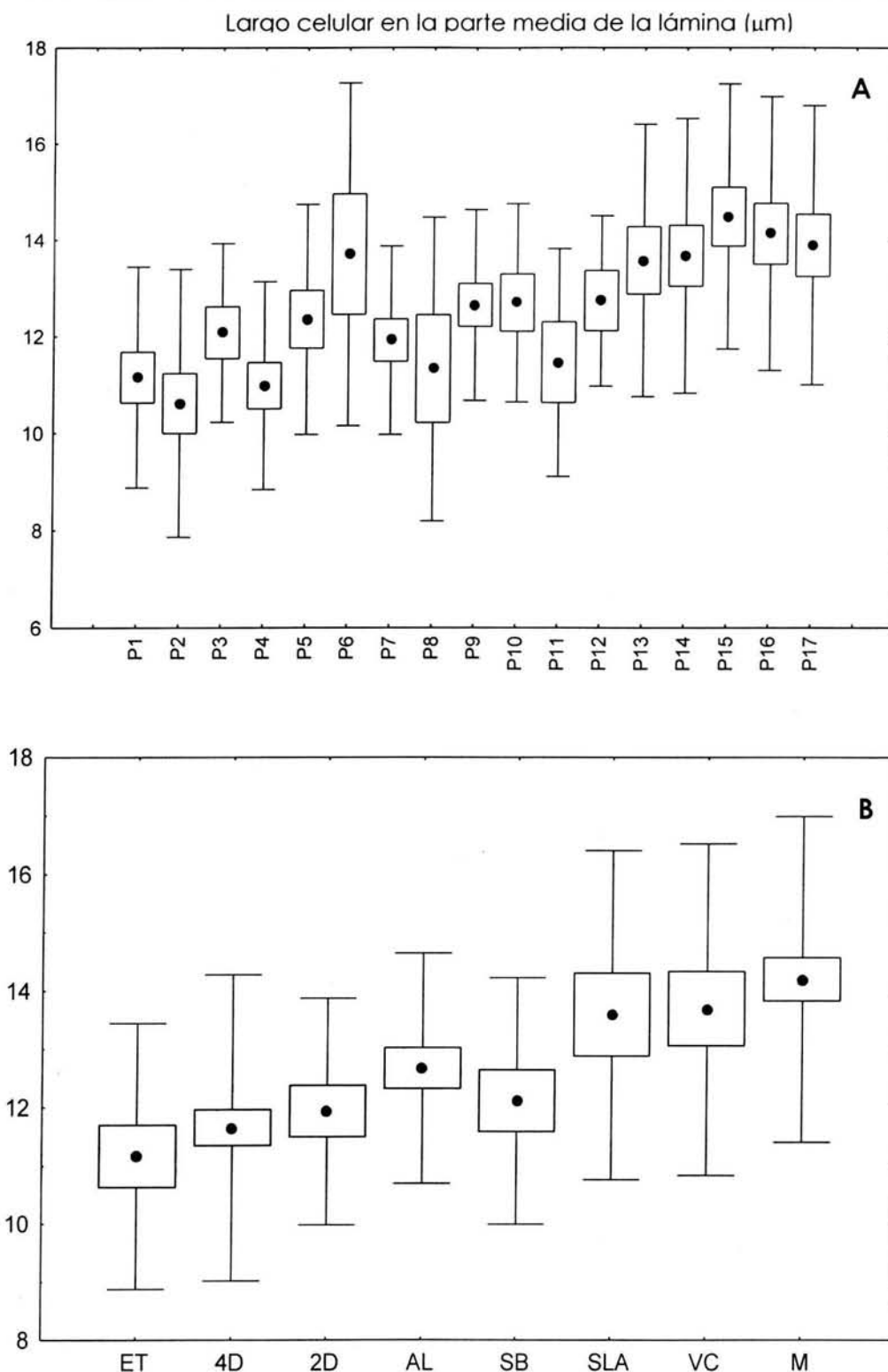
El largo celular en la parte apical presentó variación a nivel poblacional y de localidad (Fig. 37a, 37b). La menor longitud se registró para la población 2 (Tabla 2) y la mayor talla en 16 y 17. Los valores de la t- Student mostraron diferencias significativas para las poblaciones 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 con 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 ( $t> 2.27-8.13$ ;  $p< 0.01$ ). Se registraron diferencias entre poblaciones de la misma localidad y corresponden a 2, 9 con 4, 5, 6 y 10 ( $t> 2.27-3.27$ ;  $p< 0.03$ ). Las células de menor longitud se midieron en las localidades de ET y 4D; el mayor tamaño se presentó en las localidades de SLA, VC y M. Los valores de la t- Student registraron diferencia significativa en las localidades de ET, 4D, 2D, AL y SB con ET, 4D, AL, SLA, VC y M ( $t> 2.07$ ;  $p< 0.05$ ). El ancho celular en el ápice de la lámina también se presentó de manera variable en las poblaciones y localidades; el menor diámetro se midió para la población 2 y el mayor para la 16 y 17. Se registraron diferencias significativas entre las poblaciones 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11 y 14 con 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 ( $t> 2.49-13.3$ ;  $p< 0.001$ ). Se encontraron diferencias entre poblaciones de la misma localidad y corresponden a 2 y 4 con 3, 4, 5 y 6 ( $t> 6.31-2.96$ ;  $p< 0.001$ ). La localidad que presentó mayor diámetro fue M y la de menor fue ET. Los valores de la t de Student mostraron diferencias significativas entre las localidades de ET, 4D, AL y VC con AL, SB, SLA, VC y M ( $t> 2.34$ ;  $p< 0.05$ ).



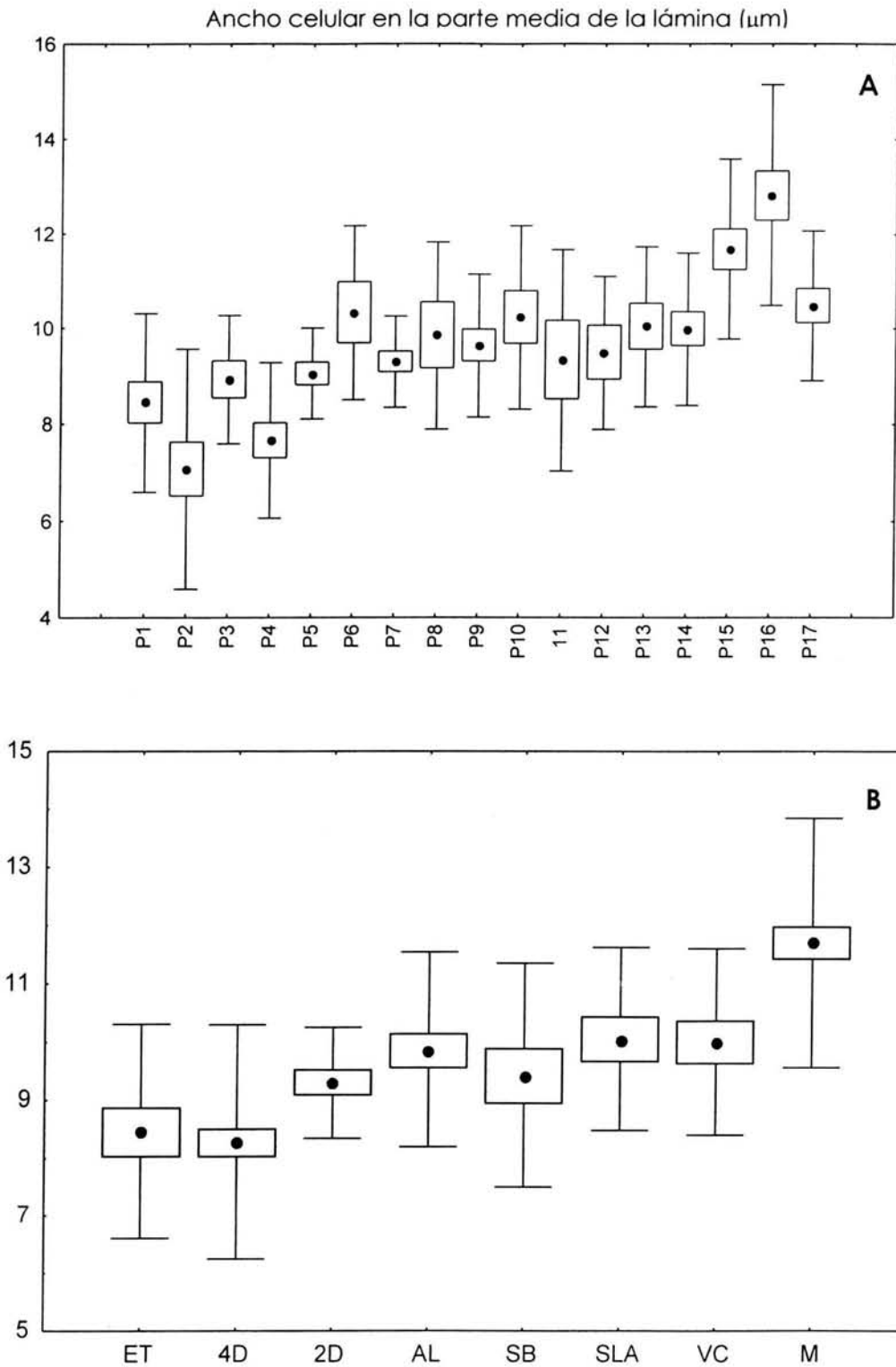
**Fig. 33.-** Promedio (•), error estándar (cajas) y desviación estándar (bigotes) del largo celular en la base de la lámina entre poblaciones (A) y localidades (B). ET= Estanque de Truchas; 4D= 4° Dinamo; 2D= 2° Dinamo; AL= Agua de Leones; SB= San Borja; SLA= San Luis Ayucán; VC= Villa del Carbón y M= Malilla.



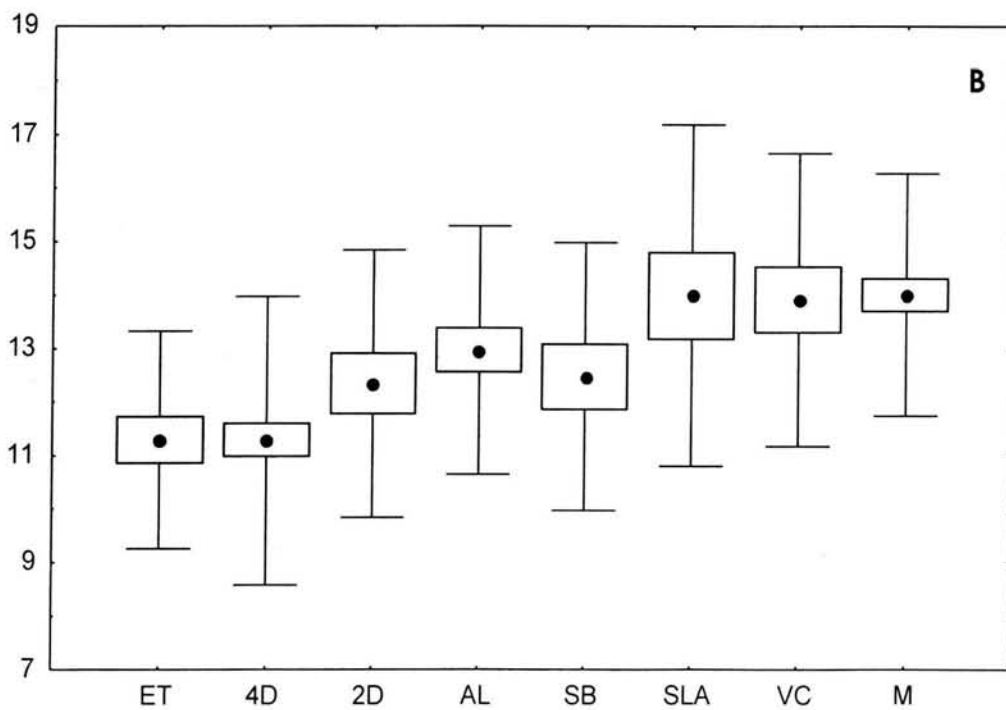
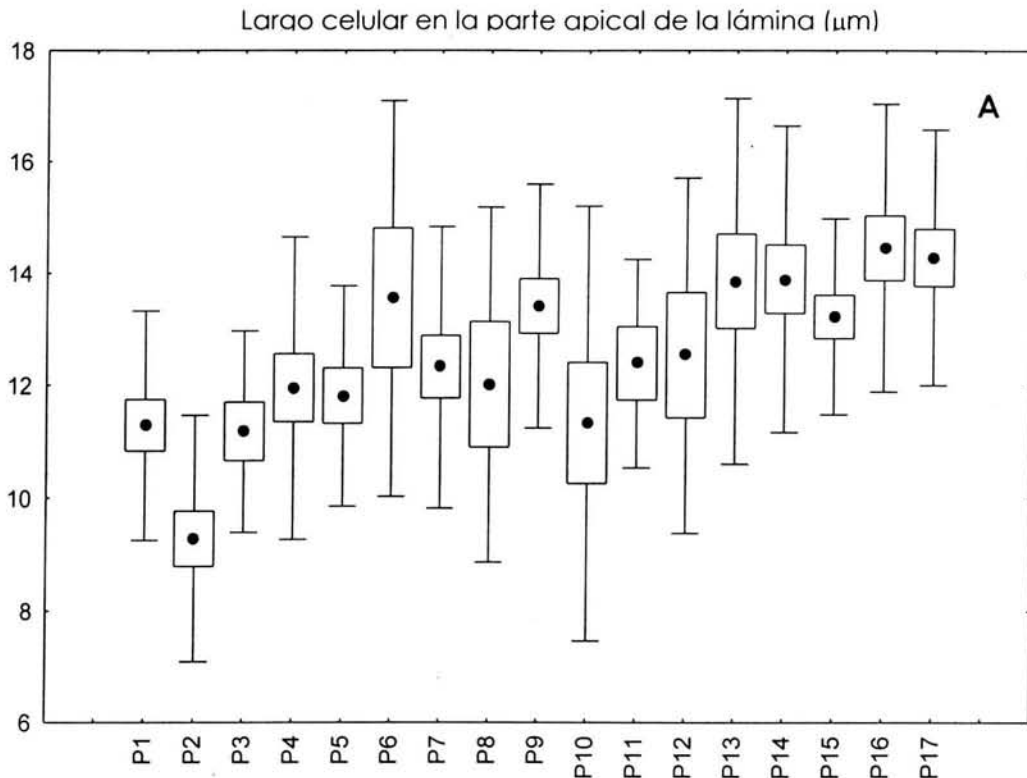
**Fig. 34.-** Promedio ( $\bullet$ ), error estándar (cajas) y desviación estándar (bigotes) del ancho celular en la base de la lámina entre poblaciones (A) y localidades (B). ET= Estanque de Truchas; 4D= 4° Dinamo; 2D= 2° Dinamo; AL= Agua de Leones; SB= San Borja; SLA= San Luis Ayucán; VC= Villa del Carbón y M= Malilla.



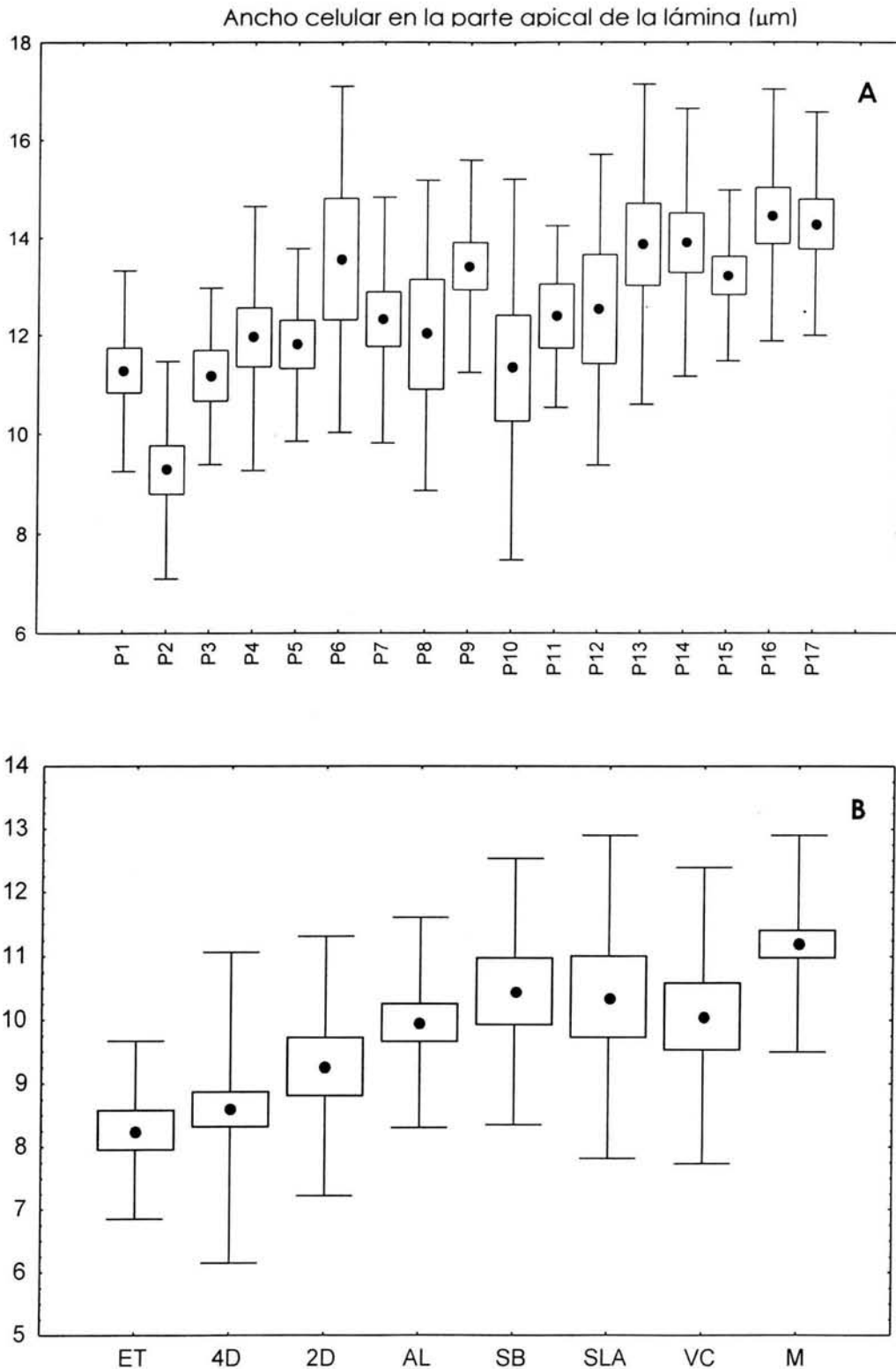
**Fig. 35.-** Promedio (●), error estándar (cajas) y desviación estándar (bigotes) del largo celular en la parte media de la lámina entre poblaciones (A) y localidades (B). ET= Estanque de Truchas; 4D= 4° Dinamo; 2D= 2° Dinamo; AL= Agua de Leones; SB= San Borja; SLA= San Luis Ayucán; VC= Villa del Carbón y M= Malilla.



**Fig. 36.-** Promedio ( $\bullet$ ), error estándar (cajas) y desviación estándar (bigotes) del ancho celular en la parte media de la lámina entre poblaciones (A) y localidades (B). ET= Estanque de Truchas; 4D= 4° Dinamo; 2D= 2° Dinamo; AL= Agua de Leones; SB= San Borja; SLA= San Luis Ayucán; VC= Villa del Carbón y M= Malila.



**Fig. 37.-** Promedio (●), error estándar (cajas) y desviación estándar (bigotes) del largo celular en la parte apical de la lámina entre poblaciones (A) y localidades (B). ET= Estanque de Truchas; 4D= 4° Dinamo; 2D= 2° Dinamo; AL= Agua de Leones; SB= San Borja; SLA= San Luis Ayucán; VC= Villa del Carbón y M= Malila.



**Fig. 38.-** Promedio ( $\bullet$ ), error estándar (cajas) y desviación estándar (bigotes) del ancho celular en la parte apical de la lámina entre poblaciones (A) y localidades (B). ET= Estanque de Truchas; 4D= 4° Dinamo; 2D= 2° Dinamo; AL= Agua de Leones; SB= San Borja; SLA= San Luis Ayucán; VC= Villa del Carbón y M= Malilla.



---

## Reproducción asexual

En los ejemplares mantenidos en cultivo de las localidades de río La Magdalena, río Malila y en los ejemplares preservados del río La Magdalena se encontraron aplanosporangios al realizar cortes en la porción apical de la lámina.

El largo y ancho de los aplanosporangios mostraron poca variabilidad, excepto para la población 15 que mostró mayor variabilidad y aplanosporangios mas largos (17.2 - 39.5  $\mu\text{m}$ ) y anchos (15.0-25.8  $\mu\text{m}$ ) (Fig. 39a, 39b, 40a y 41b). Los aplanosporangios de menor talla se registraron para la 1 y 8 (Tabla 4). Estas estructuras se distinguieron de las células vegetativas por que son mas redondas (Fig. 62 - 65). Se observó que la liberación de aplanosporas es de manera individual y masiva (Fig. 66, 67, 83 - 87). Los valores de la t-Student mostraron diferencia significativa para el ancho de las aplanosporas ( $t > 3.8$ ;  $p < 0.05$ ). El largo de las aplanosporas mostraron la diferencia significativa entre las localidades 4D y 2D contra las localidades 2D y ET ( $p < 0.05$ ;  $t > 3.03$ ).

## Reproducción sexual

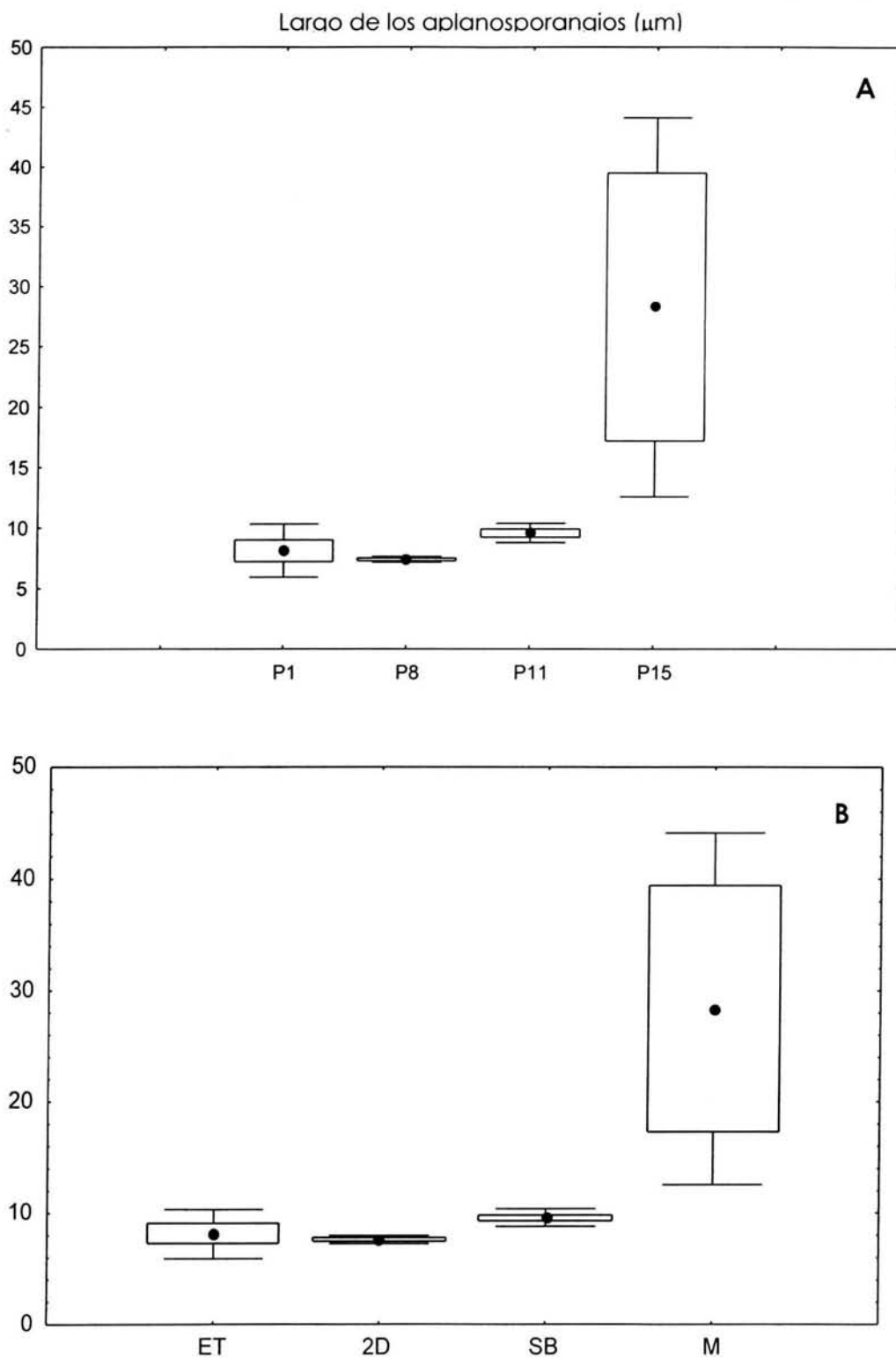
En las poblaciones mantenidas en cultivo de la localidad río Malila registraron gametangios de 3.2 - 5.4  $\mu\text{m}$  ( $4.3 \pm 1.1 \mu\text{m}$ ) de diámetro (Figs 88 - 89). Los gametangios son ovoides a elípticos, sin flagelos, midieron. Los gametos se liberan por la ruptura de la pared del gametangio (Fig. 90). No se encontraron gametangios en las poblaciones de la cuenca de México.

## Paquetes celulares

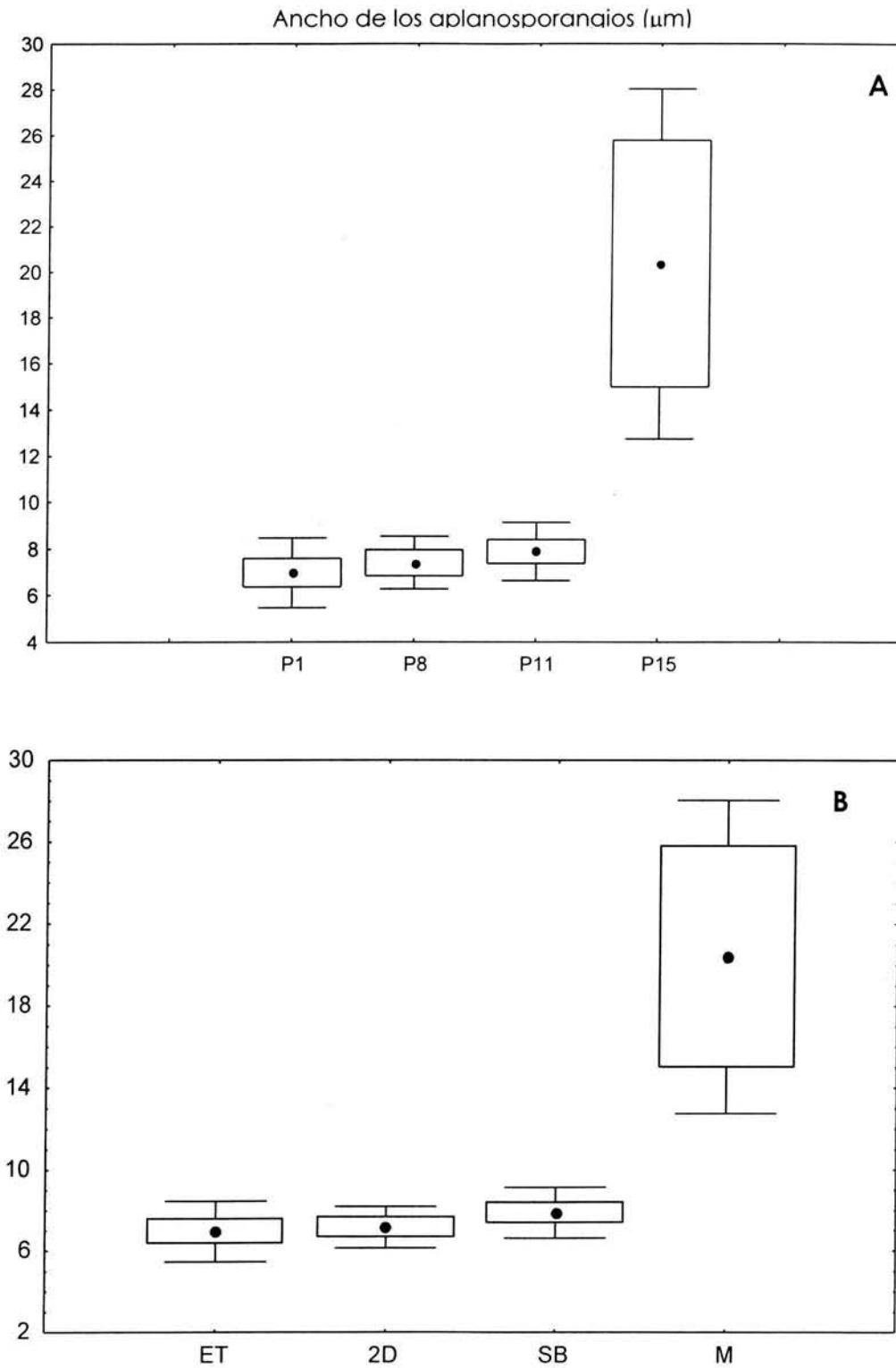
En las poblaciones de río Malila mantenidas en cultivo se registraron paquetes celulares o posibles propágulos vegetativos en la región apical de la lámina, estos paquetes median 48.3 - 75.4  $\mu\text{m}$  ( $63.6 \pm 13.9 \mu\text{m}$ ) de largo y 25.3 - 49.9  $\mu\text{m}$

---

( $41.5 \pm 13.2 \mu\text{m}$ ) de ancho los cuales se liberan posteriormente (Fig. 91-94). No se registraron paquetes celulares en las poblaciones de la cuenca de México.



**Fig. 39.-** Promedio ( $\bullet$ ), error estándar (cajas) y desviación estándar (bigotes) del largo de los aplanosporangios entre poblaciones (A) y localidades (B). ET= Estanque de Truchas; 4D= 4° Dinamo; 2D= 2° Dinamo; AL= Agua de Leones; SB= San Borja; SLA= San Luis Ayucán; VC= Villa del Carbón y M= Malilla.



**Fig. 40.-** Promedio ( $\bullet$ ), error estándar (cajas) y desviación estándar (bigotes) del ancho de los aplanosporangios entre poblaciones (A) y localidades (B). ET= Estanque de Truchas; 4D= 4° Dinamo; 2D= 2° Dinamo; AL= Agua de Leones; SB= San Borja; SLA= San Luis Ayucán; VC= Villa del Carbón y M= Malilla.

**Tabla 4.-** Características morfométricas de las poblaciones de *Prasiola* en la región central de México (medidas en micrómetros que corresponden a: medida mínima, máxima, promedio y desviación estándar).

P	Muestra	Localidad	CÉLULAS VEGETATIVAS											
			Lámina		Proporción Largo/ancho	Grosor	Base		Media		Ápice		Aplanosporas	
			Largo (mm)	Ancho (mm)			Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	ancho
1	MA87	Estanque de Truchas	7.0-10.0 8.8±1.3	5.0-9.0 6.4±1.6	1.1-1.8 1.4±0.2	24.6-32.9 28.8±2.9	7.9-16.2 12.6±2.4	7.2-12.8 9.8±1.7	8.3-16.0 11.2±2.3	6.3-16.0 8.4±1.8	8.3-16.2 11.3±2.0	4.7-11.3 8.3±1.4	4.5-8.8 6.9±1.4	5.4-10.6 8.1-2.2
2	MA1	4° Dinamo	5.0-26.0 14.4±8.4	3.0-14.0 8.4±4.7	0.7-2.6 1.8±0.7	22.3-27.5 24.9±1.8	8.8-26.4 14.1±4.5	5.1-17.8 9.4±3.2	6.1-18.5 10.7±2.7	3.1-13.5 7.1±2.4	6.5-13.3 9.3±2.1	4.2-9.2 6.4±1.3	---	---
3	MA9	4° Dinamo	2.0-14.0 8.3±6.0	6.0-19.0 14.3±7.2	0.7-1.5 1.1±0.3	---	11.3-16.0 13.6±1.5	9.0-11.9 10.5±1.0	9.7-15.5 12.1±1.8	7.2-11.7 8.9±1.3	9.0-13.1 11.2±1.7	7.2-10.3 8.6±1.1	---	---
4	MA26	4° Dinamo	10.0-18.0 14.6±3.2	4.0-21.0 10.0±6.5	0.6-3.7 1.9±1.1	69.0-130.0 88.3±16.3	9.9-29.3 13.6±4.6	4.7-14.4 9.9±2.5	7.0-14.6 11.0±2.1	3.6-9.4 7.6±1.6	6.1-17.1 12.0±2.7	4.7-14.6 9.1±2.4	---	---
5	MA36	4° Dinamo	4.0-17.0 9.5±5.5	4.0-15.0 9.0±4.9	0.2-1.7 1.3±0.7	---	11.3-20.1 14.7±2.7	7.2-13.3 10.8±2.0	7.2-18.3 12.4±2.3	7.2-10.3 9.1±0.9	9.0-13.1 11.2±1.7	7.2-10.3 8.6±1.1	---	---
6	MA102	4° Dinamo	5.0-6.0 5.5±0.7	4.0-5.0 4.5±0.7	1.0-1.5 1.2±0.3	---	9.2-20.5 13.2±3.8	8.5-14.4 11.4±1.9	9.4-19.8 13.7±3.5	7.6-12.8 10.3±1.8	10.8-21.0 13.6±3.5	8.3-18.0 11.8±3.6	---	---
7	MA94	2° Dinamo	6.0-15.0 10.0±3.7	9.0-29.0 15.0±8.4	0.3-1.6 0.7±0.5	---	8.1-17.6 12.7±2.6	7.4-13.3 10.0±1.7	9.4-15.8 11.9±1.9	8.1-11.5 9.3±0.9	9.2-16.7 12.3±2.5	6.5-14.4 9.3±2.0	---	---
8	MA 154	2° Dinamo	9.0-25.0 17.0±11.3	11.0-29.0 20.0±12.7	0.8-0.8 0.8±0.02	18.0-22.3 20.4±1.3	8.5-16.2 13.6±2.6	7.4-11.5 9.5±1.1	7.2-16.9 11.4±3.2	7.4-13.5 9.9±1.9	8.3-18.7 12.0±3.1	7.4-11.0 9.6±2.0	7.2-7.6 7.4±0.2	5.8-8.3 7.4±1.1
9	CB5	Agua de Leones	12.0-90.0 29.3±29.9	7.0-41.0 34.3±29.6	0.2-2.1 1.0±0.6	21.6-29.3 25.6±2.0	9.2-18.9 12.6±2.8	7.4-13.5 9.6±1.7	9.7-16.2 12.7±1.9	7.2-13.7 9.7±1.5	10.3-16.7 13.4±2.1	7.9-14.4 10.4±1.7	---	---
10	CB32	Agua de Leones	13.0-18.0 15.0±2.6	14.0±19.0 17.0±2.6	0.7-1.0 0.8±0.1	---	5.8-22.6 14.0±4.0	7.4-13.5 10.1±1.6	9.9-16.7 12.7±2.0	7.4-13.5 10.2±1.9	8.1-17.1 12.2±2.4	7.4-11.3 9.3±1.2	---	---
11	DL18	San Borja	16.0-47.0 31.5±21.9	25.0-45.0 35.0±14.1	0.6-1.0 0.8±0.2	30.2-49.9 41.4±6.1	11.7-18.0 13.8±2.1	7.4-13.5 9.9±2.1	9.2-15.1 11.5±2.3	7.2-13.3 9.3±2.3	9.9-15.5 12.4±1.8	8.3-12.4 10.0±1.6	8.8-10.8 9.6±0.7	6.7-9.9 7.8±1.2
12	DL26	San Borja	8.0-12.0 10.0±2.8	9.0-20.0 14.5±7.7	0.6-0.8 0.7±0.1	---	10.1-18.3 14.1±2.9	8.1-16.2 11.3±2.4	10.8-15.5 12.7±1.7	7.2-12.4 9.5±1.6	9.4-18.7 12.5±3.1	7.9-14.6 10.9±2.4	---	---

**Tabla 4.** Continuación

P	Muestra	Localidad	Lámina		Proporción Largo/ancho	Grosor	CÉLULAS VEGETATIVAS							
			Largo (mm)	Ancho (mm)			Base		Media		Ápice		Aplanosporas	
							Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho
13	SL25	San Luis Ayucán	5.0-20.0 11.0±6.4	4.0-16.0 8.5±5.1	0.2-1.5 0.9±0.6	21.0-28.0 23.0±2.3	8.8-20.1 13.8±2.7	8.3-13.5 10.5±1.5	9.9-19.6 13.6±2.8	8.3-14.9 10.0±1.5	9.4-19.2 14.0±3.1	6.7-16.4 10.4±2.5	----	----
14	VC22	Villa del Carbón	8.0-29.0 15.2±8.3	4.0-29.0 14.8±10.3	0.5-2.0 1.2±0.5	16.2-19.5 18.2±1.0	10.1-22.8 15.1±3.6	9.0-14.9 11.5±1.8	9.2-17.6 13.7±2.8	7.4-12.8 10.0±1.6	9.4-20.1 13.9±2.7	7.0-15.5 10.0±2.3	----	----
15	PA3292	Río Malilla	19.0-26.0 21.4±4.4	11.0-28.0 21.0±7.1	0.6-2.3 0.7±0.3	20.7-28.0 23.9±1.9	10.3-17.8 13.8±1.8	9.1-13.2 11.0±1.2	11.8-19.8 14.5±2.7	8.6-15.5 11.7±1.8	9.7-16.4 13.2±1.7	8.2-13.8 10.7±1.6	17.2-39.5 22.9±9.2	15.0-25.8 18.0±4.4
16	PA3800	Río Malilla	14.0-28.0 20.2±5.5	9.0±25.0 15.6±5.8	0.6-2.2 1.4±0.6	---	11.9-18.7 15.0±2.0	9.0-17.8 11.8±2.1	9.0-19.6 14.1±2.8	8.8-18.7 12.8±2.3	11.3-19.6 14.5±2.5	9.4-15.5 11.7±1.7	----	----
17	PA4097	Río Malilla	17.0-31.0 23.6±5.5	9.0-19.0 14.6±5.1	1.0-3.0 1.8±0.8	---	11.5-19.6 15.0±2.4	9.0-14.2 11.6±1.5	10.8-22.3 13.9±2.8	8.3-14.6 10.6±1.6	9.7-17.1 14.3±2.2	8.8-14.9 11.2±1.6	----	----

--- = No se tiene registro

---

## **5.2 Evaluación de los caracteres morfológicos de las poblaciones de *Prasiola* en la región central de México.**

### Forma del talo

Los ejemplares de la cuenca presentan talos procumbentes de forma ovals e irregulares (Fig. 41-44), pueden presentar de 1 a 4 láminas por rizoide. Las láminas presentan en la región apical ramificaciones bifurcadas (Fig. 41). Este rasgo permaneció constante.

Las poblaciones del río Malila presentan talos de forma oval, con una o dos láminas por rizoide (Fig. 68-70). Este rasgo permaneció constante.

### Margen de la lámina

Las poblaciones de la cuenca del Valle de México, presentaron margen liso a ligeramente lobulado (Fig. 46). En algunos casos se observó que emergían del margen pequeños filamentos (Fig. 47). En las poblaciones de río Malila el margen es lobulado, crenado (Fig. 72, 73). Esta característica permaneció constante en todas las poblaciones.

### Superficie de la lámina

Las poblaciones de la cuenca de México mostraron dos tipos de superficie: lisa y rugosa, en algunos casos el talo era tan rugoso que no se podía extender (Fig. 48). La superficie de los talos en las poblaciones de río Malila siempre fue lisa y no se encontró otra variantes.

### Forma y disposición celular

En las poblaciones de la cuenca del Valle de México las células en la parte basal tienden a ser de forma angulosas y no están dispuestas en grupos de

---

cuatro. En la porción apical las células presentan una gran variedad de formas que van desde poligonales, hemiesféricas, ovales y rectangulares, las cuales se encuentran dispuestas en paquetes de cuatro (Fig. 49-53). Estos grupos a su vez conforman grupos mas grandes y se encuentran separados por espacios angostos que corren a lo largo de la lámina (Fig. 50). En algunos casos se observó que las células presentaron material granular denso (Fig. 54), tal vez como reservorio de almidón.

Las células de las poblaciones de río Malila presentaron también formas diversas como: ovales, redondas, rectangulares, cuadradas y poligonales con contorno redondeado, que se disponen en paquetes de cuatro células; estos grupos siguen el mismo patrón que las poblaciones de la cuenca del Valle de México (Fig. 74-80). En estas poblaciones también se encontraron células con material granuloso denso (Fig. 78-81).

Tanto en las poblaciones de la cuenca del Valle de México como en las de río Malila se observaron depósitos de pared de manera concéntrica alrededor de las células (Fig. 52, 76) lo que da una apariencia de "areolas" tal como lo describe Collins (1909) y Setchell & Gardner (1920).

#### Forma de fijación y células rizoidales

Todas las poblaciones revisadas (1-17), presentaron un pequeño estípite (Fig. 45, 71). En un acercamiento con el microscopio, se observaron células rizoidales en la parte basal, estas células son alargadas e incoloras y su función es de fijación al sustrato (Figs 45, 56, 57). En las poblaciones de la cuenca de México se observaron células rizoidales en el margen y depresiones de los talos, (Fig. 55). Esta característica permaneció constante en las poblaciones.

#### Cloroplasto

En todos los ejemplares analizados con lugol al 10 % se observó un cloroplasto axial estrellado con márgenes lobulados (Figs 49, 74-76). Esta característica

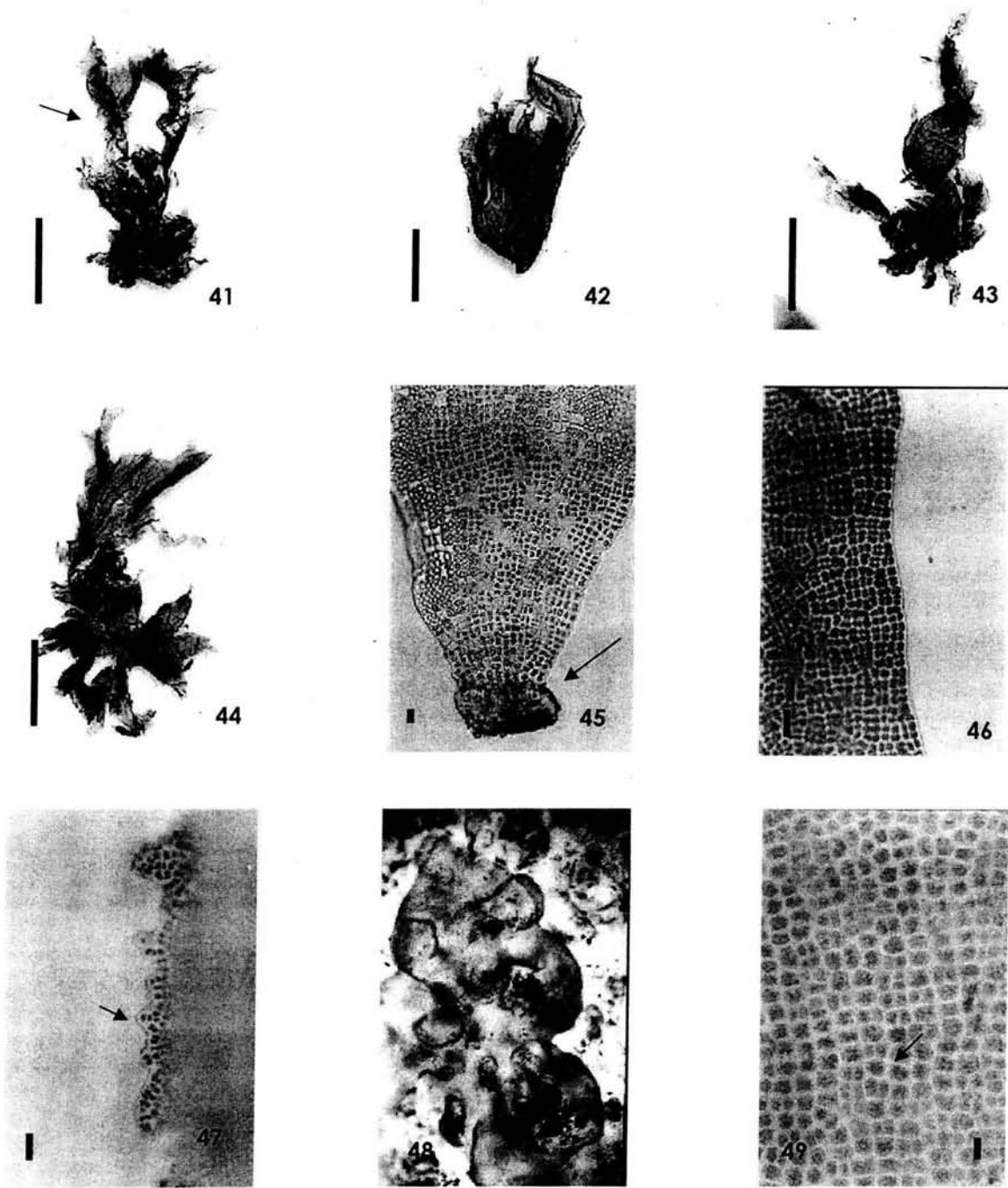


---

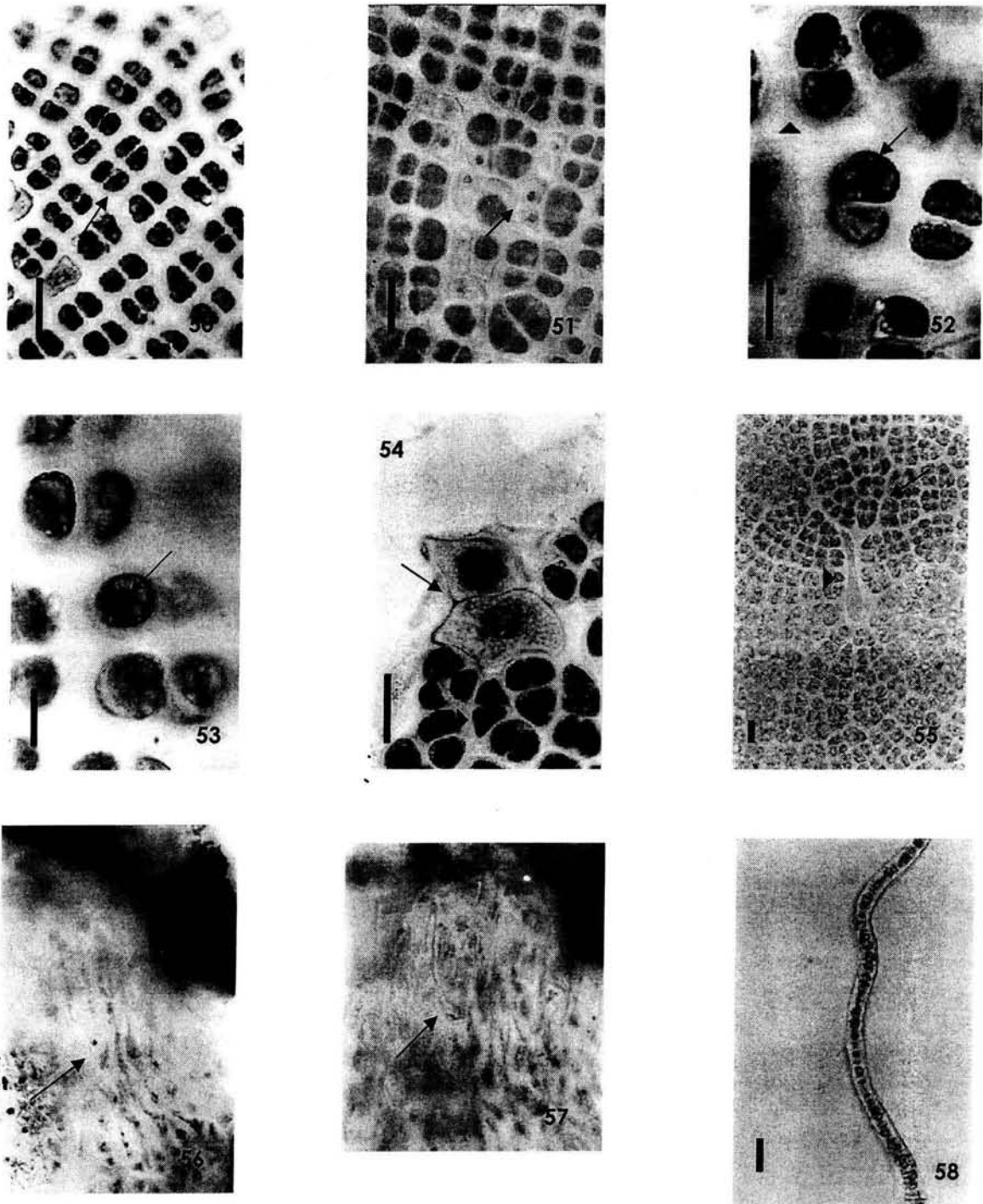
permaneció constante en todas las poblaciones, de tal manera que no se considera de importancia taxonómica para identificar a las poblaciones.

#### Pirenoide

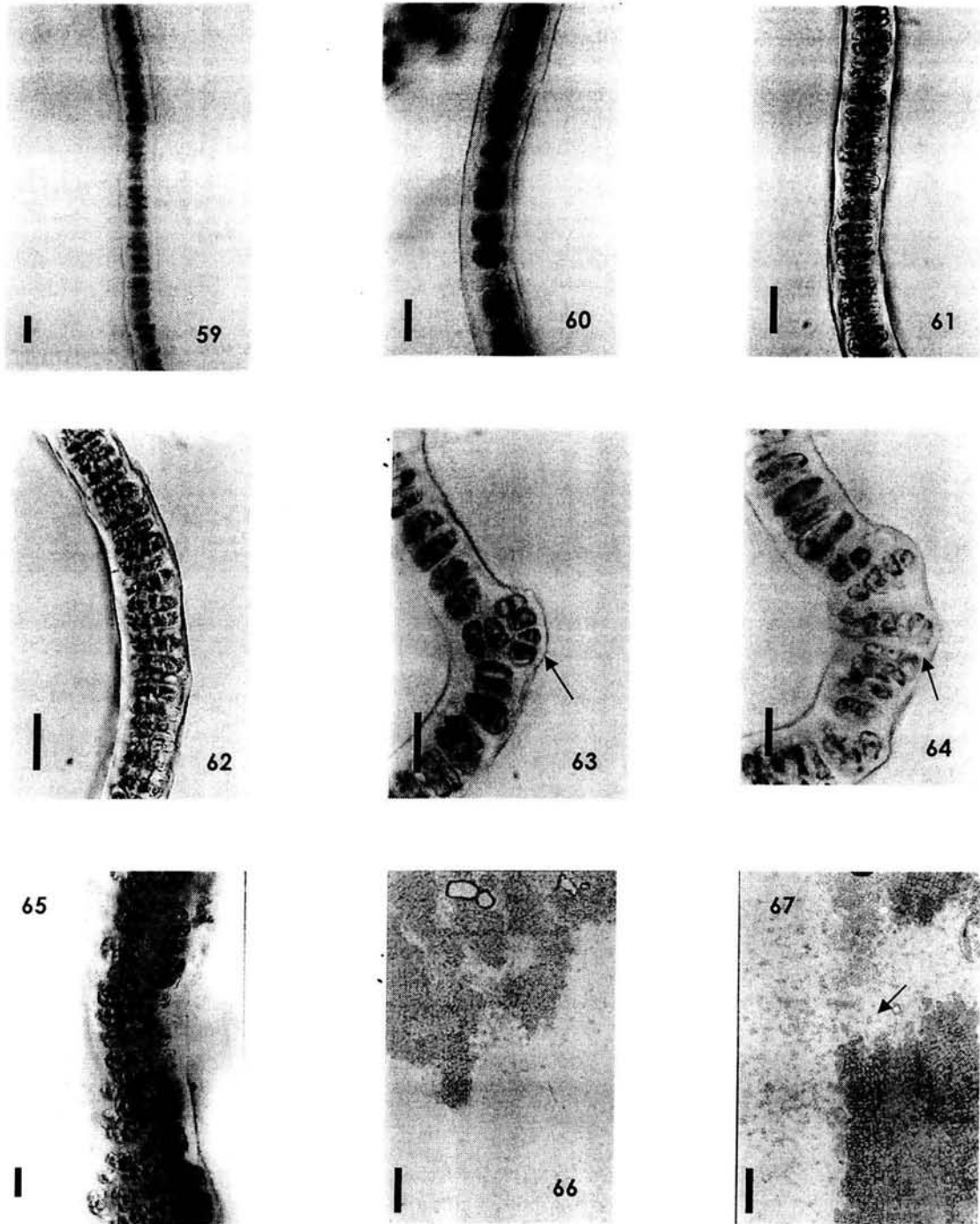
Esta estructura proteica se tiñó con lugol 10%. En todas las poblaciones examinadas de la región central de México se observó un pirenoide central (Figs 50-53, 76 y 77) rodeado de placas de almidón. Esta característica permaneció constante en las poblaciones.



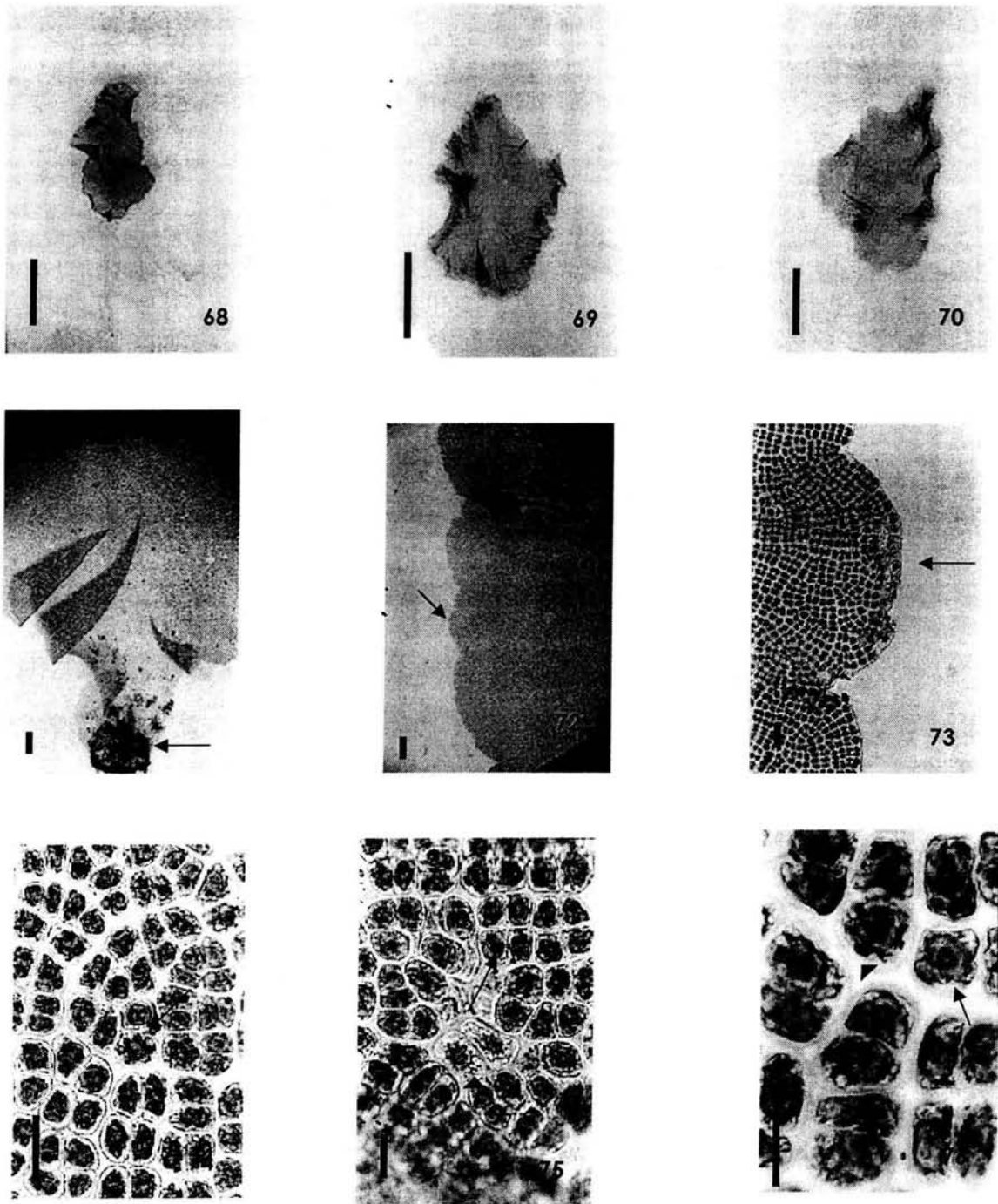
**Figuras. 41-49.**Características morfológicas de las poblaciones 1-14 correspondientes a la cuenca del Valle de México. **Fig. 41-44.** Vista general del talo mostrando ramas bifurcadas. **Fig. 45.** Detalle del rizoide. **Fig. 46.** Margen liso. **Fig. 47.** Filamentos que emergen del margen. **Fig. 48.** Vista superficial de la lámina corrugada. **Fig. 49.** Detalle del cloroplasto estrellado con margen lobulado.Escala de la barra: 10 mm para las Fig. 41-44; 20  $\mu$ m para la Fig. 49 y 50  $\mu$ m para la Fig. 45-47.



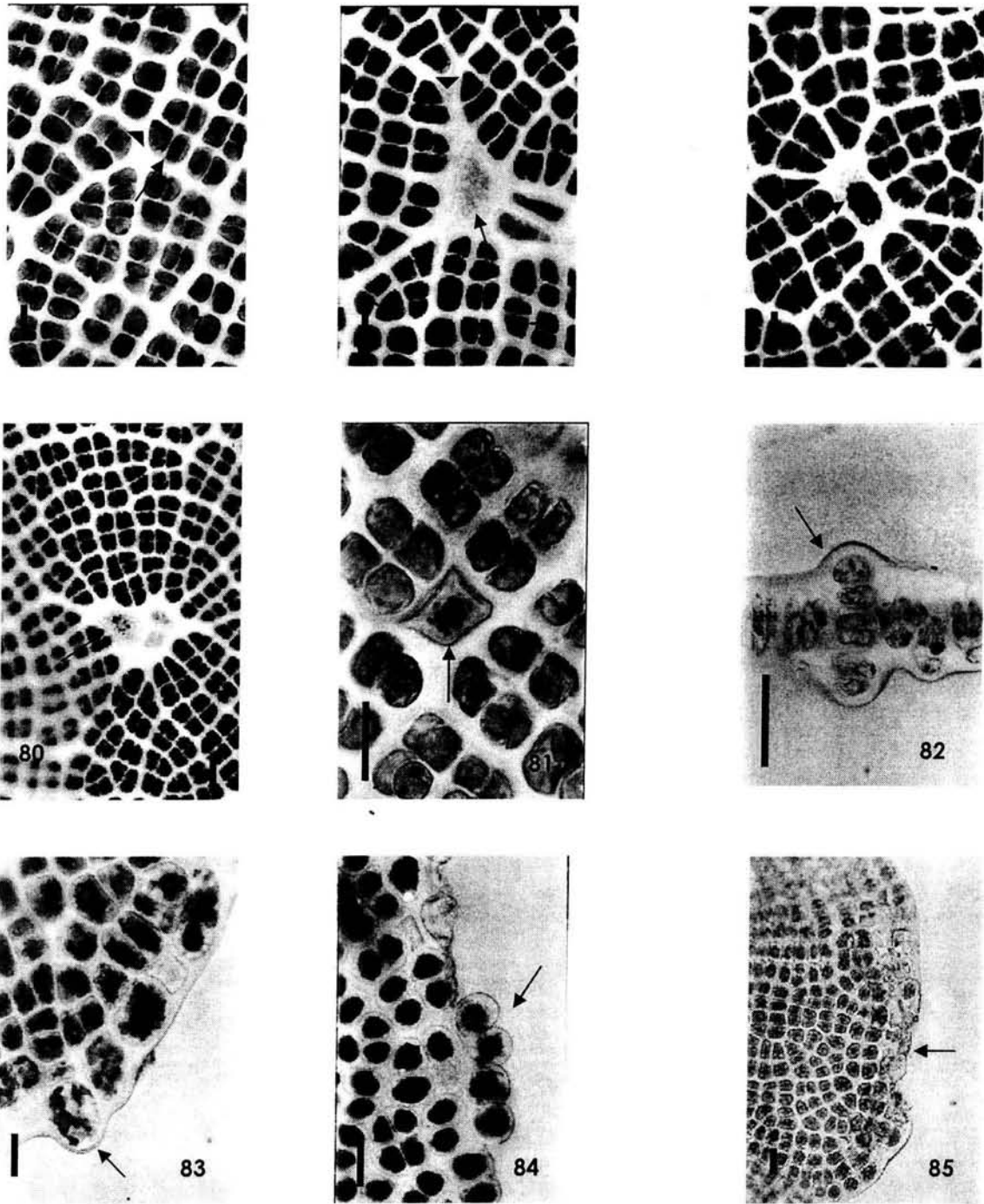
**Fig. 50-58.** Características morfológicas de las poblaciones 1-14 correspondientes a la cuenca del Valle de México. **Fig. 50-53.** Detalle células redondas, hemiesféricas, poligonales reunidas en grupos de 4 rodeadas de pared ( $\blacktriangle$ ), pirenoide central teñido con lugol. **Fig. 54.** Aplanosporangios en el margen con contenido granular denso teñido con lugol. **Fig. 55.** Células rizoidales en la parte media de la lámina ( $\blacktriangle$ ) y líneas intersticiales que separan a los grupos de células (flecha). **Fig. 56, 57.** Detalle células rizoidales de la base. **Fig. 58.** Corte transversal de la región monostromática. Escala de la barra 10  $\mu\text{m}$  para las Fig. 52, 53 y 58; 20  $\mu\text{m}$  para las Figs 50, 51, 55; 50  $\mu\text{m}$  para la Fig. 58.



**Fig. 59-67.** Características morfológicas de las poblaciones 1-14 correspondientes a la cuenca del Valle de México. **Fig. 59, 60.** Sección transversal de la región monostromática. **Fig. 61, 62.** Sección transversal con inicios de engrosamiento. **Fig. 63, 64.** Sección transversal formación de aplanosporas. **Fig. 65.** Corte transversal de la región pluristromática. **Fig. 66, 67.** Liberación de aplanosporas. Escala de la barra: 20  $\mu\text{m}$  para las Figs. 59-65 y 50  $\mu\text{m}$  para las Fig. 66, 67.

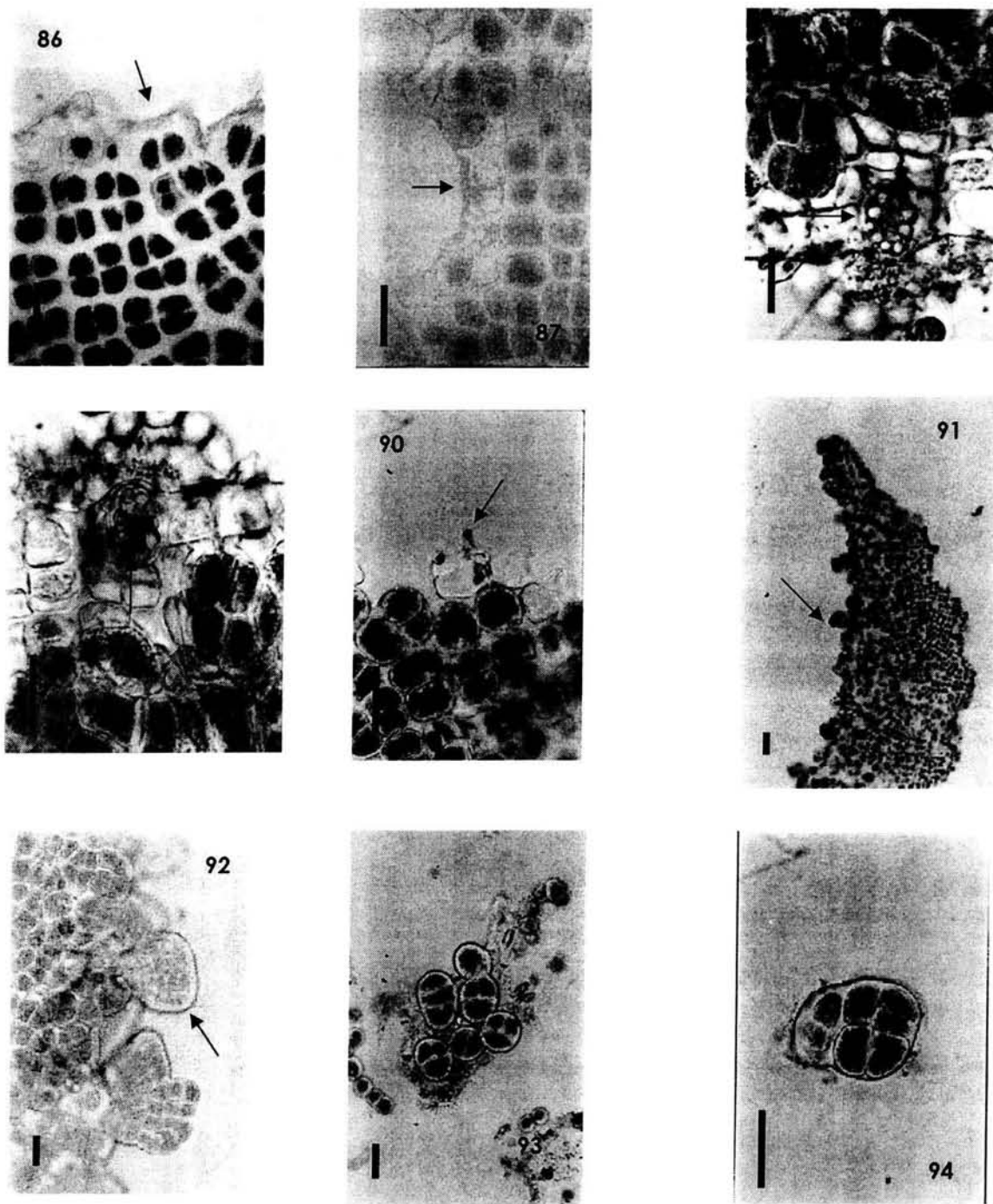


**Fig. 68-76.** Características morfológicas de las poblaciones 15 – 17 correspondientes al Alto Pánuco. **Fig. 68-70.** Vista general de la lámina. **Fig. 72.** Detalle del rizoide. **Fig. 72, 73.** Detalle del margen de la lámina. **Fig. 74, 75.** Detalle del cloroplasto estrellado con margen lobulado. **Fig. 76.** Pirenoide central (flecha), células rodeadas de depósito de pared ( $\blacktriangle$ ). Escala de la barra: 10  $\mu\text{m}$  para las Figs.68-70; 20  $\mu\text{m}$  para las Figs. 74 –76 y 50  $\mu\text{m}$  para las Figs. 71 y 73.



**Fig. 77-85.** Características morfológicas de las poblaciones 15 – 17 correspondientes al Alto Pánuco. **Fig. 77.** Detalle células en grupos de 4 (flecha) separados por líneas intersticiales (▲) teñidas con carnoy. **Fig. 78.** Célula vacuolada. **Fig. 79-81.** Células con contenido granular denso, teñidas con lugol. **Fig. 82.** Corte transversal de la porción apical de la lámina presenta formación de aplanosporas. **Fig. 83.** Detalle del aplanosporangio presenta contenido granular denso teñido con lugol (ejemplar en cultivo). **Fig. 84.** Hilera de aplanosporangios en el margen de la lámina, teñidos con lugol (ejemplar en cultivo). **Fig. 85.** Liberación de aplanosporas por medio de la ruptura de la pared del aplanosporangio. Escala de la barra: 10  $\mu$ m; 20  $\mu$ m para las Figs. 82, 84 y 66.





**Fig. 86-94.** Características morfológicas de las poblaciones 15 – 17 correspondientes al Alto Pánuco. **Fig. 86-87.** Liberación de aplanosporas por medio de la ruptura de la pared del aplanosporangio. **Fig. 88-89.** Detalle del gametangio en el margen de la lámina (ejemplares en cultivo). **Fig. 90.** Liberación de gametos (flecha) por medio de la ruptura de la pared del gametangio (ejemplares en cultivo). **Fig. 91.** Vista general de posibles propágulos vegetativos en el margen (ejemplares en cultivo). **Fig. 92.** Detalle de posibles propágulos (ejemplares en cultivo). **Fig. 93-94.** Liberación de propágulos. Escala de la barra: 20  $\mu\text{m}$ ; 50  $\mu\text{m}$  para la Fig. 91.

---

### 5.3 Ecología y distribución de las poblaciones de *Prasiola* en la región central de México.

Las condiciones ambientales registradas en este trabajo se reunieron en la tabla 5. Las localidades estudiadas se presentaron en 8 corrientes de primer y segundo orden. Las poblaciones de la cuenca del Valle de México crecieron en 7 ríos con agua fría (3.0 °C a 16.4 °C ) con altitud superior a los 2,227 m snm y clima templado subhúmedo. La corriente presentó pH ligeramente ácido a circumneutral (6.4 - 7.7) y baja conductividad (35.5 – 90.0  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ); los talos se recolectaron a bajas profundidades (0 - 20.0 cm) excepto en las poblaciones 2 y 10 las cuales se recolectaron en la zona de salpicadura del agua a 10 cm sobre el nivel máximo de la corriente; estas poblaciones estaban expuestas la mayor parte del tiempo a la desecación (Fig. 98). Todas las demás poblaciones se recolectaron en zona de deslizamiento y salpicadura del agua (Fig. 95-97), se presentó un amplio gradiente de intensidad luminosa (baja - alta), y alta velocidad de corriente. El substrato predominante fue roca andesítica-basáltica. Estas poblaciones crecieron comúnmente junto a otras algas como *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Bacillariophyceae) (Fig. 99) y *Placoma regulare* (Cyanophyceae) (Fig. 100) y esporádicamente se encontró *Paralemanea mexicana* (Rhodophyceae). En estas poblaciones se encontraron invertebrados que se alimentan y refugian envolviéndose en las láminas (Fig. 101).

Las poblaciones del Alto Pánuco crecieron en un río de agua fría (14.0°C), ácida a neutra (pH= 5.5-7.2), conductividad específica de 192  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Los talos se recolectaron a baja profundidad (0.2 - 20.0 cm), y alta velocidad de corriente. Todos los talos colectados se encontraron sumergidos. Este río presentó baja a alta irradiancia. Alrededor existe vegetación y un puente que bloquea la mayor parte de la fuente luminosa. En un costado del río se ubica una mina de manganeso, la cual emplea el agua en el proceso de extracción del metal. El sustrato predominante fue caliza - lutita y creció asociada a otras algas como *Xenotholos huastecanus* (Cyanophyceae) y *Coconneis placentula* var. *euglypta* (Bacillariophyceae).



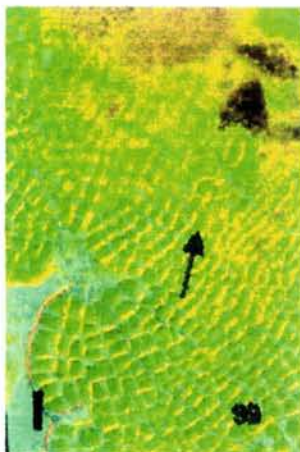
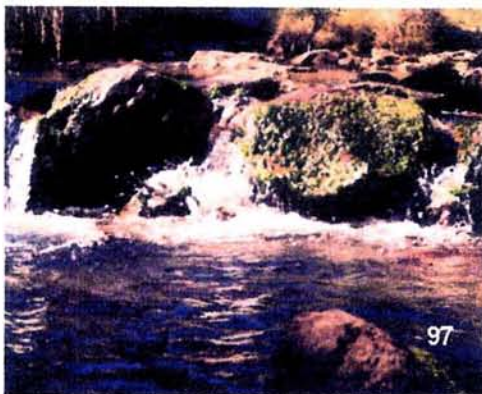
**Tabla 5.**-Ubicación y condiciones ambientales de las localidades con poblaciones de *Prasiola* en la región central de México.

P	Muestra	Localidad	Fecha	T°C	pH	IL <sup>a</sup>	VC <sup>b</sup> (cm s <sup>-1</sup> )	Conductividad (μS cm <sup>-1</sup> )	Profundidad (cm)	Especies asociadas
1	MA87	Estanque truchas	19-XII-98	4.0	6.4	---	---	65.0	0.0-20.0	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck, <i>Hidrococcus cesatii</i> , Rabenhorst, <i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch.
2	MA1	4° Dinamo	23-XI-97	8.7	6.7	Baja	Fuerte	65.0	2	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg, <i>Melosira varians</i> J. Agardh, <i>Cymbella mexicana</i> (Ehrenberg) Cleve, <i>Gomphonema</i> sp, <i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve, <i>Placoma regulare</i> Broady et Ingerfeld.
3	MA9	4° Dinamo	23-XI-97	---	---	Baja	Fuerte	---	0.1-11.0	---
4	MA26	4° Dinamo	8-II-98	3.0	7.7	Alta	---	---	0.0 - 5	<i>Gomphonema clevei</i> Fricke
5	MA36	4° Dinamo	8-II-98	---	---	---	---	---	0.2-10.0	---
6	MA102	4° Dinamo	4-X-99	11.1	7.4	Alta	Media	40.0	10.0	---
7	MA94	2° Dinamo	24-I-99	---	---	Baja	---	---	0.1-8.0	---
8	MA154	2° Dinamo	16-III-01	11.1	7.3	Baja	---	90.0	0.2-20.0	<i>Oedogonium</i> sp, <i>Ulothrix</i> sp, <i>Vaucheria</i> sp
9	CB5	Agua de leones	19-VI-99	12.0	7.6	Alta	---	36.0	---	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing
10	CB32	Agua de leones	28-XI-99	7.5	7.0	Alta	Alta	35.5	---	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck, <i>Xenotholos</i> sp, <i>Fragilaria</i> sp, <i>Placoma regulare</i> Broady et Ingerfeld

**Tabla 5.** Continuación

P	Muestra	Localidad	Fecha	T°C	pH	IL <sup>a</sup>	VC <sup>b</sup> (cm s <sup>-1</sup> )	Conductividad (μS cm <sup>-1</sup> )	Profundidad (cm)	Especies asociadas
11	DL18	San Borja	15-V-99	---	---	Alta	Alta	---	---	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing, <i>Cosmarium</i> sp., <i>Fragilaria cappuccina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot, <i>Achanthes hungarica</i> (Grunow) Grunow in Cleve et Grunow, <i>Achanthes lanceolata</i> (Brébisson) Grunow in Cleve et Grunow, <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck
12	DL26	San Borja	15-V-99	16.4	7.2	Alta	---	60.0	---	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck, <i>Cymbella</i> sp., <i>Navicula</i> sp.
13	SL25	San Luis Ayucán	18-VIII-01	---	---	Alta	Flujo laminar	---	---	<i>Paralemanea mexicana</i> (Kützing) Vis et sheath
14	VC22	Villa del Carbón	18-VII-99	---	---	Alta	Zona de turbulencia	---	---	---
15	PA3292	Río Malila	15-II-92	14.0	7.2	Alta	Baja	---	---	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow.
16	PA3800	Río Malila	10-III-99	---	---	---	---	---	---	---
17	PA4097	Río Malila	6-XI-02	14.0	5.5	Baja	Alta	192.0	---	<i>Xenotholos huastecana</i> Gold, Montejano et Komárek, <i>Chamaesiphon</i> sp.

<sup>a</sup>=Intensidad luminosa (según Johansson, 1982): insolación muy alta= >80% del horizonte visible. alta= 60-80%. media= 40-60%. baja= 20-40%. muy baja= <20%. <sup>b</sup>= Velocidad de corriente (según Johansson, 1982): <10 cm s<sup>-1</sup>= muy baja (casi estancada). 10-35 cm s<sup>-1</sup>= lenta. 35-60 cm s<sup>-1</sup>= moderada. 60-85 cm s<sup>-1</sup>= alta. >85 cm s<sup>-1</sup>= muy alta. --- = No se tiene registro.



Figuras 95-101. Ecología de las poblaciones de *Prasiola* en la Cuenca de México. Fig. 95,96.- Zona de deslizamiento (4° Dinamo y Agua de Leones). Fig. 97.- Zona de salpicadura (Agua de leones). Fig. 98.- Condición subaérea (Agua de Leones). Fig. 99.- Crecimientos de *Cocconeis placentula* var. *lineata* sobre el talo de *Prasiola mexicana*. (Flecha). Fig. 100.- Crecimientos de *Flacoma regulare* (Flecha) asociados con *P. mexicana* (cabeza de flecha). Fig. 101.- Invertebrados refugiados en la lámina. Escala de la barra 20  $\mu\text{m}$  para la fig. 99

---

## 7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La evaluación de los rangos morfométricos y morfológicos así como de los gradientes ambientales en poblaciones de *Prasiola* de la región central de México nos permitió reconocer dos grupos. El primer grupo representado con las poblaciones 1-14 pertenecientes a la cuenca del Valle de México correspondió a la descripción de *P. mexicana* de acuerdo con Agardh (1847) y Starmach (1972). El segundo grupo representado por las poblaciones 15-17 correspondientes al alto Pánuco quedó descrita con el nombre de *P. nevadensis* de acuerdo con las características descritas por Setchell et Gardner (1920). La información resumida de los caracteres morfológicos y morfométricos se resumen en la tabla 6 y 7.

### 7.1 Caracterización de las especies de *Prasiola* en la región central de México.

*P. mexicana* se caracterizó por presentar láminas procumbentes, amplias (3.0-45.0 mm) y largas (2.0-9.0mm) de forma oval a irregular, en la porción apical se presentaron ramas bifurcadas (Figs 41-44). La superficie de la lámina es lisa o corrugada (Fig. 48). El margen es liso a ligeramente lobulado (Fig. 46), y en algunos casos se observó la presencia de pequeños filamentos que emergían del margen (Fig. 47). Las láminas se adhieren al sustrato por medio de una masa de células alargadas e incoloras de la cual puede emerger más de una lámina ( $\leq 4$ ). Estas células rizoidales se presentaron a su vez en el margen y depresiones del talo probablemente por la posición procumbente. En condiciones vegetativas las láminas son monostromáticas (16.2 - 29.3  $\mu\text{m}$  en la sección apical), en etapas reproductivas se forman aplanosporangios en la región apical ( $\geq 8$  células) y el grosor aumenta mostrando una tendencia a ser pluristromáticos ( $\geq 130 \mu\text{m}$ ) (Fig. 65). Los aplanosporangios presentaron

---

contenido granular denso y son más redondos que las células vegetativas. Los aplanosporangios midieron 4.5-10.8  $\mu\text{m}$  de largo y 5.4-10.6  $\mu\text{m}$  de ancho, se liberan al medio por la ruptura de la pared celular de manera individual o masiva (Fig. 66, 67). No se registraron estructuras de reproducción sexual para estas poblaciones.

Las poblaciones de *Prasiola nevadensis* se caracterizaron por presentar láminas pequeñas (20.2 - 23.6 mm) y angostas (9.0 - 28.0 mm) de forma oval y oblonga (Fig. 68-70). La superficie de la lámina es lisa, el margen desde la base presenta lóbulos pronunciados, crispado y crenado (72, 73). Las láminas se adhieren al sustrato por medio de células alargadas e incoloras ubicadas en la base del talo (Fig. 71). De la base puede surgir de 1 a 2 láminas. En condiciones vegetativas las láminas son monostromáticas (20.7-28.0  $\mu\text{m}$ ). Los engrosamientos en la región apical de la lámina ( $\geq 28.0 \mu\text{m}$ ) se debió a la formación de aplanosporangios aislados o en grupos (Fig. 82). Los aplanosporangios midieron 17.2 – 39.5  $\mu\text{m}$  de largo y 15.0 – 25.8  $\mu\text{m}$  de ancho, estas estructuras presentaron contenido granular denso y son más grandes comparando con las poblaciones de *P. mexicana*. Estas estructuras se liberan por la ruptura de la pared celular (Figs 84-86). En condiciones de cultivo se reportan posibles propágulos vegetativos en el margen de la lámina, estos paquetes midieron 48.3 – 75.4  $\mu\text{m}$  de largo y 25.3 – 49.9  $\mu\text{m}$  de ancho los cuales son liberados al medio posteriormente (Figs 91-94). Además, se reporta la presencia de gametangios ovoides multiloculares en el margen de la lámina, en ellos se encontraron gametos hialinos sin flagelos (Fig. 88 y 98). Los gametos son significativamente más pequeños que las aplanosporas (3.2 - 5.4  $\mu\text{m}$  diámetro). Los gametos son liberados por la ruptura de la pared del gametangio (Fig. 90).



**Tabla 6.** Características morfométricas de las dos especies de *Prasiola* de agua dulce en la región central de México. (Medidas en micrómetros, excepto donde se indica, medida mínima, máxima, promedio y desviación estándar).

Poblaciones	Localidad					CÉLULAS VEGETATIVAS				CÉLULAS REPRODUCTIVAS			
		Lámina		Proporción Largo/ancho	Grosor	Base		Media		Ápice		Aplanosporas	
		Largo (mm)	Ancho (mm)			Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho
1-14	Cuenca de México	2.0-90.0 14.2±7.5	3.0-45.0 15.1±9.3	0.2-3.7 1.1±0.3	16.2-130.0 33.8±23.1	5.8-26.4 13.6±0.7	4.7-17.8 10.3±0.7	6.1-19.8 12.2±1.0	3.1-16.0 9.2±0.9	6.1-21.0 12.2±1.2	4.2-18.0 9.4±1.3	4.5-10.8 7.9±1.4	5.4-10.6 7.7±0.3
15-17	Alto Pánuco	20.2-23.6 21.7±1.7	9.0-28.0 17.0±3.4	0.6-3.0 1.3±0.5	20.7-28.0 23.9±1.9	10.3-19.6 14.6±0.7	9.0-17.8 11.4±0.4	9.0-22.3 14.1±0.3	8.3-18.7 11.7±1.1	9.7-19.6 14.0±0.7	8.2-15.5 11.2±0.5	17.2-39.5 22.9±9.2	15.0-25.8 18.0±4.4

**Tabla 7.** Características morfológicas de las dos especies de *Prasiola* de agua dulce en la región central de México.

Poblaciones	Forma del talo	Forma y disposición celular	Medio de fijación	Cloroplasto	Pirenoide	Margen	Superficie
1 - 14	Láminas anchas y largas, ovales a irregulares procumbentes. De 2 a 4 láminas por base	Poligonales, hemisféricas, ovales y rectangulares dispuestas en grupos de 4	Células rizoidales Incoloras	Central, estrellado con margen lobulado	Central, con placas de almidón	Liso a ligeramente lobulado	Liso a rugosa
15 - 17	Láminas angostas y cortas, oval, oblongo. De 1 a 2 láminas por base	Poligonales con contorno redondeado, ovales, redondas y rectangulares dispuestas en grupos de 4	Células rizoidales incoloras	Central, estrellado con margen lobulado	Central, con placas de almidón	Lobulado, crenado y crispado	Siempre lisa

---

Las características que nos permitieron determinar a *P. mexicana* del resto de las especies descritas para ambientes continentales fueron: largo, forma, ancho y largo, margen de la lámina, ancho y largo celular y distribución. Esta especie se ha descrito para México (Agardh, 1847; Ortega, 1984; Godínez *et al.*, 2001; Ramírez *et al.*, 2001; Bojorge, 2002 y Ramírez, 2002) y su distribución se extiende para Estados Unidos, Colombia y en ambientes lóticos polares (Setchell & Gardner, 1920; Sheath & Cole 1992; Sherwood *et al.*, 2000). Esta especie presenta fuertes traslapes en la forma y el largo de la lámina con *P. fluviatilis*, no obstante, Hamilton & Edlund (1994) y Sherwood *et al.* (2000) separan estas especies en base a la presencia de filamentos que emergen de la base para adherirse al sustrato en *P. fluviatilis* y en base al análisis de las secuencias génicas de *rbcl* y 18S rRNA .

Las característica que nos permitieron determinar a *Prasiola nevadensis* de las demás especies de ambientes continentales fueron: forma del talo, margen, y la formación de areolas alrededor de las células y su distribución. Estas especies presenta fuertes traslapes en la forma de la lámina y margen, y puede ser confundida con *P. japonica*, *P. formosana* y *Prasiola* sp. Setchell & Gardner (1920) describen a *P. nevadensis* y *P. mexicana* en el mismo río, mismo segmento y misma temporada pero en diferente año y consideran que tal vez es una etapa del desarrollo de *P. mexicana*, no obstante consideran que las características que presenta *P. nevadensis* como el habito, color, estructura elongada, disposición de los grupos de células son distintivas para nombrar a una nueva especie, ellos consideraron que *P. fluviatilis* es mas semejante a *P. nevadensis* que a *P. mexicana* y que la única diferencia es por que *P. fluviatilis* presenta láminas anchas. Con base en nuestro material y a la literatura disponible se logró diferenciar a las especies y confirmamos la descripción de *P. nevadensis*. La información resumida de la especies de agua dulce reportadas en la literatura y las de este trabajo se presenta en la tabla 8.

**Tabla 8.-** Características de las poblaciones de *Prasiola* de agua dulce en México y especies reportadas en la literatura.

Taxa	Forma de la lámina	Tamaño de la lámina Ancho/Largo (cm)	Grosor ( $\mu\text{m}$ )	Margen	Tamaño celular Ancho/Largo ( $\mu\text{m}$ )	Referencia
<i>Prasiola mexicana</i>	Oval a irregular	0.3-4.5 x 0.2-9	16.2-130	Liso a ligeramente lobulado	6.1-19.8 x 6.1-19.8	(Este trabajo)
<i>P. nevadensis</i>	Oval a Oblongo	0.9-2.8 x 2-2.3	20.7-28	Lobulado, crenado y crispado	8.3-18.7 x 9-22.3	(Este Trabajo)
<i>P. fluviatilis</i>	Ensanchada	0.02-0.3 x 4.5-9.5	8.4-8.8	Sinuado sin consticciones	3-5.7 x 3.2-6.1	Hamilton & Edlund (1994)
<i>P. formosana</i> var. <i>coreana</i>	---	0.4-2.3 x 1.0-7.5	20.2-28.0	---	3-5 x 10-17.5	Dine & Hara (2002)
<i>P. formosana</i> var. <i>formosana</i>	---	0.2-2.6 x 2.0-10.7	25-30	---	2-5 x 3-7	Dine & Hara (2002)
<i>P. japonica</i>	Ovalado o alargado, estrecho, oblongo, lanceolado	0.5-4.0 x 1.0-20	19-25	---	7.5-10 x 17.5-22.5	Starmach (1972)
<i>P. mexicana</i>	Ovalado, más o menos redondo, laciniado, e irregularmente crispada	--- x 10	24-52	Lobulado, irregular	6.0-16 x ---	Setchell & Gardner (1920); Starmach (1972)



**Tabla 8.** Continuación

Taxa	Forma de la lámina	Tamaño de la lámina Ancho/Largo (cm)	Grosor ( $\mu\text{m}$ )	Margen	Tamaño celular Ancho/Largo ( $\mu\text{m}$ )	Referencia
<i>P. nevadensis</i>	Oblongo, oblanceolado, elongado	0.5-1 x 2-3	14-25	Ondulado muy crispado	2.7-4.1 x 4.1-8	Starmach (1972)
<i>P. sinica</i>	Lanceolado	3 x 9	30-33	Lobulado	5-8 x 9-13	Starmach (1972)
<i>P. subareolata</i>	Talo joven es oblongo, ovado. En estado adulto es en forma de listón	0.5 x 6.0	45-54	Ondulado	6-8 x 28-38	Starmach (1972)
<i>P. velutina</i>	Listón	1-2 x 0.03-0.07 (0.11)	---	Ondulado, curvado	--- x 4-12	Starmach (1972)
<i>P. yunnanica</i>	Lanceolado	4.0 x 20	---	Ondulado	5-7 x 7-12	Starmach (1972)
<i>Prasiola</i> sp.	Ovalado, oblongo	0.5-5 x 2-12	20-35	Lobulado, crispado y ramificado en el ápice en estado adulto	4-13 x 12-20	Dine & Hara (2002)

--- = no reportado.

---

## 7. 2 Novedades morfológicas para las especies

Para las poblaciones de *P. mexicana* se encontraron dos características nuevas. La primera, la superficie de la lámina frecuentemente corrugada (Fig. 48), lo cual parece estar relacionado con alta velocidad de corriente donde fueron recolectadas. Este caracter no se ha descrito para ninguna especie de ambientes lóticos y deberá ser estudiada a profundidad para la caracterización del microhábitat, la variación morfológica y funcional. La segunda la presencia de células alargadas e incoloras en los pliegues de los talos corrugados (Fig. 55). Estas células son similares a las descritas por Fritsch (1961) y Dine & Hara (2002) como células rizoidales. Debido a la posición procumbente del talo éstas células posiblemente tienen alguna participación con la adherencia de la lámina al sustrato.

En las poblaciones de *P. nevadensis* se encontraron tres características nuevas. El margen del talo fue lobulado y crenado (Fig. 72, 73). Setchell & Gardner (1920) muestra figuras de *P. nevadensis* donde presenta un margen crenado, pero no es descrita en el texto, y tampoco se menciona para el resto de las poblaciones de agua dulce. Esta característica permaneció consistente y nos permitió distinguir entre estas dos especies. La segunda característica fue la presencia de gametangios ovoides multiloculares en el margen del talo (Figs 88, 89), se observó que contenían gametos hialinos con pirenoides de tamaño pequeño. Los gametos no presentaron flagelos. El diámetro de estas estructuras fue de 3.2 – 5.4  $\mu\text{m}$  (media 4.3). Los gametos son significativamente mas pequeños que las aplanosporas ( $p < 0.0001$ ) y coincide con los gametos femeninos descritos para las poblaciones marinas de *P. stipitata* (3.2 – 5.0  $\mu\text{m}$  de diámetro; Friedmann, 1959, 1960) y *P. meridionalis* (3.0-6.0  $\mu\text{m}$  de diámetro, Bravo, 1965). Los gametos son liberados por la ruptura de la pared celular del gametangio (Fig. 90). La tercera característica se registró en las poblaciones mantenidas en cultivo desarrollaron abundantes paquetes celulares adheridos en el margen de la sección apical de la lámina adulta (Fig. 91, 92); estos paquetes pudieran estar relacionados con la germinación *in situ* de los aplanosporangios, tal como lo describe Friedmann (1959) para *P. stipitata*. La

---

formación de paquetes o posibles propágulos vegetativos resultaron ser un mecanismo de multiplicación abundante que puede estar relacionado con la dispersión y colonización de varios tramos de nuestro sitio de estudio. Los paquetes midieron de ancho 25.3 – 54.6  $\mu\text{m}$  ( $4.5 \pm 13.2 \mu\text{m}$ ) y de largo 48.3 – 75.4  $\mu\text{m}$  ( $63.6 \pm 13.9 \mu\text{m}$ ). Estos paquetes celulares se liberaban al medio circundante (Fig. 93, 94).

### **7.3 Evaluación de los caracteres morfométricos y morfológicos.**

De acuerdo con los caracteres morfométricos estudiados, la mayoría se presentó de manera variable tal como: largo y ancho de la lámina, grosor, y largo y ancho de las células de la porción media y apical, sin embargo, el largo y ancho de la lámina y diámetro celular fueron unos de los principales caracteres que nos permitió distinguir entre estas dos poblaciones y los consideramos de valor taxonómico. *P. mexicana* presentó láminas grandes y amplias, las dimensiones celulares son ligeramente pequeñas en comparación con las de *P. nevadensis*, los talos para estas poblaciones fueron pequeños y angostos.

El tamaño (ancho y largo) de la lámina, el celular y grosor se consideran de peso taxonómico en la literatura. Los valores obtenidos en nuestras poblaciones de *P. mexicana* los caracteres del largo de la lámina, y ancho celular coinciden con lo descrito (Setchell & Gardner, 1920; Starmach 1972). Se describe por primera ocasión el ancho de la lámina y el celular para la especie. Los valores encontrados para el grosor de la lámina sobrepasan el intervalo con lo referido (Setchell & Gardner, 1920; Starmach 1972) y se debe principalmente a la formación de los aplanosporangios en la porción apical de la lámina. Los valores encontrados para el largo del talo en *P. nevadensis* concuerda con la literatura (Setchell & Gardner, 1920; Starmach 1972), el grosor sobrepasa ligeramente (aproximadamente de 3 a 6  $\mu\text{m}$ ), debido a la formación de aplanosporangios en el ápice de la lámina. El ancho del talo sobrepasan en casi 2 cm. Los valores obtenidos para el diámetro celular en la

---

parte media son de 8.2-15.5  $\mu\text{m}$  lo cual sobrepasa considerablemente con lo descrito (2.7-4.1  $\mu\text{m}$ ).

Los caracteres morfométricos que presentaron poca variabilidad son los aplanosporangios, los cuales consideramos de valor taxonómico. Para esta especie se ha descrito formación de aplanosporangios en una capa sencilla de tétradas, pero no existe información detallada sobre estas estructuras. Setchell & Gardner (1920) consideraron esta característica de valor taxonómico para diferenciar entre *P. mexicana* y *P. nevadensis*. No obstante la información de estas estructuras para las demás especies de ambientes lóticos no se describe.

Los gamentangios y los posibles propágulos vegetativos se reportaron únicamente para *P. nevadensis* en condiciones de cultivo. El tamaño de los gametangios coincide con los gametos femeninos descritos para las poblaciones marinas de *P. stipitata* (Friedmann, 1959). En las únicas especies de ambientes continentales que se han descrito estructuras similares son para *P. japonica* y *P. fluviatilis* pero las referencias son incompletas y no se ha confirmado la presencia de estas estructuras (Friedmann, 1959; Hamilton & Edlund, 1994). Por lo que no se pudo comparar con nuestros resultados.

En las poblaciones de la región central de México se encontraron con mayor frecuencia estructuras de reproducción vegetativa y en menor frecuencia estructuras de reproducción sexual, lo cual coincide con lo referido para Rhodophyta de ambientes marinos y plantas superiores (Hawkes, 1990). Lüning (1990 en: Sheath & Cole 1992) explica que se debe a la variación en el fotoperiodo y/o temperatura para inducir la formación de gametos en especies que habitan en corrientes frías.

La mayoría de los caracteres morfológicos estudiados en nuestras poblaciones se presentaron de manera constante tales como: forma del talo, margen, superficie, presencia de células rizoidales, cloroplasto y pirenoide. Los caracteres que nos permitió separar las poblaciones de la cuenca del Valle de México con las del Alto Pánuco fueron: forma del talo, margen y superficie.

---

Todos los caracteres morfológicos mencionados (excepto superficie) se consideran en las descripciones de peso taxonómico (Collins, 1902; Setchell & Gardner, 1920; Starmach, 1972, Hamilton & Edlund, 1994; Dine & Hara, 2002). Para las poblaciones de *P. mexicana* encontramos que la forma de la lámina (ovales e irregulares), y el margen (liso a ligeramente lobulado) coincide con lo referido (Collins, 1902; Setchell & Gardner, 1920; Starmach, 1972). Para *P. nevadensis* la forma de talo (oval a oblonga) concuerda de igual manera (Setchell & Gardener, 1920), el margen (es lobulado, ondulado, crenado y crispado), no es mencionada de manera específica en el texto, las ilustraciones de la descripción original muestran el margen de manera similar a nuestras poblaciones. Los estados de caracter para el margen y la forma son muy amplios para cada especie es decir, entre especies presentan la misma forma (*P. japonica*, *P. nevadensis*, *P. formosana*, *Prasiola. sp*) (Setchell & Gardner, 1920; Starmach, 1972; Dine & Hara, 2002) por lo que pueden existir traslapes entre ellas. La superficie de la lámina no es considerado como caracter importante, no hay descripción sobre esta característica. Con base con las poblaciones estudiadas consideramos la superficie de la lámina de importancia taxonómica, por que nos permitió distinguir entre las poblaciones de la cuenca del Valle de México con las del Alto Panuco. Las poblaciones de *P. mexicana* presentaron dos variantes: liso y corrugado; mientras que las poblaciones de *P. nevadensis* la superficie de la lamina siempre es lisa.

La forma de las células se consideró de poco valor, este carácter mostró gran variabilidad en las formas, algunas formas celulares son genéticas, mientras que las otras se deben a la presión que ejercen las células vecinas o por que las células se encuentran en etapas reproductivas y pueden dar lugar a diversas formas, por lo que este carácter no es confiable.

La presencia de las células rizoidales, la forma del cloroplasto y el pirenoide se presentaron de manera constante pero no fueron significativos para distinguir entre especies. En la literatura, la forma del cloroplasto es un caracter importante para definir a nivel de familia.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

---

A lo largo de este trabajo observamos que gran parte de los caracteres utilizados en la literatura para delimitar especies son variables, se traslapan o los intervalos que nos citan sobrepasan o son menores a los valores que nosotros encontramos, en algunos casos las descripciones son similares como el caso de *Prasiola formosana* con *P. subareolata* (Starmach 1972) y por esta razón la clasificación dentro del género *Prasiola* es complicada. Los caracteres que observamos que son variables son las dimensiones celulares, esta característica es importante para delimitar entre las especies, sin embargo, encontramos que no se menciona en que región de la lámina se debe tomar esta medida y es necesario especificar en que región de la lámina se mide, principalmente por que las dimensiones cambian de acuerdo a porción de la lámina, tal es el caso para *P. mexicana* donde se encontraron las células mas grandes en la porción basal de la lámina, por lo que es conveniente medir a partir de la porción media al ápice, donde el diámetro de las células tiende a ser constante, consideramos este carácter de poco valor taxonómico simplemente porque pueden existir traslapes con otras especies y no es tan confiable.

Los estados de carácter descritos en la literatura para la forma y margen son amplios y puede llegar a confusiones taxonómicas, no obstante, estos caracteres junto con las dimensiones de la lámina y la superficie de la lámina se presentaron en nuestras poblaciones de manera constante, por lo que nosotros las consideramos de gran valor taxonómico y son dignos de confianza cuando coinciden entre sí .

---

## 7.4 Ecología y distribución

La distribución del género *Prasiola* es amplia, la mayoría de las especies de ambientes continentales se han registrado principalmente en el hemisferio norte. Las especies de *Prasiola* de agua dulce se distribuyen en ríos rocosos de corrientes rápidas en grandes altitudes, la información sobre ecología y distribución se limita a solo dos especies *P. fluviatilis*, y *P. mexicana* (Hamilton & Edlund, 1994; Ramírez, 2002). *P. mexicana* está referida para ambientes lóticos polares, Estados Unidos, México y Costa Rica (Collins, 1909; Sheath & Cole, 1992; Sherwood *et al.*, 2000; Ramírez *et al.*, 2001). *P. mexicana* se recolectó en ríos de alta montaña (altitud > 2,200 m.), cercana o similar a los registros previos para la región central de México (Setchell & Gardner, 1920; Ramírez *et al.*, 2001). Las referencias microambientales para esta especie, reportan que habita en zonas de deslizamiento, rara vez en remansos; estas poblaciones se localizan principalmente desde la zona de interfase hasta 50 cm de profundidad (Ramírez, 2002) no se ha reportado hasta el momento para las especies dulceacuícolas que las poblaciones de *P. mexicana* ocasionalmente crecen sobre troncos muertos y tubos de metal.

Por primera ocasión se describe *P. nevandensis* para México. Estas poblaciones crecieron en ríos rocosos de corriente rápida, Setchell & Gardner (1920) reportan que esta especie crece en las mismas condiciones ambientales que *P. mexicana*, pero no existe ningún trabajo hasta el momento sobre su ecología y distribución. Estas poblaciones siempre se encontraron en condiciones sumergidas y crecen sobre roca. La distribución de esta especie se extiende hacia el ecuador (40° LN vs. 20° LN). Basado en este registro se sugiere que su distribución puede ser mas amplia, como sucede con otras especies de regiones templadas de Norte América presentes en la región central de México p.e. *Sirodotia suecica* Kylin y *Paralemanea annulata* (Kützing) Vis et Sheath (Carmona & Necchi, 2002; Carmona *et al.*, en prensa) y se requiere explorar corrientes de latitudes tropicales con características semejantes (áreas montañosas con agua fría).



---

## 7.5 Clave y descripción de los taxa.

- 1a. Láminas anchas (2-90 mm) y largas (3-45 mm) .....2
- 1b. Láminas angostas (20.2-23.6 mm) y pequeñas (9.0-28.0 mm).....2
- 2a. Margen liso a ligeramente lobulado .....*P. mexicana*
- 2b. Margen marcadamente lobulado, crenado y cispado .....*P. nevadensis*

## 7.6 Descripción de las poblaciones de *Prasiola* en la región central de México.

*Prasiola mexicana* J. Agardh, 1847. (Figs. 41-67)

Talo monostromático a polistromático de 2.0-9.0 mm de largo y 3.0-45.0 mm de ancho en proporción 0.2-3.7 mm largo:diámetro; con ramificaciones bifurcadas en el ápice. Superficie de la lámina lisa o corrugada y margen liso a lobulado; grosor de 16.2 a 13.0.0  $\mu\text{m}$ . Un rizoide pequeño de células alargadas; 1 a 4 láminas por rizoide. Células ovales o rectangulares de 6.1-19.8  $\mu\text{m}$  de largo ( $12.2 \pm 1.0 \mu\text{m}$ ) y 3.1-16.0  $\mu\text{m}$  de ancho ( $9.2 \pm 0.9 \mu\text{m}$ ). Numerosas aplanosporas en la capa polistromática, contenido celular granuloso y vacuolado, de 4.5-10.8  $\mu\text{m}$  de largo y de ancho 5.4-10.6  $\mu\text{m}$ .

Poblaciones examinadas: (La numeración corresponde a la lista de la Tabla 3). **1)** D.F., Magdalena Contreras, Estanque de truchas, coll. J. Carmona, 19.xii.1998 (FCME MA87); **2)** 4º Dinamo coll. J. Carmona, 23.xi.1997 (FCME MA1); **3)** coll. M. Ramírez, 23.xi.1997 (FCME MA9); **4)** coll. J. Carmona, 8.ii.1998 (FCME MA26); **5)** (FCME MA36); **6)** coll. J. M. Bojorge, 4.xi.1999 (FCME MA102); **7)** 2º Dinamo, coll. J. Carmona, 24.i.1999 (FCME MA94); **8)** coll. M. Ramírez, (FCME MA154); **9)** Cuajimalpa, Río Agua de Leones, coll. J. Carmona, 19.vi.1999 (FCME CB5); **10)** coll. E. Cantoral, 28.xi.1999 (FCME CB32); **11)** Río San Borja, coll. J. Carmona, 15.v.1999 (FCME DL18); **12)** coll. G. Montejano, 15.v.1999 (FCME



---

DL26); **13**) Estado de México, Jilotzingo, San Luis Ayucán, coll. M. Ramírez, 18.vii.2001 (FCME SL25); **14**) Villa del Carbón, Río Villa del Carbón, coll. J. Carmona, 18.vii.2001 (FCME VC22).

*Prasiola nevadensis* Setchel et Gardner, 1920. (Figs. 68-95)

Talo monostromático de 20.2-23.6 cm de largo y 9.0-28.0 cm de ancho, en proporción 0.6-3.0 largo:diámetro. Superficie de la lámina lisa y margen lobulado y crenado; grosor de la lámina de 20.7 a 28.0  $\mu\text{m}$ . Células vegetativas ovales y rectangulares, de 9.0-22.3  $\mu\text{m}$  de largo ( $14.1 \pm 0.3 \mu\text{m}$ ) y 8.3-18.7  $\mu\text{m}$  de ancho ( $11.7 \pm 1.1 \mu\text{m}$ ). Numerosas aplanosporas en la capa monostromática, contenido celular granuloso y vacuolado, de 17.2-39.5  $\mu\text{m}$  de largo y 15.0-25.8  $\mu\text{m}$  de ancho. Gametangios ovoides con 16 gametos hialinos, elípticos u ovoides, sin flagelos de 3.2-5.4  $\mu\text{m}$  de diámetro ( $4.3 \pm 1.1$ ).

Poblaciones examinadas: (La numeración corresponde a la lista de la Tabla 1)  
**15**) Hidalgo, Molango, Río Malila, coll. J. Carmona, 15.ii.1992 (FCME PA3292);  
**16**) coll. G. Montejano, 10.iii.1999 (FCME PA3800); **17**) coll. J. Carmona, 6.xi.2002 (FCME PA4097).

---

## 8. PERSPECTIVAS

Este trabajo nos permitió enfrentar y resolver parte de la problemática taxonómica existente en el género *Prasiola*. Sin embargo, gran parte de esta problemática se debe principalmente a la variabilidad de caracteres utilizados para la identificación, por lo que es necesario evaluar la influencia de las variables ambientales (velocidad de corriente, temperatura, irradiancia, sustrato, profundidad) sobre la variación morfológica y la abundancia de estas poblaciones. Además es importante caracterizar el papel que juega este grupo en las comunidades de ambientes dulceacuícolas.

Los crecimientos óptimos para *Prasiola mexicana* fueron en corrientes de bajas temperaturas y es importante conocer los óptimos fisiológicos de esta especie, a través del reconocimiento de la tasa fotosintética y concentración de clorofila a y b bajo diferentes gradientes de irradiancia, temperatura y humedad.

Para las especies de *Prasiola* en ambientes lóticos no existe información confirmada sobre el ciclo de vida completo además no se han descrito con detalle estructuras sexuales, por lo que es necesario el estudio detallado de las características vegetativas y reproductivas, en el campo y el laboratorio.

Las poblaciones de *P. nevadensis* se encontraron cercanas a una mina de manganeso, la cual emplea agua del río en el proceso de extracción del metal, es preciso saber si estas poblaciones son capaces de asimilar los metales pesados, y así proponerlas como depurador o bioindicador en los ríos.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- Agardh, J. 1847. Nya alger fran México. *Oversigt al kongl. Vetenskaps-Akademiens förhandlingar* **4**(1): 5-17.
- Anderson, B. S. & Foster, M. S. 1999. The effects of insolation and grazing on populations of the splash zone alga *Prasiola meridionalis* (Chlorophyta). *Phycologia* **38**(5): 349 – 355.
- Beltrán, M. Y. 2002. Variación morfo-funcional de *Blennothrix ganeshii* Watanabe et Komárek (Oscillatoriaceae/ Cyanoprokaryota) en los Manantiales, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 74 pp.
- Bojorge, G. M. 2002. *Ecología de comunidades algales en una localidad del río La Magdalena, D.F.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 46 pp.
- Bold, H & Wynne, M. 1985. *Introduction to the algae structure and reproduction*. Prentice-Hall, Englewood Cliffss, New Jersey. pp.
- Bourrelly, P. 1990. *Les algues d'eau douce. Initiation à la Systematique. Les algues verts*. T .I. N. Boubée et Cie. Paris. 572 pp.
- Bravo, L. M. 1965. Studies on the life story of *Prasiola meridionalis*. *Phycologia* **4**:177-194.
- Carmona, J. J. 1997. Estudio florístico (taxonómico-ecológico-biogeográfico) de las rodofitas de agua dulce en la región central de México. Tesis de Doctorado en Ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 201 pp.

- 
- Carmona, J. J & Montejano, G. 1993. Caracterización algal en manantiales de la Huasteca Potosina, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 53: 21-41.
- Carmona, J. J., Montejano, G & Cantoral, E. 2003. The distribution of freshwater red algae from central Mexico. *Archiv. für Hydrobiology algological studies*. En prensa.
- Carmona, J. J., Montejano, G & González-González, J. 2002. Taxonomía y distribución de *Hildenbrandia* Nardo (Hildenbrandiales, Rhodophyta) de agua dulce en la región central de México. *Hidrobiológica* 12(1): 7-14.
- Carmona, J.J & Nechhi, O. 2001. Systematics and distribution of *Thorea* (Thoreaceae, Rhodophyta) from central Mexico and south-eastern Brazil. *Phycological Research* 49: 231-239.
- Carmona, J. J & Necchi, O. 2002. Taxonomy and distribution of *Paralemanea* (Lemaneaceae, Rhodophyta) in Central Mexico. *Cryptogamie Algologie* 23(1):39-49.
- Collins, F. S. 1909. *The green alga of North America*. Tufts College Studies Vol II N° 3. 479pp.
- Dine, M. W & Hara, Y. 2002. Morphology and molecular phylogeny of *Prasiola* sp. (Prasiolales, Chlorophyta) from Myanmar. *Phycological Research* 50(3): 175-182.
- Ferruzquía-Villafranca, I. 1993. Geology of Mexico: A Synopsis. 3-107 pp, en: *Biological Diversity of Mexico, Origins and Distribution*. Ed. Ramamorthy, T., Bye, A., Lot, A & Fa, J. Oxford University Press. New York.
- FontQuer. 1985. *Diccionario de Botánica*. Editorial Labor. Barcelona. 1244 pp.

- 
- Friedl, T & O'Kelly, C. 2002. Phylogenetic relationship of green algae assigned to the genus *Planophila* (Chlorophyta): evidence from 18S rDNA sequence data and ultrastructure. *European Journal of Phycology* 37: 373 - 384.
- Friedmann, I. 1959. Structure, Life – History, and Sex determination of *Prasiola stipitata* Suhr. *Annals of Botany* 23 (92): 571 – 597.
- Friedmann, I. 1960. Gametes, fertilization and zygote development in *Prasiola stipitata* Suhr. *Nova Hedwigia* 1: 333-344.
- Fritsch, F. E. 1961. *The structure and reproduction of algae*. Vol 1. Jarrold and Sons Ltd. Norwich. 791 pp.
- Godínez, J. L., Ortega, M., Garduño, G., Oliva, M & Villaclara, G. 2001. Traditional knowledge of mexican continental algae. *Journal of Ethnobiology* 21(1): 57-88.
- Goff, L & Coleman, A. 1990. DNA Microspectrofluorometric studies. 43-71 pp, en: *Biology of red algae*. Ed. Cole, K & Sheath, R. Cambridge University Press. USA.
- Graham, L. E & Wilcox, L. W. 2000. *Algae*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 640 pp.
- Hamilton, P. B & Edlund, S. A. 1994. Occurrence of *Prasiola fluviatilis* (Chlorophyta) on Ellesmere Island in the Canadian Arctic. *Journal of Phycology* 30: 217-221.
- Hanic, L. A. 1979. Observations on *Prasiola meridionalis* (S & G.) and *Rosenvingiella constricta* (S & G.) Silva (Chlorophyta, Prasiolales) from Galiano Island, British Columbia. *Phycologia* 18(1): 71 – 76.
- Hawkes, M. 1990. Reproductive strategies. 455-75 pp, en: *Biology of the red algae*. Ed. Cole, K & Sheath R. Cambridge University Press. Cambridge.

- 
- Hoek, C. van den., Mann D. G & Jahns H. M. 1995. *Algae. An introduction to phycology*. Cambridge University Press. United Kingdom. 623 pp.
- Holmgren P.K., Holmgren N.H & Barnett L.C., 1990 - Index Herbariorum. Part I. The herbaria of the world. 8th edition. New York, New York Botanical Garden, 693 p.
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI). 1970. Carta 14Q5. Climas. Escala 1:1500. División de Planeación Cetenal. UNAM. Instituto de Geografía.
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI). 1992. *Síntesis geográfica del Estado de Hidalgo*. México. 134 pp.
- Johansen, S. A. 1940. *Plant microtechnique*. Mc Graw-Hill. New York. 523 pp.
- Johansson, C. 1982. Attached algal vegetation in running waters of Jamtland, Sweden. *Acta Phytogeographica Suecica* 71: 1 - 80.
- John, D. 2003. Filamentous and plantlike green algae. Pag 311 – 352 en: *Freshwater algae of North America. Ecology and classification*. Wehr, J.D & Sheath, R.G (Ed). Academic Press. London, UK.
- Lee, E. 1989. *Phycology* Cambridge University Press. 2<sup>nd</sup> edition. U.S.A
- Mooser, F. 1975. Historia geológica de la cuenca de México. En: DDF memorias del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal. Talleres Gráficos de la Nación T. I. 738. 180 pp.
- Necchi, O. Jr. 1987. Studies on the freshwater Rhodophyta of Brazil-3: *Batrachospermum brasiliense* sp. nov. from the state of São Paulo, Southern Brazil. *Rev. Brasil. Biol.* 47(3): 441-446.

- 
- Nichols, H. W. 1973. Growth media-freshwater. Pag. 8 – 24 en: *Handbook of phycological methods. Culture methods & growth measurements*. Stein, J. (Ed). Cambridge University Press. U.S.A.
- O'Kelly, C. J., Garbary, D. J & Floyd, G. L. 1989. Flagellar apparatus of male gametes and other aspects of gamete and zygote ultrastructure in *Prasiola* and *Rosenviengiella* (Chlorophyta, Prasiolales) from British Columbia. *Canadian Journal of Botany* **67**: 505-514.
- Ortega, M. 1984. *Catálogo de algas continentales recientes de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 566 pp.
- Prescott, G. 1962. *Algae of the western great lakes area*. W.M.C. Brown Company Publishers. Iowa. 977pp.
- Ramanathan, K. R. 1964. *Ulotrichales*. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi. 188 pp.
- Ramírez, V. M. 2002. *Flora algal de ambientes lóticos en la zona occidental de la Cuenca del Valle de México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 111 pp.
- Ramírez, V. M., Beltrán, M. Y., Bojorque, G.M., Carmona, J. J., Cantoral, U. E & Valadez, F. 2001. Flora algal del Río La Magdalena, Distrito Federal, México. *Boletín de la sociedad Botánica de México* **68**:51-73.
- Raven J. A & Johnson A. M. 1991. Photosynthetic inorganic carbon assimilation by *Prasiola stipitata* (Prasiolales, Chlorophyta) under emersed and sumersed conditions: relationship to the taxonomy of *Prasiola*. *British Phycological Journal* **26**: 251 – 254.
- Rindi, F., Guiry, M. D., Barbiero, R. P & Cinelli, F. 1999. The marine and terrestrial Prasiolales (Chlorophyta) of Galway City, Ireland: a morphological and ecological study. *Journal of Phycology* **35**: 469-82.

- 
- Setchell, W. A & Gardner, N. L. 1920. The marine algae of the Pacific Coast of North America. Part 2. Chlorophyceae. *Univ. Calif. Publ. Bot* **8**: 139-374.
- Sheath, R. G & Cole, K. M. 1992. Biogeography of stream macroalgae in North America. *Journal of Phycology* **28**: 448-60.
- Sheath, R. G & Cole, K. M. 1993. Distribution and systematics of *Batrachospermum* (Batrachospermales, Rhodophyta) in North America. 2. Chromosome number. *Phycologia* 32: 304 - 306.
- Sherwood, A. R., Garbary, D. J & Sheath, R. G. 2000. Assessing the phylogenetic position of the Prasiolales (Chlorophyta) using *rbcl* and 18S rRNA gene sequence data. *Phycologia* **39**:139-46.
- Smith, G. 1950. *The fresh-water algae of United States*. McGraw-Hill. Book company. U.S.A. 719 pp.
- Southwood, H. 1978. *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. Chapman and Hall. New York. 524 pp.
- Starmach K. 1972. *Flora słodkowodna Polski*. Tomo 10: Chlorophyta III. Państwowe wydawnictwo Naukowe. Warszawa-Kraków. 750 pp.